

Byggetid for vegtunneler

Erik Hedenstad

Thomas Stoltenberg

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2014

Hovedveileder: Amund Bruland, BAT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport



Oppgavens tittel: Byggetid for vegtunneler – En presentasjon av beregningsmodeller for estimering av byggetid i vegtunnelprosjekter	Dato: 10.06.14
	Antall sider (inkl. bilag): 330
	Masteroppgave
Navn: Erik Hedenstad og Thomas Stoltenberg	
Faglærer/veileder: Amund Bruland	
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere:	

<p>Abstrakt:</p> <p>Rapporten presenterer bakgrunnsarbeidet for utviklingen av tre forskjellige beregningsmodeller. Beregningsmodellene brukes til å estimere byggetid for vegtunneler. To av modellene er basert på et statistisk datagrunnlag fra reelle vegtunnelprosjekter i regi av Statens vegvesen. Den tredje modellen bruker forskningsbaserte kapasiteter.</p> <p>Modellene oppfyller høye krav til brukervennlighet. Samtidig blir evnen til å gi nøyaktige estimater ivaretatt. Forventningene tilsier at verktøyene kan være hjelpelige til å forenkle grensesnittutfordringer mellom byggherre og entreprenør.</p> <p>Modellene som baseres på det statistiske grunnlaget presenteres i et endelig format. For å øke påliteligheten til modellenes estimater oppfordres det til kontinuerlig tilføring av nye prosjekter i datagrunnlaget.</p> <p>Modellen som bruker forskningsbaserte kapasiteter har fått en gjennomgående utbedring. Et resultat av dette er blant annet økt brukervennlighet. Omfattende testing og feltundersøkelsesarbeid kan bidra til å gi modellen ytterligere forbedringer.</p>
--

Stikkord:

1. Byggetid
2. Vegtunnel
3. Tidligfasemodell
4. Ekvivalenttidsmodell

(sign.)

Forord

Denne rapporten er en masterstudie i faget TBA4935 Anleggsteknikk. Faget ble gjennomført våren 2014, og representerer 30 studiepoeng for hver av forfatterne. Forfatterne av rapporten er Erik Hedenstad og Thomas Stoltenberg.

Temaet for masteroppgaven er byggetid for vegtunneler. I denne forbindelse er hovedmålet med rapporten å presentere verktøy for estimering av byggetid for vegtunnelprosjekter. Statens vegvesen Byggherreseksjonen har derfor engasjert Institutt for bygg, anlegg og transport ved NTNU.

Det har vist seg å være en utfordrende oppgave hvor det har vært nyttig å være to personer til å utarbeide rapporten. Det har vært en spennende og lærerik prosess hvor muligheten til å utforme verktøy fra bunnen av har vært en viktig drivkraft og motivasjonsfaktor. Forhåpentligvis er de tre beregningsmodellene vi har arbeidet med av interesse for aktuelle interessenter i anleggsbransjen. Vi anbefaler på det sterkeste til nye masterstudenter å vurdere et samarbeid med andre studenter i masterskrivingen. I tillegg oppmuntres det til å velge en spennende masteroppgave hvor man har muligheten til å utfolde seg. Dette har vært meget givende og lærerikt for oss begge.

Det er flere personer som har bidratt med støtte og lagt til rette for at vi har fått tilgang til informasjon og data. Vi ønsker å benytte anledningen til å rette en takk til veileder Amund Bruland for hjelp til avgrensning av oppgaven, utlevering av nødvendig materiell og påfølgende tips og råd på veien. Forfatterne setter også stor pris på at det alltid har vært en åpen dør og mulighet til å forhøre seg på kort varsel. Våre medstudenter har også vært viktige med gode innspill og godt selskap. Videre takker vi alle involverte prosjektledere og øvrige kontaktpersoner ved Statens vegvesens tunnelprosjekter som har bidratt med datamateriell og vært særdeles hjelpelige og imøtekommende når vi har kontaktet dem. En ekstra takk rettes til de som har invitert oss til deres prosjekter og stilt opp på intervjuer/samtaler. Disse er Trygve Sæbø for NCC ved prosjektet *Vossapakko – Vangstunnelen*. Per Bjørn Gjelsten, Odd Helge Innerdal, Carsten Kofoed og Carina Farstad for Statens vegvesen ved prosjektet *Rv. 70 Oppdølsstranda – Oppdølsstrandtunnelen*. Steinar Eide og Henriette Djonne Eide for Statens vegvesen ved prosjektet *E39 Vågsbotn-Hylkje – Eikåstunnelen*. Til slutt ønsker vi å takke våre samboere for støtte, interesse og tips til oppgaven. Erik takker sin samboer Marlene Mothes. Thomas takker sin samboer Kaja Vollan Amundsen.

Dato, sted:

Erik Hedenstad

Thomas Stoltenberg

10.06.14, Trondheim

Erik Hedenstad

Thomas Stoltenberg

Sammendrag

Denne rapporten har som formål å presentere bakgrunnsarbeidet for utviklingen av tre forskjellige beregningsmodeller. Ønsket om å konstruere estimeringsverktøyene er forankret i samarbeidsforumet mellom Statens vegvesen og Entreprenørforeningen – Bygg og Anlegg. Statens vegvesen Byggherreseksjonen har i denne forbindelse engasjert Institutt for bygg, anlegg og transport ved NTNU.

Beregningsmodellene brukes til å estimere byggetid for vegtunneler. To av modellene er basert på et statistisk datagrunnlag fra reelle vegtunnelprosjekter i regi av Statens vegvesen. Den ene kalles *Grov tidligfasemodell* og er tiltenkt å brukes omkring idéfasen i prosjektene. Fra og med tidlig prosjekteringsfase kan den andre modellen brukes, kalt *Tidligfasemodell*. Den tredje modellen kalles *Ekvivalenttidsmodell*, og bruker forskningsbaserte kapasiteter. Denne kan brukes fra ferdig utarbeidet mengdebeskrivelse til ferdigstilling av prosjektet.

Litteraturstudien har tatt utgangspunkt i prosesser som inngår i tunnelprosjekter. Det har vært viktig å kartlegge forholdene i bransjen. Den norske kontraktmodellen for underjordiske arbeider er en særegen måte å styre prosjekter på. Betragtninger av eksisterende verktøy for estimering av byggetid og systemer for regulering av tidsfrister, har vært viktig. Sammen med kartlegging av aktiviteter i tunnelprosjekter preget dette litteraturdelen i rapporten.

Til informasjonsinnsamlingen har det blitt tatt i bruk flere metoder. Til innhenting av statistisk data har det vært løpende kontakt med pågående tunnelprosjekter. Fra disse har det blitt overlevert fremdriftsplaner, svar på spørreskjema og konkurransegrunnlag. I tillegg har det blitt gjennomført feltbesøk, hvor det ble avholdt samtaler med personer fra bransjen. Generalisering av prosjektene har vært et sentralt moment i analysen av datagrunnlaget.

Det omfattende data- og informasjonsgrunnlaget har gitt gode premisser for utarbeidelse av modellene. Ettersom dataene stammer fra reelle prosjekter har modellene forutsetninger til å gjengi faktiske forhold.

Beregningsmodellene har i stor grad tilfredsstilt målet som ble gitt i forskningsspørsmålet. Modellene oppfyller høye krav til brukervennlighet. Samtidig har evnen til å gi nøyaktige estimater blitt ivaretatt. Det er forventet at verktøyene kan være hjelpelige til å forenkle grensesnittutfordringer mellom byggherre og entreprenør.

Tidligfasemodellene presenteres i et endelig format. Likevel anbefales det kontinuerlig tilføring av nye prosjekter i datagrunnlaget. Dette for å øke påliteligheten til byggetidsestimatene. Ekvivalenttidsmodellen har fått en gjennomgående utbedring. Dette har ført til økt brukervennlighet og bedre samsvar med tilgjengelig informasjonsgrunnlag. Det kan virke som omfattende testing og feltundersøkellesarbeid kan bidra til å oppnå ønskelig format.

Summary

This report aims to present a study of the development of three estimation models. The desire to construct estimation tools are rooted in the cooperation between the Norwegian Public Road Administration and the Association of Contractors (EBA). In this regard the NPRA Owner Section has involved the Department of Civil and Transport Engineering at NTNU.

The estimation models are used to estimate the construction time of road tunnels. Two of the models are based on statistical data. The data has been obtained from current road tunnel projects, where the NPRA are the project owners. The first one is referred to as the "Simple Early Phase Model" (SEPM). The initiation phase of the project is where the use of SEPM is intended. For estimation of time in an early stage of the design phase, the second model can be used. This model is referred to as the "Early Phase Model" (EPM). The third model is called the "Time Equivalent Model" (TEM). TEM uses data based on research, and the model can be used from after the realization of the bill of quantities until the completion of a project.

The literature study has been based on the processes involved in tunnel projects. It was important to identify conditions in the construction industry. The Norwegian tunnelling contract system is a unique way of managing projects. It has been important to consider existing tools for estimation of construction time and systems for controlling deadlines. Along with mapping activities in tunnel projects, this characterized the literature section of the report.

It has been used several methods for gathering information. For the collection of statistical data, there has been regular contact with current tunnel projects. Contacts from these projects have handed over project schedules, answered a survey and submitted tender documents. In addition, it has been organized field visits, where interviews were conducted with people in the construction industry. Generalization of the projects has been a key element in the analysis of the data. The comprehensive data and information base provided good conditions for the development of the models. Since the data originate from real projects, the models are given assumptions to reproduce actual conditions.

The time estimation models have mostly met the target that was given in the research question. The models meet high standards of usability. At the same time the ability to provide accurate estimates have been maintained. It is expected that the tools can help to simplify the interface challenges between client and contractor.

The SEPM and EPM are presented in a final format. Nevertheless, it is recommended that continuous insertions of new projects are performed, to increase the reliability of the construction time estimates. The TEM has received an overall improvement. This has led to increased convenience and better compliance with the available information base. It is concluded that extensive testing and field surveys would help to achieve the desired format.

Innholdsfortegnelse

FORORD	I
SAMMENDRAG	III
SUMMARY	V
1. INNLEDNING	1
1.1 BAKGRUNN	1
1.2 FORMÅL OG FORSKNINGSSPØRSMÅL	2
1.3 AVGRENSNINGER	2
1.4 RAPPORTENS OPPBYGNING	3
1.5 BEGREPSAVKLARINGER	4
2. METODE	5
2.1 VALG AV FORSKNINGSDESIGN	6
2.2 DATAINNSAMLING	11
2.3 BEHANDLING AV DATAMATERIALET	18
2.4 STUDIENS KVALITET	24
2.5 FEILKILDER	28
3. TEORI	31
3.1 PROSJEKTPROSESSEN	32
3.2 FORUNDERSØKELSER	34
3.3 TYPISKE TUNNELFORHOLD	44
3.4 ANBUD	46
3.5 KONTRAKT	51
3.6 FREMDRIFTSPLANLEGGING	59
3.7 BYGGETID	62
3.8 AKTIVITETER I ET TUNNELPROSJEKT	71
4. RESULTATER	135
4.1 PRESENTASJON AV DATA	138
4.2 SAMMENSTILLING AV DATA	153
4.3 PRESENTASJON AV BEREGNINGSMODELLER	172
4.4 RESULTATER FRA INNSETTING I MODELLER	182
5. DISKUSJON	187
5.1 TEORIENS OG METODENS BETYDNING FOR RESULTATENE	188
5.2 TIDLIGFASEMODELLEN	194
5.3 EKVIVALENTTIDSMODELLEN	203
5.4 FEILKILDER	213
6. KONKLUSJON	219
6.1 EVALUERING AV FORSKNINGSSPØRSMÅL	219
6.2 VIDERE ARBEID	223
LITTERATURLISTE	225
VEDLEGG	231

1. Innledning

Denne rapporten presenterer bakgrunnsarbeidet for tre vedlagte beregningsmodeller. Beregningsmodellene tar for seg tre ulike stadier i prosjekter i forbindelse med vegtunnelbygging. To av modellene skal benyttes i tidligfasen av prosjektene. Disse beror seg på statistisk data fra gjennomførte prosjekter og innspill fra ressurspersoner i bransjen. Begrenset tilgang på informasjon ved tidspunkt for forutsatt bruk av modellene er et viktig kriterium ved bestemmelse av poster for inndata.

Den tredje beregningsmodellen skal fungere som et verktøy for tidsmessig vurdering av arbeidsomfang. Denne vurderingen skal formålmessig foreligge på samme tidspunkt som tilgjengeliggjøring av konkurransegrunnlag. Detaljgraden til dette dokumentet vil være høyere enn for modellene fra tidligfasen. Modellen kan benyttes til justering av byggetid underveis i produksjonsprosessen, basert på prinsippet om ekvivalenttid.

1.1 Bakgrunn

Ønsket om å konstruere estimeringsverktøyene er forankret i samarbeidsforumet mellom Statens vegvesen og Entreprenørforeningen – Bygg og Anlegg. Statens vegvesen Byggherreseksjonen har i denne forbindelse engasjert Institutt for bygg, anlegg og transport ved NTNU. Dette har resultert i en masteroppgave som forfatterne har utarbeidet våren 2014.

Forfatterne har forstått det slik at det Statens vegvesen ikke besitter estimeringsmodeller til å anslå byggetid for vegtunneler på et tidlig stadium i prosjektene sine. Noe som kjennetegner mange anleggsprosjekter er usikkerhet knyttet til hvorvidt man kan forholde seg til fastsatt tidsfrist for ferdigstilling av prosjektet. Faktorer knyttet til bergforhold og tilleggsarbeider er med på å bidra til denne usikkerheten. Ekvivalenttidsregnskap er en metode for å kompensere for denne usikkerheten og anvendes i stor grad ved norske anleggsprosjekter. Grovt sett innebærer dette at man ved uforutsette situasjoner kan regulere tidsfrister med kapasiteter for aktivitetene.

Estimeringsverktøy for å få en indikasjon på byggetid for vegtunneler kan fungere som en tilleggsressurs til ekvivalenttidsprinsippet. Den grove tidligfasemodellen og tidligfasemodellen er basert på statistiske data fra prosjekter som er underveis eller fullførte, og ekvivalenttidsmodellen er basert på kapasiteter og mengdebeskrivelse.

1.2 Formål og forskningsspørsmål

For å definere formålet til denne studien har det blitt valgt å formulere følgende forskningsspørsmål.

På hvilken måte kan man etablere estimeringsverktøy for beregning av byggetid for vegtunneler, slik at brukeren av verktøyet ser nytten i form av:

- høy grad av nøyaktighet i estimering av byggetid
- et intuitivt verktøy som er brukervennlig
- fungerende estimeringsmodell på tiltenkt stadium i vegtunnelprosjekter, som vil forenkle grensesnittutfordringer mellom eier og utførende

Disse punktene danner rammene for hvilke kriterier beregningsmodellene som produkter skal søke å dekke. Uten disse faktorene til stede ser forfatterne at mulighetene for eventuelle anvendelser av modellene minimeres. Studier av andre modeller, innspill fra ressurspersoner og god tilgang på informasjon anses dermed som særdeles viktig på veien mot å nå disse målene.

1.3 Avgrensninger

I samtaler med veileder har det blitt konkludert med at det kan være behov for tre estimeringsmodeller. I tillegg til tidligfasemodellen og ekvivalenttidsmodellen ble det besluttet å lage en modell tilhørende idéfasen, også kalt grov tidligfasemodell. Ekvivalenttidsmodellen vil ha en større detaljeringsgrad enn de to øvrige modellene. Tilgjengelig tid og behov for store datamengder til å bestemme kapasiteter, helst fra feltundersøkelser, er begrensninger som vanskeliggjør mulighetene til å ferdigstille denne modellen. Hovedfokus har derfor vært å ferdigstille tidligfasemodellen.

Ekvivalenttidsmodellen er en oppdatert utgave av modellen fra Institutt for bygg, anlegg og transport. Konklusjonen fra et fordypningsprosjekt innebar at datagrunnlaget for kapasiteter kunne være noe foreldet. Samtidig viste modellen seg mangelfull med tanke på brukervennlighet. Forfatterne så likevel at denne hadde potensialet til å tilpasses både beregning av byggetid ved tilgjengeliggjort mengdebeskrivelse og justering av byggetider underveis i prosjektet. Endringene for den opprinnelige modellen redegjøres for senere i rapporten.

I samråd med veileder har man kommet til enighet om at vurderinger av fremdriftsplaner og informasjon fra ressurspersoner ved pågående prosjekter er tilstrekkelig grunnlag for å lage

tidligfasemodellene. Dersom ekvivalenttidsmodellen tenkes realisert vil det være behov for en utvidet informasjonsinnhenting.

1.4 Rapportens oppbygning

Innledningsvis presenteres forskningsspørsmål og formålet med oppgaveskrivingen. Det vil gjennom rapporten reflekteres tilbake på de stilte forskningsspørsmålene og de representerer dermed en rød tråd gjennom oppgaven.

I litteraturkapittelet presenteres relevant teori som anvendes i drøftingene senere i oppgaven. Prinsipper som er viktige for å belyse forskningsspørsmålene innføres i denne delen.

Metodekapittelet presenterer anvendt forskningsmetode i forbindelse med:

- litteraturinnhenting
- innhenting av statistiske data og prosjektgrunnlag
- databehandling av statistiske data og prosjektgrunnlag
- samtaler med ressurspersoner fra bransjen

I tillegg beskrives forskningsmetoder som har vært oppe til vurdering, men som har blitt utelatt i oppgaveutforming. Begrunnelse for utelatelse av aktuelle forskningsmetoder er også inkludert i metodedelen. Momentene i metodekapittelet skal også være relevant med tanke på tidligere presenterte forskningsspørsmål.

I resultatkapittelet presenteres forfatterens funn. I påfølgende kapittel analyseres resultatene i sammenheng med relevant teori for å besvare forskningsspørsmålene.

Til slutt ser konklusjonen og videre arbeid direkte tilbake på forskningsspørsmålene og kommer med en vurdering av hvorvidt disse har blitt besvart på en tilfredsstillende måte. Forfatterne reflekterer også omkring eventuelle feilkilder i forskningsprosessen.

Deler av bakgrunns materialet for beregningsmodellene ligger ikke vedlagt i denne rapporten. Dette inkluderer blant annet en Excel-fil med alle prosjekter som var aktuelle for datagrunnlaget til tidligfasemodellene, med kontaktinformasjon og overordnet prosjektinformasjon. I tillegg er alle fremdriftsplaner og mengdebeskrivelser utelatt fra vedleggene. Ved å gjøre dette unngås det å spre sensitive opplysninger. Denne informasjonen har derimot blitt oversendt til Institutt for bygg, anlegg og transport ved veileder Amund Bruland.

1.5 Begrepsavklaringer

I Tabell 1.1 presenteres viktige begreper som går igjen i denne rapporten.

Tabell 1.1 Begrepsavklaringer

Begrep	Forklaring
Grov tidligfasemodell	Grov modell basert på statistiske data og innspill fra ressurspersoner fra bransjen.
Tidligfasemodell	Modell basert på statistiske data og innspill fra ressurspersoner fra bransjen.
Ekvivalenttidsmodell	Mer detaljert modell basert på modell fra Institutt for bygg, anlegg og transport, modifisert med prosjektdata og innspill fra ressurspersoner fra bransjen.
Kapasitet	Også kalt enhetstid. For eksempel hvor mange meter driving som utføres på én time.
Tidsbestemmende faktor	Én aktivitets tidsavhengighet til andre aktiviteter som utføres.
Ressursperson/nøkkelperson	En person fra anleggsbransjen som sitter på informasjon om enkeltprosjekter eller relevant faglig kunnskap. Vedkommende kan være ansatt hos entreprenør, byggherre, leverandør eller jobbe ved universitet, alt etter informasjonens art.
ÅDT	Årsdøgntrafikk er en betegnelse på summen av antall kjøretøy som passerer et punkt på en veistrekning gjennom ett år. Kjørefelt og trafikk i begge retninger summeres. Dette tallet divideres på antall dager i året og resultatet blir årsdøgntrafikk, forkortet ÅDT.
Hovedark	I beregningsmodellene er hovedarkene sidene for inndata og fremstilling av varighetene for byggetid.
Hjelpearke	I beregningsmodellene er hjelpearke sidene som brukes til mellomregninger.
Detaljark	I ekvivalenttidsmodellen er detaljarkene utregninger som ikke får plass på hovedarkene. I ekvivalenttidsmodellen inneholder detaljarkene også felter for inndata.

2. Metode

Denne delen av rapporten forklarer hva som er gjort i studien. Selve utførelsen av metodene og kjente styrker og svakheter med disse fremheves. Dette kan være interessant dersom noen kunne tenke seg å bygge videre på vårt arbeid. Arbeid med å vurdere kildene til informasjon er også nyttig for forfatterne. Det vil gjøre det lettere å sikre aktuell informasjon som er representativ og av god kvalitet.

Olsson (2011) sier at ”kvalitative metoder kan bidra til å forstå meningen med tallene fra kvantitative metoder”. Denne tilnærmingen har vært sentral i informasjonsinnhenting i denne rapporten.

For å se hvorvidt forskningsmetodene kan kvalitetssikres gjennom etterprøvbare foretas vurderinger omkring påliteligheten til den anvendte metoden. Det vil også bli vurdert hvorvidt informasjonen man anvender i studien har gyldighet opp mot forskningsspørsmålene.

2.1 Valg av forskningsdesign

Denne studien benytter seg av flere metoder til innhenting av informasjon. Det har vært sentralt å opprette kontakt med ressurspersoner fra anleggsbransjen. Dette for å få klarhet omkring hvordan aktivitetene på et anleggsområde organiseres, og for å få tak i førstehånds informasjon i form av fremdriftsplaner. Fremdriftsplanene danner grunnlaget for de statistiske dataene som er nødvendig for å oppnå ønsket resultat med masteroppgaven. Det ønskede resultatet er beregningsmodeller for byggetid som tilfredsstillende kravene i forskningsspørsmålene. I forbindelse med innhenting av fremdriftsplanene, samt prosessen med å skaffe seg en oversikt over aktivitetene i et anleggsprosjekt, har det blitt brukt flere tilnærminger:

- litteraturstudie
- analyse av beregningsmodell utviklet ved Institutt for bygg, anlegg og transport
- forespørsel over e-post til pågående prosjekter i Statens vegvesens regi angående fremdriftsplaner
- analyse av fremdriftsplaner
- utsendt spørreskjema via e-post til prosjektkontaktene som responderte på første henvendelse
- analyse av spørreskjema
- intervjuer/samtaler med ressurspersoner fra bransjen
- observasjon i forbindelse med feltbesøk til pågående tunnelprosjekter i regi av Statens vegvesen

I tillegg til disse punktene er det alternativer som har vært oppe til vurdering. Av tidsmessige og praktiske årsaker har forfatterne valgt ikke å benytte seg av disse mulighetene. Dette er blant annet fordi valgte metoder har blitt vurdert som best tilpasset til hvilken type respons og data som har blitt ansett som viktig eller nødvendig for å nå forskningsmålene. Tilnærminger som har blitt vurdert er:

- feltundersøkelser som virkemiddel til å beregne nye kapasiteter for aktiviteter
- forespørsel om å få data og fremdriftsplaner fra entreprenør
- kontakte representanter for pågående prosjekter over telefon
- besøke flere anlegg

I kapittelet om datainnsamling utdypes det hvordan anvendelsen av disse metodene foregikk, og hvilke valg som måtte tas underveis. I tillegg beskrives det mer inngående hvilke årsaker som ligger til grunn for at de aktuelle metodene ikke ble brukt.

2.1.1 Empirisk studie

Empiriske studier er basert på forsøk eller observasjoner. Empiriske studier kan både være kvalitative og kvantitative. Kvalitative studier er kjennetegnet av omfattende informasjon om et lite antall enheter. Kvalitative studier er velegnet for å få detaljert informasjon om mening og innhold og gir godt grunnlag for å oppdage nye fenomener og utvikle hypoteser. Studiene er imidlertid mindre egnet til å generalisere om fenomener. Kvantitative studier er vanligvis kjennetegnet av mindre detaljert informasjon om et stort antall enheter og standardiserte metoder for datainnsamling og analyse. Variablene uttrykkes i tallverdier og analyseres ved hjelp av statistiske metoder. Kvantitative studier er egnet til å generalisere forutsatt at individene eller enhetene er representative for fenomenene som studiene representerer.

(Helse- og Omsorgsdepartementet, 2010)

Helse- og Omsorgsdepartementets beskrivelse av empiriske studier for å avdekke årsakssammenhenger samsvarer i stor grad med denne studiens empiriske forskningsdesign. Beskrivelsen av hvordan kvalitative og kvantitative tilnærminger kan organiseres i en slik studie ligner på hvordan denne rapporten innhenter empirisk data. Utgangspunktet for innhenting av informasjon i denne rapporten baserer seg på prinsippet om kvantitative studier. Det er fremdriftsplaner fra tunnelprosjekter som har dannet hovedgrunlaget for innhentet data. Disse kom i et stort antall, men inneholdt en begrenset informasjonsmengde. Logging og analyse ble utført på samme måte for alle fremdriftsplanene. Variablene ble uttrykt i tallverdier for tidsbruk og overlappende aktiviteter hvor tidsbestemmende aktiviteter ble uttrykt med prosentverdier. Disse dataene skulle som en målsetting bidra til muligheten for å generalisere. Dette forutsatt at alle prosjektene inneholdt et tunnelprosjekt med samme utførelse. Med samme utførelse tenkes det konvensjonell driving.

I tillegg til kvantitative data ble kvalitative virkemidler tatt i bruk for å få mer detaljert informasjon om mening og innhold i fremdriftsplanene. Dette for å muliggjøre generaliserbarhet til tross for at flere av fremdriftsplanene ga uklar informasjon. Her var et standardisert spørreskjema, hvor hver enkelt prosjektleder skulle gi utfyllende informasjon om sitt tunnelprosjekt, det kvalitative virkemidlet. I tillegg ble ytterligere tvetydigheter avklart over e-post og telefonsamtaler.

”Empirical research is based on observed and measured phenomena and derives knowledge from actual experience rather than from theory or belief” (Pennstate University Libraries, 2013). Denne beskrivelsen stemmer om ikke enda bedre overens med denne studiens søken etter empirisk data. Det har blitt innhentet materiale fra prosjekter i regi av Statens vegvesen som inneholder tunnelarbeider. Denne informasjonen dreier seg i stor grad om fremdriftsplaner og tilleggsinformasjon omkring disse. Fremdriftsplanene bygger på erfaringsbaserte vurderinger om tidsbruk ved diverse aktiviteter.

2.1.2 Kombinerte metoder

Noe som preger denne rapporten er anvendelse av både kvalitative og kvantitative metoder. Det er mye teori som forklarer hvorfor dette kan være en hensiktsmessig tilnærming i mange tilfeller. Grønmo (2004) omtaler triangulering som et hjelpemiddel til å studere forskningsspørsmålene ved hjelp av forskjellige metoder og data. I Olsson (2011) forklares det at triangulering innebærer å bruke kombinasjon av metoder.

Ordet triangulering kommer fra landmåling og navigasjon. Triangulering brukes for å kompensere svakheter i de brukte metodene. Man kan derved avdekke skjevheter, ufullstendige eller direkte feil ved å kombinere ulike metoder eller ulike data fra forskjellige kilder.

(Olsson, 2011, s. 43)

Jick (1979) sier at kvalitative og kvantitative forskningsmetoder bør brukes til å utfylle hverandre, heller enn at man kun velger å benytte seg av bare én av tilnærmingene. Grunnet styrker og svakheter ved begge metodene vil en kombinasjon av disse medvirke til et mer vannrett resultat. Triangulering tillater bruk av flere kilder til datainnhenting for å bedre forskernes evne til å oppnå presise vurderinger av datamaterialet.

Tenkemåten om triangulering kan spores tilbake til Campbell og Fiske (1959) som introduserer ideen om *multiple operationism*. I korte trekk argumenteres det for at det bør brukes mer enn én metode til vurderingen omkring dataenes gyldighet. Det bør ikke være valg av metode som avgjør hvilke resultater man får, heller dataenes innhold og hva de representerer. Derfor mener man at enighet mellom bruk av to metoder øker muligheten for at resultatet representerer stor gyldighet, kontra en tilnærming hvor resultatene kun blir gitt av anvendt metode.

Mathison (1988) stiller spørsmålsteget til triangulering som metode og evne til å gi entydige resultater. Det er viktig å fremheve at trianguleringen ikke er en løsning som fratrukker forskerens plikt til å verifisere gyldigheten til resultatene som fremkommer av innhentet data. Dette synet skifter fokuset fra å dreie seg om en teknologisk løsning for å sikre gyldighet, til å omfatte en metode som øker forskerens evne til å konstruere plausible forklaringer til fenomenet det forskes på.

Trianguleringsprinsippet har blitt innlemmet i denne rapporten som en naturlig tilnærming i forbindelse med datainnhenting og dataanalysen. Olsson (2011, s. 44-45) sine beskrivelser av vanlige metodeopplegg for studentoppgaver som samsvarer best med denne rapporten er sammensatt av deler fra flere av punktene som presenteres. Det hele startet med en litteraturstudie hvor litteraturen ble systematisert og logget. Videre fortsatte arbeidet med å sammenstille beste praksis på området. Med en oppfatning om beste praksis på området ble dette revurdert gjennom kontakt med et utvalg av fagpersoner, i særlig grad gjennom e-post

korrespondanse og spørreskjema. Til slutt ble det gjennomført en fase med programmering og utvikling av modellprototyper. Programmeringen ble basert på det innledende litteratursøket og de øvrige informasjonskanalene. Til slutt ble det foretatt en vurdering av gyldigheten av programmet og resultatene i lys av forskningsspørsmålet.

2.1.3 Utvalg

Det ble på et tidlig stadium bestemt i samråd med veileder hvilken tilgjengelig informasjon som var nødvendig å oppsøke for at det skulle være mulig å svare på forskningsspørsmålet. Dette omfatter informasjon utover innhentet litteratur fra litteraturstudien. Det var flere tilfeller hvor det var et utvalg av muligheter som ble vurdert. Eksempelvis i forbindelse med prosjektspesifikke data til beregningsmodellene og hvilke nøkkelpersoner som var aktuelle å kontakte.

Modellene som rapporten presenterer trengte data fra prosjekter som inneholder arbeider knyttet til bygging av nye tunneler. I tillegg var det viktig å få tilgang på mange fremdriftsplaner for å ha et representativt utvalg til å gjøre statistiske undersøkelser. I denne sammenheng ble det diskutert hvilken fremgangsmåte som ville gi best resultat i form av respons fra et stort antall prosjekter.

Grunnet det store antallet vegprosjekter som til enhver tid pågår i regi av Statens vegvesen ble det ansett som tilstrekkelig å kontakte prosjektledere for prosjekter som har status som aktive på Statens vegvesens hjemmesider. Det ble undersøkt hvorvidt de aktuelle prosjektene inneholdt tunnelarbeider. Det viste seg å være 50 aktive prosjekter hvor bygging av ny tunnel var en del av hovedentreprisen. I disse 50 prosjektene ble det kartlagt 92 tunneler som var under utbygging og ikke del av et vedlikeholdsprosjekt. Da noen av prosjektene stod registrert med samme prosjektleder ble utvalget som skulle kontaktes 42 prosjektledere ansatt hos Statens vegvesen. Det ble vurdert om prosjektledere som hadde vært på fullførte prosjekter også skulle kontaktes. I samråd med veileder ble det bestemt at det var stor sannsynlighet for at det ville vise seg vanskeligere og mer tidkrevende å få tak i data fra disse prosjektene da det meste av materialet trolig var arkivert. I tillegg var det stor sjanse for at mange av kontaktpersonene allerede var i gang med nye prosjekter. Det ble også vurdert at 50 prosjekter med 92 tunneler var et godt utgangspunkt til å få inn nok materiale til å få et representativt statistisk utvalg.

Senere i datainnsamlingsprosessen ble det sendt ut et spørreskjema med forespørsel om utfyllende kvalitativ informasjon. Dette ble sendt til kontaktpersonene som hadde oversendt fremdriftsplaner. Enkelte kunne meddele at deres prosjekt ikke hadde startet enda, mens andre bekreftet at det var snakk om et vedlikeholdsprosjekt. Enkelte av prosjektlederne fra den første henvendelsen satte forfatterne i kontakt med andre personer som skulle være kontaktperson videre. Spørreskjemaet ble sendt til kontaktpersoner ved totalt 26 tunneler som

det ble forespurt ekstra informasjon om. Dette viser et ganske betydelig frafall av aktuelle tunnelprosjekter, men er likevel innenfor hva forfatterne så for seg at kunne være et tilstrekkelig utvalg i utgangspunktet.

Enkelte av respondentene uttrykket et ønske om at forfatterne kunne besøke deres anlegg å få en omvisning, samt å få tilgang på fremdriftsplaner og muligheter til samtaler. Da forslaget ble presentert for veileder ble det oppfordret til å ta imot tilbudet fra prosjektene. Det ble ansett som en god mulighet til å gjennomføre observasjoner ved anleggene og få innspill til hvordan påfølgende spørreskjema, som skulle sendes ut til alle respondenter, kunne utformes.

I tillegg til disse to besøkene ble det gjennomført et feltbesøk til Voss høsten 2013. Dette var i forbindelse med en forberedende fordypningsstudie i forkant av oppstart for masteroppgavearbeidet. Her ble en liknende omvisning, som ved de to andre anleggene, gjennomført av representant fra entreprenørsiden. Disse tre tilfellene anses som nyttige i bearbeidelsen og forståelsen av prosjektmaterialet overlevert fra de ulike anleggene. Alle tre tunnelprosjektene er blant de 26 tunnelene som det har blitt sendt ut spørreskjema til. Utover dette anså ikke forfatterne det som nødvendig å besøke flere anlegg i løpet av semesteret. Dette fordi besøkene resulterte i at de mest usikre momentene knyttet til tolkningen av fremdriftsplanene ble avklart.

2.2 Datainnsamling

Denne delen av metodekapittelet beskriver hvordan data ble innhentet, hvorfor de aktuelle metodene ble valgt, og hvilke alternativer til informasjonsinnhenting som ble vurdert.

2.2.1 Litteraturstudie

Datainnsamlingen ble innledet med en omfattende litteraturstudie. Det har i ettertid vært nødvendig å søke opp ny litteratur som ble ansett som viktig, men manglet i den opprinnelige litteraturstudien. Litteraturen fra studien ble presentert i en egen rapport hvor hver enkelt kilde ble beskrevet og vurdert med:

- abstrakt
- søk
- kvalitet
- relevans
- konklusjon

Sammen med disse vurderingskriteriene ble hver kilde vurdert etter prinsipper om kildekritikk presentert i VIKO (2010) og VIKO (2011). Her gjelder prinsippet for metoden TONE. TONE representerer vurderingskriteriene Troverdighet, Objektivitet, Nøyaktighet og Egnethet. Dette viste seg å være en ryddig og objektiv måte å vurdere kildekvalitet på. Et slikt system gjorde det enklere å skille kildene med tanke på hvilke som var egnet som kilder til masteroppgave. Denne tilnærmingen ble brukt for å kontrollere kvalitet og relevans. Denne metoden for kildekritikk ble brukt senere til innhenting av ny informasjon. Litteratursøksstudien viste seg derfor å være en viktig brikke til å forstå hvordan man skal stille seg kritisk til informasjon man finner på internett og hvilke databaser som er gunstige å benytte seg av.

Hjelpemidlene som ble brukt til informasjonsinnhenting varierte fra internettsøk til bøker fra biblioteket. I forbindelse med den første litteraturstudien ble det valgt å benytte *Compendex*, *Geobase* og *BIBSYS Ask* som hovedkilder til innhenting av informasjon. Herfra var det mulig å få tilgang til dokumenter, eller bestille dokumentene fra Universitetsbiblioteket. Begge tilnærmingene ble benyttet for flere av kildene. Dersom bibliotekene ikke hadde tilgang til litteraturen i bokformat ble det tilsendt en utskrift av ønsket dokument. Dette gjorde det mulig å få tilgang til tidsskriftartikler og konferansepaper som ikke lå tilgjengelig på internett.

Det ble bevisst forsøkt å lete etter kilder med høy kildekvalitet. Til dette ble Olsson (2013) brukt som en pekepinn på hvilke typer kilder til litteratur som kan karakteriseres som gode.

Figur 2.1 viser et utvalg av kildene til informasjon som blir presentert i Olsson (2013, s. 19). Dette er kildene til informasjon som hovedsakelig ble benyttet i litteraturstudien. I tillegg ble enkelte websider brukt, gjerne i forbindelse med definisjoner og beskrivelse av organisasjoner, institusjoner etc. Olsson sin figur inneholder flere kilder til informasjon, se Figur 2.1. Dette kan være alt fra blogger, personlige sider og uetablert internettsider til aviser, forelesninger og bedriftsinterne retningslinjer. Noen av disse kunne uten problemer blitt brukt, men forfatterne ønsket at utsonderingen av litteratur i en såpass tidlig fase skulle foregå uten at man kunne stille spørsmål ved refleksjoner omkring påliteligheten til kildene.



Figur 2.1 Kildekvalitet, basert på Olsson (2013, s. 19)

Etter endt litteraturstudie har det vært nødvendig å innhente ny litteratur. Til dette ble *Google Scholar* brukt i langt større grad enn det som var tilfellet i den første litteraturstudien. I tillegg har søkeord og mål med søket vært mer spesifikt og tilsiktet enn tidligere. Dette kan være fordi man har stilt seg spørsmål ved bestemte begrep og uttrykk, eller fordi det manglet i det systematiserte datagrunnlaget fra den første litteraturstudien.

Håndbøker og tekniske rapporter fra Statens vegvesen og Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk (NFF) utgjør en stor del av litteraturmaterialet som brukes til å forklare teknikk, kontraktsforhold og krav og føringer med tanke på utførelse av arbeidsoperasjoner i tunneler. I tillegg er publiseringer som tidsskriftartikler og konferansepaper viktige tilskudd til informasjonen som kan hentes fra håndbøker, tekniske rapporter og standarder.

Det ble vurdert om deler av teorien skulle dekkes av intervjuer med nøkkelpersoner fra bransjen. Dette fordi det på et tidlig tidspunkt virket problematisk å få tilgang på nok informasjon om hva som påvirker byggetiden i tunneler drevet med den konvensjonelle metoden. Det viste seg til slutt at alternativet med å benytte seg av intervjuer som hovedkilde til informasjon til teoridelen ikke ble nødvendig da det forelå tilstrekkelig materiale ved Universitetsbiblioteket, sentrale nettsider som Statens vegvesens og NFF sine og de øvrige databasene omtalt tidligere i dette kapittelet.

2.2.2 Ekvivalenttidsmodell fra Institutt for bygg, anlegg og transport

Etter endt litteraturstudie høsten 2013 handlet resten av semesteret hovedsakelig om å fordype seg i en beregningsmodell for byggetid for vegtunneler. Denne modellen ble utviklet av Institutt for bygg, anlegg og transport. Modellen var en Excel-fil som tok for seg kapasiteter og tidsbestemmende faktor for de forskjellige arbeidsoperasjonene fra oppstart til overlevering i et tunnelprosjekt. For hver operasjon ble det regnet ut en byggetid med andel av kritisk linje i prosjektet. I ekvivalenttidsmodellen ble det opplyst om hvilke forskningsrapporter som representerte datamaterialet som lå til grunn for utviklingen av modellen.

I tillegg til Excel-dokumentet og tilhørende prosjektrapporter ble det henvist til kontaktperson Trygve Sæbø fra NCC ved prosjektet *2.IVossapakko – Vangstunnelen* i regi av Statens vegvesen. Han hadde på forhånd fylt inn i ekvivalenttidsmodellen med data fra Vangstunnelen. På bakgrunn av erfaringene med å fylle ut inndata kunne han komme med innspill om hvordan modellen var i bruk. Etter samtaler med Sæbø, og forfatterens egen innsetting av samme prosjekt, ble det mer klart hvilke utfordringer som eksisterte ved bruken av modellen.

2.2.3 E-post til prosjektledere

Som det ble forklart i Kapittel 2.1.3 ble det besluttet å sende e-post til et utvalg av prosjektledere fra Statens vegvesen. Disse e-postene ble standardisert og sendt ut som fellespost til alle de aktuelle prosjektlederne. Det ble vurdert hvorvidt det kunne lønne seg å kontakte samtlige over telefon. Grunnet mistanke om at prosjektlederne hadde en hektisk hverdag, og et ønske om at henvendelsen ikke skulle bli oppfattet som forstyrrende, ble det besluttet å benytte seg av alternativet med e-post. Slik var det mulig for prosjektlederne å ta stilling til innholdet i meldingen uten at det virket som et pågående initiativ fra forfatterens side. Det ble besluttet at ved eventuell mangelfull respons kunne telefonhenvendelse være et bedre alternativ. Dette etter en ekstra påminnelse over e-post dersom responsen uteble.

Kontaktdata for e-post og telefon var tilgjengelig ved Statens vegvesens prosjektdatabase under hvert enkelt prosjekt. Grunnet mange aktuelle kontaktpersoner ble det opprettet et kontaktsystem hvor all kontaktinformasjon ble skrevet inn. Kontaktsystemet ble utformet i Excel og et fargekodesystem med hvem som hadde svart, levert forespurt materiale etc. ble utvidet etter hvert som ny informasjon forelå.

E-posten som ble sendt ut til prosjektlederne forklarte først bakgrunnen for masteroppgaven og hvilke interessenter som allerede var engasjert i prosessen. Det ble deretter rettet en forespørsel om å få tilgang til fremdriftsplan levert av entreprenør ved kontraktsinngåelsen. Samtidig ble det opplyst om mulig behov for annen informasjon ved en senere anledning. Grunnet usikkerhet knyttet til om denne fremgangsmåten ville gi god respons ble det først sendt ut ti pilotmeldinger. Da det viste seg at de fleste svarte i løpet av noen dager med positivt svar ble e-posten sendt ut til resten av prosjektlederne. E-postens innhold er som følger:

Vi er to studenter som skriver masteroppgave innenfor anleggsteknikk ved NTNU. Denne innebærer å utvikle modeller for estimering av byggetid for vegtunneler i samferdselsprosjekter. Bruken av modellene er tiltenkt et tidlig stadium i prosjektene og vil hovedsakelig baseres på statistiske data. Dette utføres i samarbeid med Statens vegvesen, Byggherreseksjonen ved Geir Saxebøl og Institutt for bygg, anlegg og transport ved Amund Bruland. Prosjektet er forankret i samarbeidsforumet mellom Statens vegvesen og EBA/entreprenørene. I denne forbindelse ønsker vi å etablere kontakt med deg, og håper vi kan få tilgang til relevant informasjon fra prosjektet du leder. Det mest interessante for oss vil være fremdriftsplan levert av entreprenør i forbindelse med kontraktsinngåelse. Denne skal brukes til å bestemme tidsbruk for forskjellige aktiviteter og hvordan disse overlapper. Vennligst send oss en bekreftelse om hvorvidt du har mulighet til å hjelpe oss med dette.

I tillegg vil det være meget nyttig dersom du kan bistå med andre prosjektspesifikke data. Disse tenkes å innebære informasjon som for eksempel hvilken skiftordning som brukes og hvilke geologiforhold som er på stedet. Dette kommer vi eventuelt tilbake til senere, i form av et kort spørreskjema.

Utsendt e-post 11.02.2014 og 14.02.2014

2.2.4 Spørreskjema

I tilfeller med kort tid å arbeide på vil spørreskjemaer som oftest være raskere og administrere, analysere og rapportere enn intervjustudier. (Kvale, 1999)

Første del av datainnsamlingen fra tunnelprosjektene ble fullført da prosjektlederne hadde svart på henvendelsen i den første e-posten. Etter å ha tatt en grovanalyse av de første fremdriftsplanene som kom inn ble det klart at ytterligere informasjon fra prosjektene ville bli nødvendig. Det ble konsultert med veileder om hvilken fremgangsmåte som egnet seg best for å kunne innhente manglende informasjon til å sammenlikne tunnelene. Kvale (1999) sine refleksjoner omkring beste metodealternativ for en stor gruppe intervjuobjekter bidro også til valget om bruk av spørreskjema.

For å få likt grunnlag til å gjøre videre analyser av byggetiden for prosjektene ble det bestemt å sende en ny e-post til alle respondentene. Her ble det lagt ved en lenke til et spørreskjema som måtte fylles ut for hver tunnel. Det var et viktig prinsipp i utformingen av spørreskjemaet at det skulle ta kort tid, være lett forståelig og gi den nødvendige informasjonen som trengtes for å skille ut aktivitetene i tunnelene fra resten av aktivitetene i prosjektene. Det ble vurdert om en oppringning til alle respondentene ville være et godt alternativ til spørreskjema. Grunnen til at denne ideen ble forkastet var det store antallet respondenter og vanskelighetene med å gjennomføre hver samtale på like premisser.

I tillegg til anmodning om å fylle ut skjemaet ble det etterspurt oversendelse av konkurransegrunnlaget for prosjektet. Det var ved dette tidspunktet bestemt at det skulle forsøkes å redigere ekvivalenttidsmodellen utviklet ved instituttet i tillegg til å programmere modeller for tidligfasen. Grunnen til at det ikke ble spurt etter kontrakt med priser var at forfatterne ville unngå å blande inn sensitiv informasjon om entreprenørene så langt det lot seg gjøre. I tillegg var ikke prisene interessante med tanke på tiltenkt formål.

I Vedlegg B ligger spørreskjemaet i sin helhet. Det ble brukt en applikasjon i *Google Drive* til å utforme spørreskjemaet. Det var en god løsning som gjorde at respondentene enkelt kunne følge lenken i e-posten og registrere sitt svar. Deretter var det enkelt for forfatterne å lese resultatene i et innebygget tabellformat i *Google Drive*. Disse dataene kunne behandles statistisk i den web-baserte softwaren. E-posten som ble sendt med lenken var som følger:

Vi viser til tidligere korrespondanse, og takker for oversendt fremdriftsplan og informasjon. I vårt arbeid videre med fremdriftsplanen er vi avhengig av noe ytterligere informasjon når det gjelder tunnelarbeider på ditt prosjekt. Vi setter derfor stor pris på om du kan svare på dette skjemaet:

[Lenke](#)

I tillegg ville vi satt pris på om du kan oversende kontraktsgrunnlaget for prosjektet, ettersom vi har problemer med å finne samtlige kontraktsgrunnlag i Statens vegvesens databaser. Det er ikke snakk om en priset kontrakt, kun en med mengder.

Skulle det være noe du lurer på, er det bare å ta kontakt med oss på telefon eller mail.

Utsendt e-post 31.03.2014

2.2.5 Kvalitative forskningsintervjuer

I tillegg til litteratur om de ulike aktivitetene i et tunnelprosjekt ble det ansett som viktig å snakke med nøkkelpersoner med erfaring fra bransjen. Dette for å få innspill som verken teori eller fremdriftsplaner kan gi. Dersom det dukket opp muligheter til å foreta intervjuer med ressurspersoner fra bransjen ville de fleste kildene til informasjon blitt dekket i datainnsamlingsprosessen. Flyvbjerg (2006) presenterer fem vanlige misforståelser om oppfatningen av case-studier. Denne rapporten er ikke en case-studie. Likevel kan særlig en av misforståelsene som omtales av Flyvbjerg relateres til denne rapporten. Dette med tanke på at det har blitt tatt høyde for å supplere litteratur med praktisk kunnskap. Flyvbjerg (2006, s. 3) sin første misforståelse sier: "General, theoretical (context-independent) knowledge is more valuable than concrete, practical (context-dependent) knowledge". Denne antakelsen gjelder ikke for denne studien da erfaringsbasert, praktisk kunnskap har blitt ansett som svært viktig til å forstå informasjonen som stammer fra andre kilder.

Kvale (1999) beskriver hvordan man kan gå frem i tilfeller hvor forskningsspørsmål berører underforståtte meninger og stilltiende oppfatninger. Dette kan for eksempel være en gruppe eller en kulturs stilltiende antakelser. I disse tilfellene kan feltstudier kombinert med uformelle intervjuer være den metoden som gir mest holdbare resultater.

Kvale (1999) sin beskrivelse kan relateres til deler av opplegget i forbindelse med informasjonsinnhenting i denne studien. I sammenheng med analysen av fremdriftsplanene dukket det opp spørsmål omkring betegnelsene og oppsettet som var benyttet i utformingen av disse. Det kunne se ut som at flere av disse uklarhetene var et resultat av prosjektspesifikke valg av formuleringer og antakelser om at materialet var unisont forståelig for alle interessenter. I forkant av at disse problemene ble oppdaget hadde to av prosjektlederne sendt respons med invitasjon til anlegget. Da denne muligheten oppstod ble det forespurt om det var anledning til å foreta et kort intervju for å oppklare disse spørsmålene. Kontaktpersonene ved begge anleggene var positivt innstilt til å gjennomføre intervju. I tillegg skulle det foretas en omvisning på anlegget. Disse feltbesøkene til henholdsvis Åsane og Sunndalsøra viste seg å gi svarene på uklarhetene omkring informasjonen fra fremdriftsplanene. Prosjektet i Åsane var utbygging av *4.1 E39 Vågsbotn-Hylkje – Eikåstunnelen* ved Steinar Eide. Prosjektet på Sunndalsøra var et rassikringsprosjekt på *22.1 Rv. 70 Oppdølsstranda – Oppdølsstrandtunnelen* ved Per Bjørn Gjelsten.

Intervjuguide

Til besøkene ble det forberedt en felles intervjuguide. Kvale (1999) beskriver en halvstrukturert intervjuform hvor det er opp til intervjueren selv å bedømme hvor nøye man skal følge guiden og til hvilken grad man skal følge opp intervjuobjektets svar.

Hvert enkelt intervju spørsmål kan evalueres etter en tematisk og en dynamisk dimensjon: tematisk med hensyn til dets relevans for forskningstemaet, og dynamisk med hensyn til det mellommenneskelige forhold som oppstår i intervjuet. Et godt intervju spørsmål bør bidra tematisk til å produsere kunnskap, og dynamisk med å skape en god intervjuinteraksjon.

(Kvale, 1999, s. 77)

Tilnærmingen som ble anvendt i intervjuene i Åsane og på Sunndalsøra gikk ut på at det var en rekke spørsmål som var forberedt på forhånd, men at intervjuet helst skulle utvikle seg til en samtalepreget situasjon. De forberedte spørsmålene var tiltenkt å fungere som veiledere dersom samtalen sporet for mye av fra tematikken. Dette ledet til en dynamisk samtale med meningsutvekslinger og erfaringsbaserte uttalelser og synspunkter. Vedlegg A viser guiden som ble brukt under intervjuene i Åsane og på Sunndalsøra.

Ved det første intervjuet på Sunndalsøra ble det brukt lydopptaker. Slik som denne samtalen utartet seg ble det besluttet ikke å bruke opptakerutstyr ved intervjuet i Åsane. Dette valget var ikke begrunnet i at det var en dårlig løsning på Sunndalsøra. Heller den samtalepregede settingen til intervjuet og et hovedmål om bekreftelse av tematikken som ble tatt opp. I etterkant av intervjuet ble håndskrevne notater brukt som virkemiddel til å lagre informasjonen.

2.3 Behandling av datamaterialet

Denne delen av metodekapittelet ser på hvordan de innhentede dataene ble behandlet. Det blir foreslått flere potensielle tilnærminger til hvordan denne prosessen kunne ha blitt utført. De valgte metodene er de som virker å gi best mulig grunnlag for utformingen av beregningsmodellene.

2.3.1 Transkripsjon

Intervjuet på Sunndalsøra ble lagret som lydopptak til videre analyse. Det var her et par muligheter til hvordan lydopptaket kunne bearbeides. Dersom det oppstod en situasjon der innholdet i intervjuet trengtes repetert, eller brukes som kilde, var det mulig å gå inn i lydfilen for å finne det aktuelle segmentet. Dette ble ansett som en tungvinn måte å få tak i data av interesse på. Dette inntrykket ble særlig forsterket med tanke på mulig behov lengre frem i tid da det eksakte innholdet ville blitt glemt. I tillegg ville gjentatte behov for informasjon fra intervjuet medføre leting etter det riktige segmentet ved hver anledning. Dermed ble det besluttet å få lydfilen ned på papirformat. Kvale og Brinkmann (2009) fremhever at for å gjøre intervjudataene tilgjengelige for analyse må de først omgjøres fra tale til tekst.

Transkripsjonen ble utført dagen etter gjennomførelsen av intervjuet på Sunndalsøra. Notatene fra intervjuet i Åsane ble ikke bearbeidet som data til videre analyse utover betraktningene som ble gjort like etter gjennomførelsen. Som Repstad (2007) og Thagaard (2003) fremhever bidro lyttingen til gjennomførelsen av det første intervjuet til økt selvtilit med tanke på intervju som setting, og en forbedring av intervjurollene til neste gang. Spørsmålene fra intervjuguiden ble satt opp i en litt annen rekkefølge samt at det i det neste intervjuet ble lagt opp til en enda større grad av en samtalepreget setting, så lite som mulig styrt av avbrytende spørsmål.

2.3.2 Analyse

Datamaterialet som ble innhentet utover intervjuene inkluderer:

- ekvivalenttidsmodell fra instituttet med tilhørende forskningsrapporter
- konkurransegrunnlag og mengdebeskrivelser
- fremdriftsplaner
- spørreskjemaer

Denne dataen har blitt behandlet på ulik måte. De viktigste momentene forbundet med analyse av beregningsmodellen gikk på å forstå tankegangen bak programmeringen og hvordan prosesser ble koblet sammen. Dette for å få inspirasjon til hvordan et slikt program kan se ut og hva som er viktig å inkludere. For fremdriftsplanene og spørreskjemaene var det viktig å lage et felles system for all dataen for å gjøre informasjonen sammenliknbar.

Ekvivalenttidsmodell

I ekvivalenttidsmodellen, som ble overlevert fra Institutt for bygg, anlegg og transport, var alle beregninger lenket opp mot et hovedark hvor utregnet tid for alle prosesser fremgikk. Modellen brukte Excel som estimeringsverktøy for tidsbruken og dermed var det mulig å se alle formler som lå bak utregningene. Det ble ansett som viktig å få en oversikt over hva som inngikk i modelloppbygningen. Til dette ble et fordypningsprosjekt om ekvivalenttidsmodellen gjennomført.

Hovedarket i modellen presenterte total tidsbruk for aktiviteter i poster. Disse postene var lenket opp mot detaljark designet spesifikt for gjeldende post og tok inndata herfra, sammen med generelle opplysninger fra et annet ark, og regnet ut et tidsanslag for prosessen. Dette inneholdt gjerne en mengdestyrt, enhetstidsstyrt og tidsdimensjonerende variabel. Slik klarte modellen å presentere en total byggetid hvor tidsbruk for enkeltaktiviteter også kunne tydes.

Analysen av ekvivalenttidsmodellen bidro blant annet til å forstå hvilke mangler som gjorde modellen usikker til bruk. I tillegg ble det klart hvilke kilder tallene i modellen bygde på. Dette medvirket igjen til å prege oppfatningen til forfatterne om hva som krevdes av data og arbeider for å programmere nye modeller og hva som eventuelt kunne forbedres med den eksisterende.

Tabell 2.1 på neste side viser et utdrag fra det omtalte fordypningsprosjektet hvor en oversikt over et utvalg av postene fra hovedarket i ekvivalenttidsmodellen introduseres. Tabell 2.2 er en analyse av den ene posten hvor estimeringen gjøres rede for.

TBA4935 Anleggsteknikk, masteroppgave - Byggetid for vegtunneler

Tabell 2.1 Tabell hentet fra fordypningsprosjekt om ekvivalenttidsmodell fra Institutt for bygg, anlegg og transport. Tabellen viser utvalgte poster

Postnr.	Post	Mengde	Enhetstid	Tidsbestemmende faktor
8	Igangkjøring	RS	uker	1,0
9.1	Normal driving	m	h/m	1,0
9.2	Tillegg driving på synk	m	%	1,0
9.3	Tillegg redusert salvelengde	m	%	1,0
9.4	Tillegg redusert salvelengde og halve salver	m	%	1,0
10	Tillegg vekseldrift	m	%	1,0
11	Byggherrens tid til kartlegging	salver	h/salve	1,0
12.1	Havarinisjer	stk	h/nisje	1,0
12.2	Snunisjer	stk	h/nisje	1,0
12.3	Møteplasser	stk	h/nisje	1,0
13	Tverrforbindelser	m	h/m	1,0
14	Pumpesump	m ³	h/m ³	1,0
15	Manuell rensk, ekstra rensk	m	h/m	1,0

Tabell 2.2 Analyse av post 9.1

9.1 Normal driving
<p>- Vanlig driving som ikke hindres av bergforhold, vann eller utforming av tunnel.</p>
<p>Hovedark: Tunneldata</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inndata <ul style="list-style-type: none"> - <i>Stofflengde, tidsbestemmende stuff [m]</i> - <i>Arbeidstid, driving [h/uke]</i> - <i>Areal av teoretisk sprengningsprofil [m²]</i>
<p>Detaljark: 9. Driving</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utdata <ul style="list-style-type: none"> - <i>Fremdrift [m/uke]</i> (bruker <i>Areal av teoretisk sprengningsprofil [m²]</i> til å finne verdi i tabell basert på <i>Figur 6.3</i> fra NTNU Department of Civil and Transport Engineering (2006)) - <i>Korreksjonsfaktor_(Stofflengde, tidsbestemmende stuff [m])</i> til å finne verdi i tabell basert på <i>Figur 6.1</i> fra NTNU Department of Civil and Transport Engineering (2006)) - <i>Enhetstid [h/m]</i> (<i>Arbeidstid, driving [h/uke]</i> dividert med produktet av <i>Fremdrift [m/uke]</i> og <i>Korreksjonsfaktor</i>)
<p>Hovedark: Modell</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengde [m] Mengden blir funnet fra <i>Stofflengde, tidsbestemmende stuff [m]</i>. • Enhetstid [h/m] Enhetstiden blir funnet fra <i>Enhetstid [h/m]</i>. • Tidsbestemmende faktor [tbf] <i>Verdien er 1,0.</i> • Byggetid [uker] <ul style="list-style-type: none"> - Mengde [m] - Enhetstid [h/m] - Tidsbestemmende faktor [tbf] - Arbeidstid, driving [h/uke] $\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$

Konkurransesgrunnlag og mengdebeskrivelser

De mottatte dokumentene fungerte som datagrunnlag i modifiseringen av ekvivalenttidsmodellen. Det ble søkt etter aktuelle aktiviteter i mengdebeskrivelsene. Aktivitetene ble deretter tolket og sammenliknet, og de kunne deretter brukes til å øke brukervennligheten i modellen.

Fremdriftsplaner

Alle fremdriftsplaner som ble oversendt av prosjektledere fra Statens vegvesen ble lagt inn i et system hvor alle ble gitt et nummer, eksempelvis som 2.1 *Vossapakko – Vangstunnelen*. Dokumentene ble skrevet ut i A3 format. Dette for å få en oversikt over hele innholdet på et ark. Det ble opprettet et Excel-dokument som kategoriserte aktivitetene i fremdriftplanene ordrett etter beskrivelsen. For å unngå antakelser av postenes betydning i fremdriftsplanene på et så tidlig tidspunkt i analysen av dataene, ble det unngått å tilpasse formuleringene til tidligere innsatte prosjekter. Tabell 2.3 gjengir et utdrag av innholdet fra Excel-dokumentet.

Tabell 2.3 Eksempel på registrering av informasjon fra fremdriftsplaner fra tre ulike prosjekter med totalt fem tunneler

Nr.	Driving og bergsikring (tidsbestemmende stuff)		Vann- og frostsikring	
	Dager	Tbf	Dager	Tbf
12.1	30	1,00	18	1,00
12.2	150	1,00	50	1,00
12.3	270	1,00	120	1,00
13.1	415	1,00	225	1,00
14.1	95	1,00	60	1,00

I Tabell 2.3 er første kolonnen betegnelsen på hvilket prosjekt det er snakk om i henhold til systemet som ble opprettet for å organisere prosjektene. For prosjekt nummer tolv er det altså snakk om tre ulike tunneler. Av fremdriftsplanene avleses antall dager som brukes på aktiviteten. Det har variert mellom at man kan finne antall dager ved å lese rett av til at man har måttet regnet om fra antall uker til dager. Deretter har det blitt vurdert hvor stor del av aktiviteten som har befunnet seg på kritisk linje på fremdriftsplanen. For aktivitetene i Tabell 2.3 ser man at hele aktiviteten for alle fem tilfellene lå på kritisk linje. For andre aktiviteter

var ikke dette nødvendigvis tilfellet. Grunnen til at tidsbestemmende faktor (tbf) ble innført var for å unngå en total byggetid som ikke tok hensyn til at flere av aktivitetene overlappet.

Spørreskjemaer

Alle spørreskjemaer som ble utfylt av respondentene ble lagret i Google Drive. Her ble de automatisk satt i et system hvor svaret på samme spørsmålet fra ulike prosjekter ble plassert under hverandre. Tabell 2.4 gjengir hvordan dette ser ut for en som leser dataene.

Tabell 2.4 Eksempel på registrering av informasjon fra spørreskjemaer fra fire ulike tunneler

Dato	Tunnel	Lengde	Ant. løp	Type	Profil	Klasse	Geologi
31.03.14	Toven-tunnelen	10 700	1	Standard	T8,5	B	Middels
31.03.14	Ørgenvik og Rallerud	6 400	1	Standard	T10,5	C	Gode
01.04.14	Vangs-tunnelen	2 469	1	Standard	T10,5	D	Gode
01.04.14	Stordals-tunnelen	1 190	1	Standard	T10,5	C	Middels

Tabell 2.4 er kun et lite utklipp av spørsmålene som ble stilt i spørreskjemaet, resten finnes i Vedlegg G. Noe av informasjonen det ble spurt etter i skjemaet var kjent fra tidligere for enkelte av prosjektene. Grunnet hensyn til tiden det ville tatt å designe unike spørreskjemaer for hvert enkelt prosjekt ble det bedt om å svare på informasjon som muligens hadde blitt utlevert ved en tidligere anledning. Samtidig ble det med denne fremgangsmåten lagret all informasjon på et sted. I motsetning til arbeidet med å analysere fremdriftsplanene gjorde metoden brukt ved spørreskjemaet at organiseringen av dataene skjedde automatisk.

2.4 Studiens kvalitet

Mot slutten av metodekapittelet omtales studiens kvalitet i relasjon til gyldighet, pålitelighet og generaliserbarhet. Dette kan brukes til å vurdere hvorvidt data har blitt innhentet på korrekt måte for den aktuelle studien. Objektivitet er et viktig moment i denne sammenhengen. Samtidig stilles det krav til forskernes ferdigheter og kunnskap om fenomenet som studeres i dataproduksjonsprosessen (Kvale og Brinkmann, 2009). Dette vil trolig også være tilfellet for andre former for informasjonsheving. Det kan uansett være en fordel at forskeren har grunnleggende kunnskap om begreper og innhold i studiens tematikk.

2.4.1 Gyldighet og pålitelighet

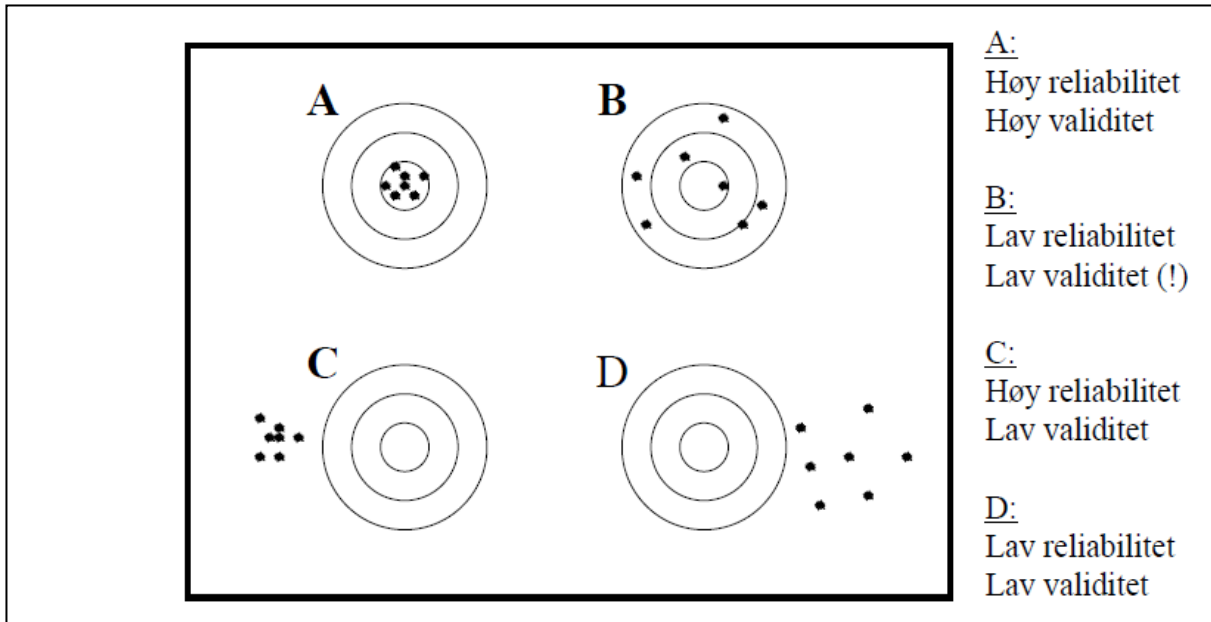
Gyldighet betyr det samme som validitet. For å måle noe valid, måles det man i realiteten ønsker å måle. Det vil eksempelvis ved måling av abstrakte forhold være vanskeligere å avgjøre om man måler det man ønsker å måle. Dersom det til motsetning stilles et spørsmål til en potensiell respondent om vedkommende er mann eller kvinne er det sikkert at man måler det man ønsker å måle. (Aarø, 2007)

Pålitelighet betyr det samme som reliabilitet. Dette handler om hvor nøyaktig noe måles. Skal man finne vekten til en person og veier vedkommende flere ganger for å kontrollsjekke resultatet, kan det være at vekten viser ulikt tall hver gang. Dette medfører at undersøkelsesmetoden har lav pålitelighet. Dersom vekten i utgangspunktet viser to kilo mindre enn reell vekt på alle som prøver vekten, og gjentatte forsøk med samme testobjekt viser samme tall, er det ikke en pålitelighetssvikt. I et slikt tilfelle vil feilen ligge i gyldigheten til undersøkelsen. (Aarø, 2007)

Det vanlige kriteriet for påliteligheten er at resultatene i undersøkelsen bør kunne reproduseres og gjentas (Postholm, 2005). I kvalitative studier handler gyldighet om hvilken grad fremgangsmåter og funn reflekterer studiens formål og representerer virkeligheten (Johannessen, Tufte og Kristoffersen, 2010).

Denne studien kombinerer flere innsamlingsmetoder av data. Postholm og Jacobsen (2011) fremhever at disse kan utfylle hverandre ved å gi ulike typer informasjon. Bruk av ulike metoder kan være hensiktsmessig da man kompenserer for de ulike metodenes svakheter.

Aarø (2007) presenterer en enkel figur for det han kaller reliabilitet og validitet, og hvordan disse henger sammen. Figur 2.2 er hentet fra Aarøs rapport.



Figur 2.2 Reliabilitet og validitet (Aarø, 2007, s. 21)

For denne rapporten brukes pålitelighet og gyldighet til å vurdere hvorvidt hvert enkelt prosjekt som har levert fremdriftsplaner representerer data som kan brukes til et statistisk grunnlag. Et prosjekt med store avvik fra normalen i forhold til hva forholdene skulle tilsi kan bety at det muligens ikke er egnet til å være en del av det statistiske grunnlaget til utformingen av beregningsmodellene. Et tenkt tilfelle hvor det foreligger veldokumentert materiale med en detaljert fremdriftsplan kan til tross for disse fordelene vise seg ikke å være representativ for studien. Det kan vise seg at forholdene i prosjektet var såpass spesielle at resultatene ikke vil være representative for de fleste andre prosjekter. Dette kan tilsi et tilfelle med høy pålitelighet, men liten gyldighet. Dette samsvarer med tilfelle C i Figur 2.2.

Et annet problem kan være prosjekter med dårlig dokumentert prosjektdata og grove fremdriftsplaner. Behov for tolkning i disse tilfellene kan medføre tilfeller som B eller D i Figur 2.2 og vil gi lav pålitelighet og lav gyldighet. Tilfelle B kan være aktuelt å la gå videre alt etter kravet som stilles til pålitelighet. Situasjonen for denne studien er at informasjonen er på et såpass tidlig tidspunkt i prosjektene at tilfelle B kan aksepteres.

Tilfeller av type A har høy pålitelighet og gyldighet. Disse vil det være uproblematisk og benytte i videre analyser. Siden denne studien tar for seg mange forskjellige prosjekter med forskjellig fremstilling og krav til dokumentasjon og tidsbruk er det viktig å ta stilling til spørsmålene rundt pålitelighet og gyldighet.

2.4.2 Generaliserbarhet

Kvale (1999) skiller mellom tre former for generaliserbarhet:

- naturalistisk
- statistisk
- analytisk

Naturalistisk generalisering er basert på personlige erfaringer. Dette bygger på stilltiende kunnskap om hvordan ting er. Resultatet av dette er forventninger, mer enn formelle forutsigelser. Når forventningene uttrykkes i ord går de over til å bli eksplisitt, konkret kunnskap. (Kvale, 1999)

Statistisk generalisering er mer formell og eksplisitt. Utvalget av intervjuobjekter eller data skal være basert på tilfeldig utvelgelse. Etter at man har tilfeldig valgt ut intervjuobjekter og kvantifisert intervjufunnene, kan man omdanne funnene til statistiske generaliseringer. (Kvale, 1999)

Analytisk generalisering involverer hvorvidt en begrunnet vurdering av funnene fra en studie kan benyttes som rettledning til å forutse hva som kan komme til å skje i en annen situasjon. Dette baseres gjerne på en analyse av likheter og forskjeller mellom funnene i studien. (Kvale, 1999)

Denne studien har flest likheter med den analytiske generaliseringen. Hovedmålsettingen med studien er å konstruere beregningsmodeller for byggetid basert på statistisk data. Det vil si at en vurdering av funnene fra eksempelprosjekter vil bestemme premissene beregningsmodellene bygger på. Hvert av prosjektene som involveres som datagrunnlag generaliseres for å gjøre dataen representativ i forhold til data fra de andre prosjektene. Naturalistisk generalisering kan også betegne enkelte momenter ved informasjonsinnhenting.

Intervjuene som har blitt foretatt i denne studien kan ikke sies å være mange nok til å generalisere hva som har blitt sagt. Det blir påpekt av Kruuse (2007) at dette sjelden er tilfellet at kvalitative studier har nok representative informanter til å generalisere ut fra undersøkelsene. Det har heller ikke vært formålet med intervjuene at de skal gi en generaliserende oppfatning. De ble gjennomført med et formål om å bekrefte mistanker og oppklare gråsoner omkring tolkningen av annen innhentet data.

Postholm (2005) forsvare bruk av et begrenset antall informanter. I tillegg til all annen data som har blitt innhentet har det blitt gjennomført tre intervjuer med nøkkelpersoner fra bransjen. Denne mengden anses som tilstrekkelig for å få klarhet omkring spørsmål knyttet til studien og annen data. Det vil si utover de løpende samtalene med veileder.

I en mindre forskningsstudie er det nok tjenlig i forhold til omfang og tidsramme å velge det lavest anbefalte antall personer. Dersom forskeren velger tre personer kan han eller hun ved hjelp av intervju klare å finne en felles essens eller den sentrale opplevelsen som er fellesnevneren eller kjernen i forskningsdeltakernes opplevelse av erfaringen innenfor rammene av et mindre forskningsarbeid.

(Postholm, 2005, s. 43)

2.5 Feilkilder

Denne delen omtaler hvilke mulige feilkilder som kan påvirke funnene i resultatkapittelet og hvilke konklusjoner som trekkes av disse. Siden dette er en empirisk studie hvor forfatterne har innhentet informasjon fra flere ulike kilder er det viktig å påpeke hvilke feilkilder som kan forekomme. Som en hovedinndeling kan det skilles mellom:

- feilkilder i forbindelse med innhenting av litteratur
- feilkilder i forbindelse med datainnsamling
- feilkilder i forbindelse med behandling av data

I metodedelen fokuseres det på å beskrive mulige feilkilder på et overordnet plan. Kapittelet om feilkilder i diskusjonsdelen av rapporten vil konkretisere feilkildene som tas opp i metodedelen.

2.5.1 Innhenting av litteratur

I prosessen med å innhente litteratur var et av hovedspørsmålene hvorvidt kildene som ble brukt til å beskrive de ulike forholdene var representative i forhold til annen litteratur som eksisterer om emnet. Det finnes en mulighet for at man ikke har fått med alle betraktninger om et bestemt tema og at det finnes nyere litteratur som er mer representativt for dagens forhold. Det siste er interessant for denne rapporten da flere av betingelsene i modell levert fra Institutt for bygg, anlegg og transport baserer seg på betraktninger for en del år tilbake.

En stor del av litteraturen til denne rapporten er hentet fra de samme instansene. Statens vegvesen, Norsk Forening for Fjellsprenningsteknikk og NTH/NTNU har publisert mye litteratur som har vært aktuelt for denne rapporten. At disse instansene har ulike interesser omkring fagområdet har gjort at mangelen på tilsvarende mengde informasjon fra andre instanser ikke byr på de store problemene. Likevel kunne mer litteratur sett fra utførendes perspektiv gitt et mulig enda bedre sammenlikningsgrunnlag. Grunnet stort fokus på konfidensialitet i bransjen er ikke informasjon fra utførende tilgjengelig på samme måte som for de øvrige instansene.

2.5.2 Datainnsamling

I løpet av datainnsamlingsprosessen har det vært tre hovedkilder til innhenting av informasjon. Samtaler med nøkkelpersoner fra bransjen, fremdriftsplaner og spørreskjemaer har vært de viktigste kildene til datagrunnlaget til tidligfasemodellene. Det fins mulige feilkilder for alle disse tre. Disse feilkildene vil i så fall ha direkte innvirkning på modellens mulige feilkilder.

Samtaler med nøkkelpersoner fra bransjen

Selv om det har vært både e-post korrespondanse og telefonsamtaler med andre personer er det tre samtaler som skiller seg ut som de viktigste med tanke på hva som har blitt brukt videre i utformingen av modellene. At det er snakk om tre samtaler gjør at hver enkelt samtale veier tungt i slutningene som trekkes fra disse. Eventuell feilinformasjon eller misforståelse vil i denne sammenheng kunne medføre en betydelig feilkilde. Det har likevel ikke vært behov for et større utvalg ettersom målet med samtalerne først og fremst var å avklare og belyse forhold som forfatterne var usikre på. Man kan si at samtalerne har vært en støttekilde til analyse av fremdriftsplaner, kontraktsgrunnlag, spørreskjemaer og modell fra Institutt for bygg, anlegg og transport.

Fremdriftsplaner

Utvalget av kontaktpersoner for prosjekter, som var ønsket som datagrunnlag for tidligfasemodellene, ble bedt om å oversende fremdriftsplan og konkurransegrunnlag. Fremdriftsplanene var utarbeidet av forskjellige entreprenører, hvor alle hadde Statens vegvesen som oppdragsgiver. Entreprenørenes forskjellige føringer for hvordan de konstruerer en fremdriftsplan kan spille inn som en feilkilde. Man har forskjellige måter å navngi aktivitetene på, samtidig som en stor forskjell i detaljgrad var synlig. Derfor kan det være en feilkilde i prosessen med å registrere og generalisere data fra fremdriftsplanene.

Konkurransegrunnlagene som ble oversendt i sammenheng med fremdriftsplanene bygger i større grad på de samme premissene. Det er satt opp en standard for prosessene som skal inkluderes i et slikt konkurransegrunnlag. Feilkilder i forbindelse med konkurransegrunnlaget er trolig mer aktuelt i forbindelse med tolkningen av informasjon fra denne kilden.

Spørreskjemaer

Spørreskjemaene bidro med supplerende informasjon som fremdriftsplaner og konkurransegrunnlag ikke tok stilling til. Respondentenes tolkning av stilte spørsmål, feilregistrering av svar og mangel på tilgjengelig informasjon er aktuelle feilkilder som kan ha påvirket påliteligheten til spørreskjemaet. Selv om det var stort fokus på å gjøre spørsmålene så entydige som mulig, kan enkelte ha misforstått formålet med spørsmålet. I forbindelse med registreringen av svar kan muligheten for flere svaralternativer ha bidratt til at feil informasjon har blitt registrert. En mulig årsak til eventuelt manglende informasjon kan være dersom prosjektet er såpass nyetablert at det ikke er fastsatt hvordan alle prosesser skal gjennomføres.

2.5.3 Behandling av data

I forbindelse med behandling og sammenstilling av data har det i noen tilfeller vært nødvendig med antakelser for å gjøre prosjektene representative for datagrunnlaget til tidligfasemodellen. Av og til viste det seg at enten fremdriftsplan eller spørreskjema inneholdt informasjon som var vanskelig å tolke. I et fåtall tilfeller var det til og med ingen informasjon å hente. For likevel å kunne benytte seg av disse prosjektene i datagrunnlaget måtte det foretas antakelser basert på informasjon fra liknende prosjekter. I Vedlegg K på arket *Prosjektdata* er disse antakelsene markert med et rødt merke i cellene. Dersom man holder musepekeren over dette feltet kommer det frem hvilken antakelse som har blitt gjort. For denne feilkilden er det vanskelig å si hvor stort utslag en eventuell feil kan bety. Likevel er det ikke snakk om et stort antall antakelser, og det er rimelig å anta at man befinner seg innen den akseptable grensen for usikkerhet.

For trendlinjene i Vedlegg C og D, som beskriver utviklingen til byggetid mot tunnallengde eller tidsbestemmende stuff, er det antatt en lineær utvikling. Datamengden som brukes til å beskrive utviklingen er ikke stort nok til med sikkerhet å si at trenden er en annen enn lineær. Ved et større utvalg tunnelprosjekter er det mulig at en annen regresjonslinje kan brukes.

Ellers er forfatterens evne til å tolke dataene fra ulike prosjekter på samme måte en mulig feilkilde. Selv om man har standardisert et opplegg for hvordan man registrerer data kan en feilavlesning, feilregning eller feilskrivning medføre feilkilder.

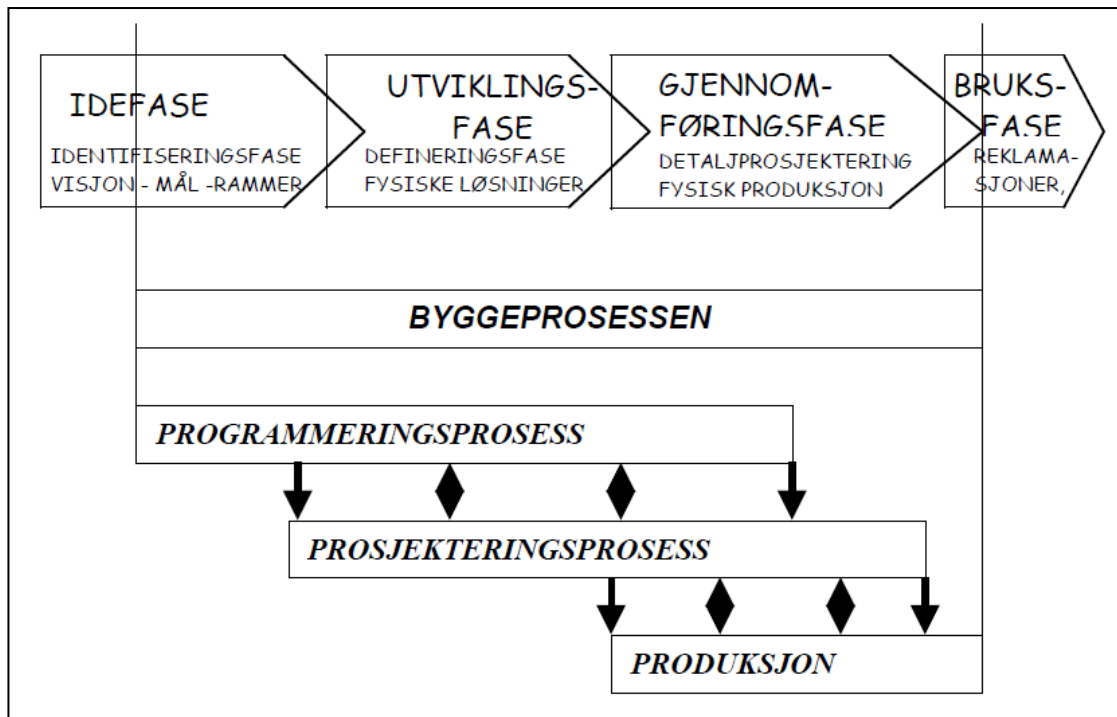
3. Teori

Statens vegvesen er Norges offentlige vegadministrator. Organisasjonen har som ansvar å utvikle, drifte og vedlikeholde vegene på en optimal måte for det norske samfunnet. Statens vegvesen er Samferdselsdepartementets fagorgan ved utarbeidelse av Nasjonal transportplan, samt at de er fylkeskommunenes fagorgan ved utvikling av fylkesveger. Når det bestemmes å utføre et prosjekt ut i fra Nasjonal transportplan, eller i samarbeid med fylkeskommuner, er Statens vegvesen ansvarlig for at utførelsen av prosjektet er optimal med tanke på tid, kostnad og kvalitet. For å oppnå en optimal utførelse er det viktig med omfattende utredninger og god planlegging i tidligfasen, samtidig som forundersøkelser er særdeles viktig ved tunnelprosjekter. Videre velges og kvalitetssikres utførende og utførendes planlagte arbeid gjennom en anbudskonkurranse. Et godt utarbeidet konkurransegrunnlag og en velfungerende prosjektorganisasjon hos byggherre og entreprenør er essensielt for at et prosjekt skal holde seg innenfor tids- og kostnadsrammer, samt tilfredsstille kvalitetskrav. (SV, 2014)

I dag finnes det omtrent 1 000 vegtunneler i Norge. Mesteparten av tunnelene er kortere enn én kilometer, mens den lengste er 24,5 kilometer. Det drives mellom 20 og 30 kilometer med nye tunneler årlig. Disse utføres ved konvensjonell driving, som er standard drivemetode for Statens vegvesens prosjekter. De norske grunnforholdene er dominert av hardt berg, og dette blir av Statens vegvesen sett på som tunnelens konstruksjonsmateriale. Det er derfor viktig å kartlegge bergets svakheter og foreta nødvendige sikringsarbeider, slik at tunnelen ikke utgjør en sikkerhetsrisiko underveis i prosjektet og etter ferdigstillelse. Prosjektene utføres etter en særegen norsk kontraktstype ofte brukt ved underjordiske arbeider hvor tidsfristen kan reguleres ved endrede grunnforhold. I en slik kontrakt har eieren ansvar for usikkerhet knyttet til grunnforhold, mens utførende har ansvar for usikkerhet knyttet til effektivitet i arbeidet. (Fossberg, 2012)

3.1 Prosjektprosessen

Kort oppsummert kan det sies at et prosjekt initieres som følge av et oppstått behov i samfunnet, eller det kan være et behov som allerede eksisterer (Eikeland, 2001). Et slikt prosjekt består av flere faser og prosesser. For å fremstille dette er det valgt en modell fra Eikeland (2001), som viser byggeprosessens generiske faser. Se Figur 3.1.



Figur 3.1 Byggeprosessens generiske faser (Eikeland, 2001, s. 36)

Figur 3.1 presenterer byggeprosessens fire generiske faser; idéfasen, utviklingsfasen, gjennomføringsfasen og bruksfasen. I Westgaard, Arge og Moe (2010, s. 90) beskrives aktiviteter under de forskjellige fasene, her kalt idéfasen, prosjekteringsfasen, utførelsesfasen og driftsfasen. Her gis et utdrag:

- Idéfasen
 - Behovskartlegging/utformingsønske/utbyggingsidé
 - Konkretisere behovet
 - Brainstorm
 - Gjennomførbarhet
- Utviklings-/prosjekteringsfasen
 - Skisseprosjekt (idéutvikling)
 - Forprosjekt (prosjektutvikling, rammetillatelse)

- Detaljprosjekt (prosjektutvikling, koordinering av rådgivere, beskrivelser)
- Kontrahering (tilbuds-/anbudsprosess, søknad igangsettelse)
- Gjennomførings-/utførelsesfasen
 - Produksjonsprosjektering (produksjons- og kontrolldokumentasjon)
 - Utførelse (oppfølging, avvik/endring, møteaktivitet)
 - Ferdigstillelse (befaringer, overtakelse)
- Bruks-/driftsfasen
 - Drift (utrustning/sette i drift, målinger)
 - Avhende

Samt vises byggeprosessens tre kjerneprosesser i Figur 3.1. ”Kjerneprosessene defineres som de prosesser som har beskrivelse eller produksjon av det planlagte prosjektet som sitt resultat” (Eikeland, 2001 s. 26). De tre kjerneprosessene beskrives kort som følger (Eikeland, 2001):

- I programmeringsprosessen identifiseres krav som anlegget skal tilfredsstillere.
- Videre utvikles, utformes og beskrives det fysiske anlegget og dets egenskaper i prosjekteringsprosessen.
- På et tidspunkt i prosjekteringsprosessen vil produksjonsprosessen igangsettes, og dermed den fysiske utførelsen av anlegget.

Temaet presenteres slik at det kan dannes en oversikt over en typisk prosjektprosess, og at det dermed blir enklere å knytte aktiviteter i senere kapitler inn i det totale prosjektførløpet. Temaer og aktiviteter under vegprosjekter, og da spesielt vegtunneler, vil i større grad bli behandlet videre i denne rapporten. Temaer som omhandler eller virker inn på byggetid og/eller fremdrift er av størst interesse. Temaet prosjektprosess behandles ytterligere.

3.2 Forundersøkelser

Dette kapittelet omtaler aktiviteter knyttet til forundersøkelser som foregår i idé- og utviklingsfasen. Disse fasene vil i tillegg inneholde langt mer prosjektering enn kun det som beskrives her. Det er valgt å se nærmere på forundersøkelsene grunnet viktigheten av disse når det gjelder innvirkning på byggetid for vegtunnelprosjekter. Mangelfulle forundersøkelser kan føre til store forsinkelser og merarbeid underveis i tunneldrivingen. Dette kapittelet omtaler typiske metoder som brukes ved forundersøkelser, samt forhold rundt disse. I tillegg knyttes forundersøkelsene til byggeprosessen. Fra de første forundersøkelsene hvor gjennomførbarheten kartlegges, til den endelige geologiske og geotekniske rapporten som inngår i anbudsgrunnlaget.

3.2.1 Geologiske forundersøkelser

I og med at eier innehar ansvaret for grunnforhold i prosjektene vil forundersøkelser være et viktig virkemiddel for å redusere potensiell risiko. I tillegg til undersøkelser i forkant av byggestart, er undersøkelser underveis i drivingen viktig for å tilpasse videre driving til kommende bergforhold.

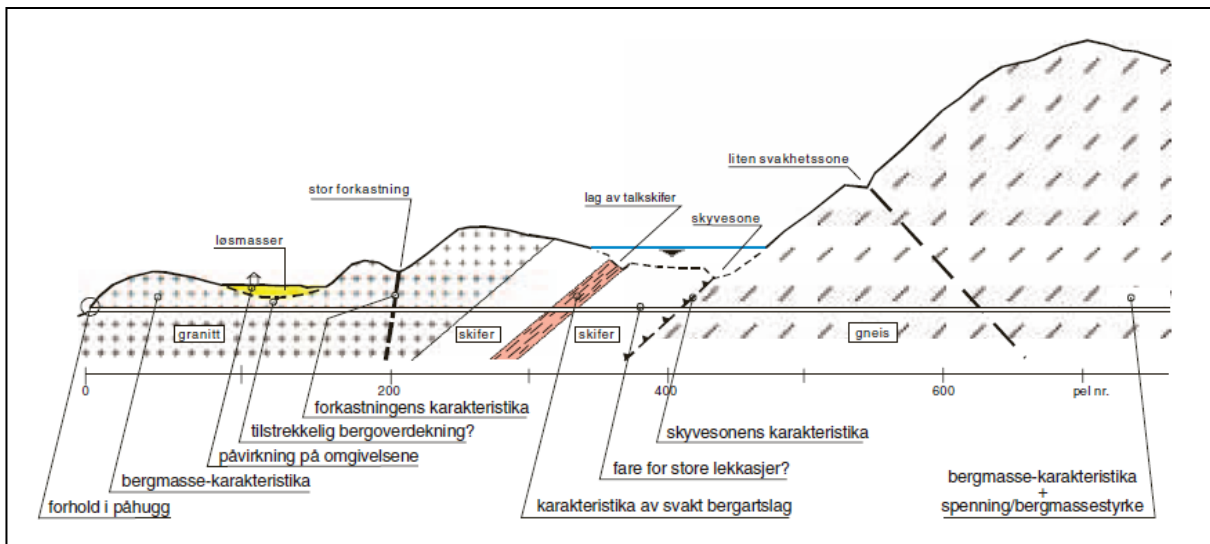
SVV (2010b) beskriver prinsippene og formålet med geologiske forundersøkelser. Forundersøkelsene skal avklare alternativer og totalkostnader. I tillegg skal man avdekke sikkerhets-, samfunns- og miljømessige behov knyttet til prosjektene. Detaljert geologisk og ingeniørgeologisk kartlegging kan oppnås ved hjelp av flere virkemidler:

- Bergmasseklassifisering brukes til feltkartlegging og eventuell kjernelogging i alle faser av prosjektene. I denne sammenheng er Q-metoden et vanlig verktøy til å bestemme sikringsklasser.
- Geofysiske undersøkelser utføres i tilfeller med løsmasseoverdekning eller ukjente geologiske forhold og usikker bergoverdekning. I valg av metode vil refraksjonsseismikk være et naturlig alternativ. I undersjøiske tunnelprosjekter vil dette verktøyet bli brukt i særlig grad.
- Kontrollomfang tar utgangspunkt i *Norsk Standard NS3480 Geoteknisk prosjektering*. Denne forskriften legger føringer for hvilke krav som stilles til undersøkelsesarbeidene og er viktig for å bestemme riktig prosjektklasse.

Et annet synspunkt om hva som er hensikten med å utføre undersøkelser for bygging av tunneler og bergrom er å ”fremskaffe tilstrekkelig grunnlag/informasjon/data for å kunne planlegge og vurdere konsekvensene ved gjennomføring av et berganlegg” (Palmstrøm et al., 2003, s. 9). Dette kan innebære valg av trasé og andre beliggenheter gitt av forutsetningene.

Innvirkning på miljø og bebyggelse, opplegg og byggemetoder, og kostnads- og byggetidsberegninger er andre momenter som påvirkes av resultatene fra forundersøkelsene. (Palmstrøm et al., 2003)

Figur 3.2 illustrerer hvilke grunnforhold det kan være interessant å innhente informasjon om i et tunnelprosjekt.



Figur 3.2 Typiske forhold det kan være interessant å utføre grunnundersøkelser på for å avdekke potensielle problemer som kan oppstå under driving (Palmstrøm et al., 2003, s. 9)

NFF (2010b) antyder forhold som påvirker mulighetene for valg av forundersøkelse:

- Lokale grunnforhold og vanskelighetsgrad. Innebærer geologi, tilgjengelighet til undersøkelsesområdet, topografi og overdekning.
- Type prosjekt med tanke på sikkerhets- og stabilitetskrav, krav til levetid og omgivelser.
- Hvorvidt man befinner seg i planleggingsfasen, eller i starten av drivefasen.
- Kontraktform med fordeling av ansvar og interesser.

Tabell 3.1 på neste side gjengir en tabell om ingeniørgeologiske undersøkelser i Nilsen og Broch (2011, s. 118). Denne viser hvilke undersøkelser som typisk blir gjennomført i de forskjellige fasene av et underjordisk anleggsprosjekt.

TBA4935 Anleggsteknikk, masteroppgave - Byggetid for vegtunneler

Tabell 3.1 Hovedstadier av ingeniørgeologiske undersøkelser (Nilsen og Broch, 2011, s. 118)

Forundersøkelser (Berget er ikke åpnet)		Etterundersøkelser (Berget er åpnet)	
Preliminære undersøkelser	Detaljundersøkelser i felten	Detaljundersøkelser i anlegget	Sluttkartlegging
Planleggingen på skissestadiet	Planleggingen fullføres. Anbudsdokumenter klargjøres.	Byggingen påbegynnes og gjennomføres.	Byggingen avsluttes. Anlegget klart til bruk.
Studier av eksisterende litteratur, kart og flybilder. Fremskaffing av evt. Ingeniørgeologiske og/eller geotekniske rapporter fra området. Befaring av nøkkelpunktet (påhugg, liten overdekning, utslag i vann etc.).	Ingeniørgeologisk kartlegging basert på flyfotostudier og feltbefaringer. Utførelse av spesialundersøkelser som boringer, seismikk, spenningsberegninger etc. Laboratorieanalyser, bergartenes borbarhet, sprengbarhet og anvendbarhet.	Supplerende undersøkelser som spenningsmålinger, boringer fra tunnel etc. Prøvetaking og analyse av sleppemateriale (og evt. bergarter) i lab. Kontroll og revisjon av rapporten fra forundersøkelsene.	Registrering av de geologiske forhold i anlegget. Beskrivelse av alle utførte sikringsarbeider, inkludert tidspunkt og evt. vanskeligheter med utførelsen. Vurdering av driftsresultatene.
<u>Foreløpig rapport:</u> Oversikt over geologiske og bergtekniske forhold. Vurdering av mulighetene for å gjennomføre de forskjellige alternativ. Plan og kostnadsoverslag for detaljundersøkelser. Behov for kart og flybilder.	Rapport som beskriver de forskjellige geologiske og topografiske forhold innvirkning på byggingen og bruken av anlegget. (Bergartene, oppsprekningen, svakhetssonene, vann- og spenningsforholdene. Bruk av massene vurderes.	Revisjonsrapporter. Fastlegging av midlertidige sikringstiltak etter hvert som anleggsarbeidene skrider frem. Utarbeidelse av plan for de permanente sikringstiltak.	Sluttrapport med tunnelkart og oversikt over sikringsarbeider. Vurdering av de utførte ingeniørgeologiske undersøkelser.

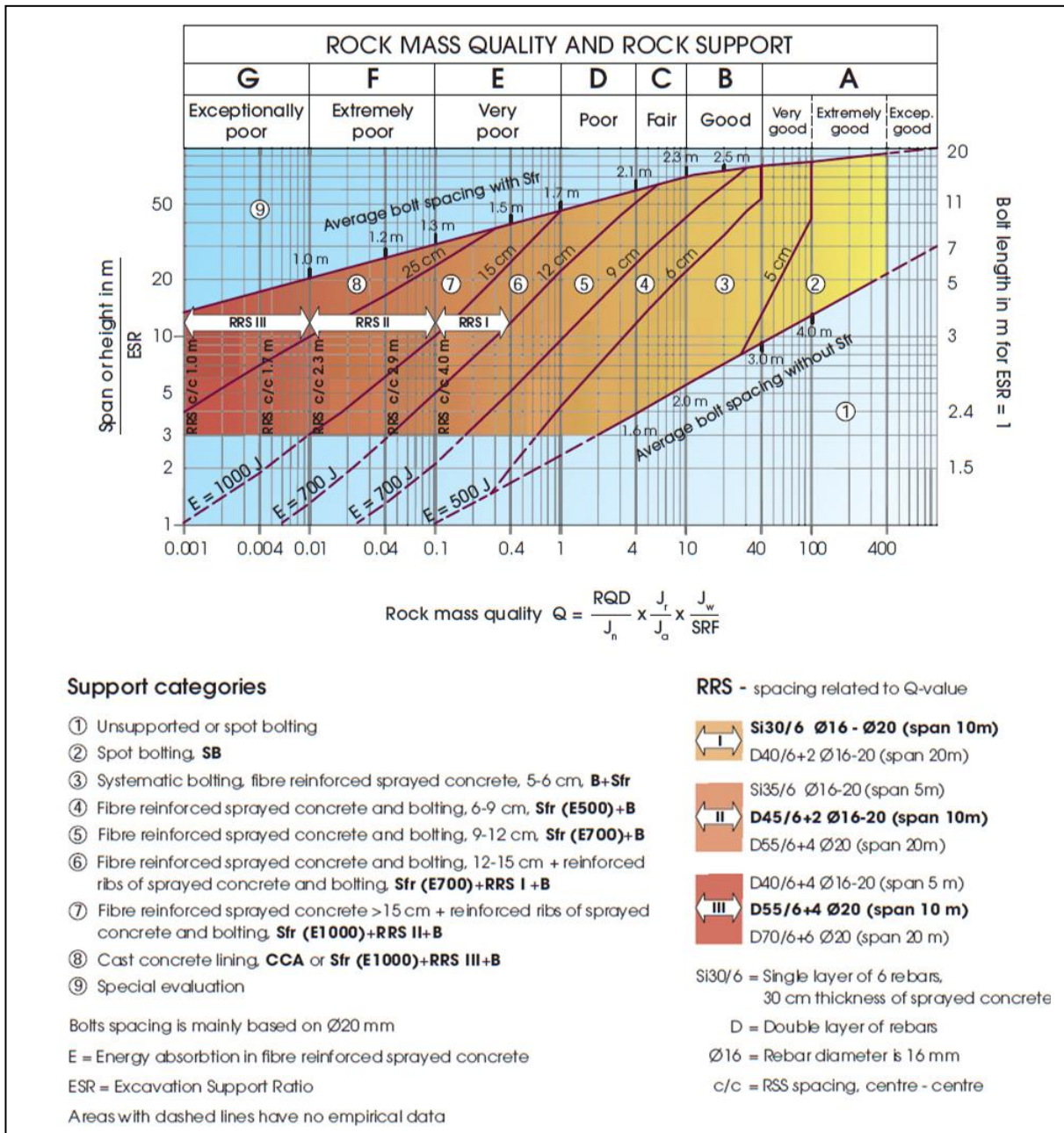
Momentene i Tabell 3.1 kan deles inn i to hovedsituasjoner. Det ene scenarioet er at berget ikke er åpnet. I slike tilfeller må den meste av kartleggingen vurderes ut fra observasjoner og målinger i dagen. Disse undersøkelsene kan plasseres under begrepet forundersøkelser. Det andre scenarioet er at berget er åpnet. Fra disse åpningene i berget vil bergmassene være tilgjengelige for inspeksjon innenfra. Disse undersøkelsene kan plasseres under begrepet etterundersøkelser. (Nilsen og Broch, 2011)

Palmstrøm et al. (2003, s. 25) viser til eksempler på hvilke forhold som kan påvirke unøyaktighet i forbindelse med tolkninger av informasjon fra ingeniørgeologiske forundersøkelser:

- Flattliggende strukturer, fordi de generelt er vanskelige å påvise under overflaten.
- Komplisert geologi medfører ofte større usikkerhet/unøyaktighet i berggrunnens beskaffenhet og krever derfor økt innsats av undersøkelser.
- Forekomst av løsmasser eller tett vegetasjon som skjuler geologien i overflaten.
- Forvitring av bergartene i overflaten, fordi forholdene her ikke er representative for berggrunnen under dagfjellsonen.
- Forekomst av bergarter med spesielle anleggstekniske egenskaper (skifre, kvartsitter, omdannende (leirholdige) bergarter).
- Opptreden av vannførende soner og lag.
- Kjerneboring gjennom partier der det er kjernetap eller der finmateriale vaskes ut under boringen.

3.2.2 Q-metoden

Q-metoden tar utgangspunkt i modellen, vist i Figur 3.3. Forklaring på alle de forskjellige parametrene i figuren er under skisseringen.



Figur 3.3 Fremstilling av hvordan man kan bestemme Q-verdi basert på en hel rekke parametere, oppdatert utgave av 2013 (NGI, u.å.)

I tillegg til forklaringen i Figur 3.3 beskriver NGI (u.å.) til hvilket bruk Q-metoden er tiltenkt. Seks forskjellige bergparametere brukes til å anslå en såkalt Q-verdi. Denne verdien sier noe om kvaliteten på bergmassen. Kvaliteten på den aktuelle bergmassen gir en pekepinn på hvor mye sikring som er nødvendig for å gjøre bergkonstruksjonen selv bærende. Ved å se på liknende tilfeller fra andre steder man har klassifisert ved hjelp av Q-metoden, kan man foreslå en liknende sikringsmengde. Det er nødvendig å foreta løpende undersøkelser etter hvert som fremdriften i undergrunnsanlegget skrider frem. Dette grunnet bergets variasjon i Q-verdi. Nytt utstyr og nye sikringsmetoder ser fortløpende dagens lys. Dermed er parametrene som bestemmer Q-verdi flytende over tid. Et eksempel på teknologi som krevde endring i Q-verdi systemet var introduksjonen av armerte sprøytebetongbuer som effektiviserte sikringsprosessen i vanskelige partier under driving.

Nilsen og Broch (2011) presenterer den samme metoden som vist i Figur 3.3. Her beskrives også hva de ulike parametrene representerer, se Formel 3.1.

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF}$$

RQD = Oppsprekkingstall

J_n = Antall sprekkese

J_r = Sprekkeflatens ruhet

J_a = Sprekkematerialets styrke

J_w = Sprekkevannsmengde og -trykk

SRF = Bergspenningsfaktor

Formel 3.1 Q-verdi (Nilsen og Broch, 2011, s. 208-210)

Parametrene får fastsatt en verdi ut i fra en tabell, hvor vurderingen skjer på subjektivt grunnlag. Verdien som fremkommer av Formel 3.1 leder til at man får en anbefaling ut i fra Figur 3.3. Q-metoden er mye brukt i norsk sammenheng, og det henvises ofte til den i annen litteratur innenfor bergsikring. (Nilsen og Broch, 2011)

Nilsen og Broch (2011) deler klassifikasjonssystemet inn i to hovedbruksområder. Det første bruksområdet er en ren klassifisering av bergmassekvalitet. Det er generelt enighet om at Q-systemet er et nyttig hjelpemiddel til et slikt formål. Det andre bruksområdet innebærer anvendelse av systemet som hjelpemiddel ved valg av sikringstiltak. På dette punktet er man mer uenig om hvorvidt systemet representerer den beste løsningen. Nilsen og Broch (2011, s. 212) viser til tre innvendinger som ofte fremheves mot systemer av samme type som Q-systemet:

- Parametrene som inngår i klassifikasjonssystemet er vanskelige å tallfeste.
- Systemene tar ikke hensyn til alle forhold som har betydning for stabiliteten.
- Metoden er konserverende av natur, den er basert på at sikring skal utføres på samme måte som tidligere.

Likevel må det fremheves at Q-systemet utvilsomt er det mest anvendelige av de generelle klassifikasjonssystemene. Det baseres på et empirisk grunnlag med det desidert største datagrunnlaget. Av denne grunn er det også nødvendig med revisjoner av disse systemene for å kompensere for aktuelle nyvinninger innen for eksempel sikring som endrer premisene for arbeidene som utføres. (Nilsen og Broch, 2011)

Beskrivelsen av Q-systemet og refleksjoner rundt dets bruksområder og formål bekreftes i NFF (2010b). Her omtales Q-systemet som det mest anvendte verktøyet for bergmasseklassifisering i Norge.

3.2.3 Forundersøkelser før kontraktsinngåelse

I tidligere deler av kapittelet har typiske metoder og forhold knyttet til forundersøkelser blitt beskrevet. Det ønskes nå å sette disse i sammenheng med relevante prosesser tidlig i et vegtunnelprosjekt. For alle planer og rapporter knyttet til forundersøkelser er det særdeles viktig at ”Det skilles mellom måleresultater, faktiske observasjoner og tolkninger” (SVV, 2010b, s. 10).

Vurdering av gjennomførbarhet

SVV (2010b) sier at de tidligste forundersøkelsene, i idéfasen av et vegprosjekt, skal gi et grunnlag for å vurdere geologiske forhold, og hvordan disse påvirker gjennomførbarheten av prosjektet. Supplerende informasjon finnes i Tabell 3.1 i kolonnen som omhandler preliminære undersøkelser. Her er det spesielt viktig å danne seg en forståelse av regionalgeologiske forhold. SVV (2010b, s. 8) nevner to vurderinger som skal inngå:

- Lokalisere egnede tunnelstrekninger.
- Kartlegge hvilke områder som kan være kritiske for kostnader og sikkerhet og dermed gjennomførbarheten av de alternative tunnelstrekninger.

Oversiktsplan

Oversiktsplan (fylkes-/kommunedelplan) skal utredes ved neste plannivå, og skal danne det geologiske grunnlaget for valg av veglinjealternativ. Her skal forundersøkelsene baseres på tidligere forundersøkelser, altså de som er utført ved vurdering om gjennomførbarhet. SVV (2010b, s. 9) skriver hva en slik plan minimum skal inneholde, men her gjengis bare hovedpunktene med noen eksempler:

- Kartlegging ved bruk av beste tilgjengelige kartgrunnlag. På basis av disse kartlegges løsmasser og berg i dagen, svakhetssoner og strukturetninger i berget.
- Felt- og grunnundersøkelser. For eksempel kartlegging av geologiske forhold slik som bergarter, bergoverdekning og sprekke mønstre. Samt undersøkelser vedrørende mulige deponier, skredfare og kvalitet på steinmateriale (mtp. eventuell bruk i vegbygging).

Figur 3.2 viser flere av forholdene som nevnes i forbindelse med oversiktsplanstadiet. Hovedsakelig er formålet med oversiktsplanen at det skal sikres at de tekniske løsningene som foreslås er gjennomførbare og at den kan fungere som et grunnlag for mengdeanslag (SVV, 2010b).

Reguleringsplan

I reguleringsplanfasen skal det undersøkes og vurderes i detalj tunnelens innvirkning på influensområdet. De fleste undersøkelser skal være gjennomført ved fullført reguleringsplanfase. Viktige prosesser som må gjennomgås og utføres i reguleringsplanfasen er gitt i SVV (2010b, s. 10):

- Gjennomgang av resultater fra tidligere undersøkelser.
- Planlegging og utførelse av flere grunnundersøkelser, og verifikasjon av tidligere beslutninger.
- Grenser for tillatte rystelser må fastsettes, samt opprettelse av måleprogram for oppfølging.
- Vurdering av forhold som omfatter grunnvann, poretrykk og setninger og hvilken innvirkning disse kan ha på omgivelsene.

Geologisk og geoteknisk rapport for konkurransegrunnlag

Undersøkelsene fra oversiktsplanen sammen med undersøkelsene utført for reguleringsplanen danner grunnlaget for prosjektering og utarbeidelse av kontraktgrunnlag. Under prosjekteringen kan det være aktuelt med supplerende grunnundersøkelser, enten for å bekrefte mengdeanslagene fra oversiktsplan eller som følge av andre forhold som avdekkes. På grunnlag av foreliggende undersøkelser skal det utarbeides en egen geologisk og geoteknisk rapport for konkurransegrunnlaget. (SVV, 2010b)

Denne rapporten inneholder en faktadel og en tolkningsdel. Faktadelen skal gi relevante opplysninger, og tolkningsdelen gir geologiske vurderinger. Kvaliteten på denne rapporten er avgjørende for at prosjektgjennomføringen skal holde seg innenfor de økonomiske rammene som er fastlagt (Palmstrøm et al., 2003). Palmstrøm et al. (2003, s. 34) viser hva entreprenøren ønsker størst mulig kunnskap om fra en slik rapport:

- Hvilke bergarter påtreffes?
- Opptreden av mulige knusningssoner og kryssende bergartsgrenser.
- Borsynk og brytning.
- Mulige strekninger med bore- og ladevansker.
- Sannsynligheten for å påtreffes vann som skaper driftsproblemer og økte sprengstoffkostnader.
- Krav til lekkasje og omfang av injeksjonsarbeider.
- Omfang av fjellbolter, sprøytebetong og utstøpning.

Rapporten skal som tidligere nevnt være en del av anbudgrunnlaget, og utbygger må derfor stå ansvarlig for informasjon som fremkommer i rapporten. At utbygger er ansvarlig for grunnforholdene er typisk i den norske kontraktmodellen, og vil bli nærmere omtalt i Kapittel 3.5. Hensikten med rapporten er at den skal synliggjøre risiko og gi et godt grunnlag for prising av mengder. Utbygger må her utforme tilbudet slik at byggetiden i prosjektet står i forhold til de sikringsbehov som fremkommer av rapporten. (Palmstrøm et al., 2003)

Videre nevner Palmstrøm et al. (2003, s. 35) hvilke krav som bør stilles til rapporten:

- Den skal gi entreprenøren et grunnlag for egne vurderinger og tolkninger av geologiske forhold.
- Anbudets sikringsmengder må bygge på rapporten.
- All tilgjengelig informasjon må fremlegges, både faktisk data og tolkninger.
- Det må gis en karakterisering av grunnforholdene som tillater sammenlikning med hva man erfarer.
- Den bør inneholde tolkninger/vurderinger angående spesielle forhold, eller omtale forhold som undersøkelsene eventuelt ikke har påvist eller kan påvise.
- Påpeking av usikkerheter eller spesielle risikovurderinger.

Ved oppfølging av samtlige punkter vil det dannes en god total oversikt over risiko i prosjektet, og gi de utførende best mulig grunnlag for en presis estimering av kostnader og tidsbruk.

3.2.4 Konsekvenser av feil og mangler i geologisk og geoteknisk rapport

Feil og mangler i undersøkelsene, og dermed i rapporten, kan få store konsekvenser for et vegtunnelprosjekt. Først av alt kan det føre til at utbygger må gjøre flere egne antakelser, samt kan også misvisende eller manglende informasjon føre til feiltolkninger. Det direkte utfallet av dette vil være feil prising i tilbudet. Dette kan føre til økte kostnader for prosjektet, opptil hundretalls millioner kroner. Samt kan det sies at eventuelle tilleggsundersøkelser vil føre til tilleggskostnader; i størrelsesorden tusener til millioner kroner. (Palmstrøm et al., 2003)

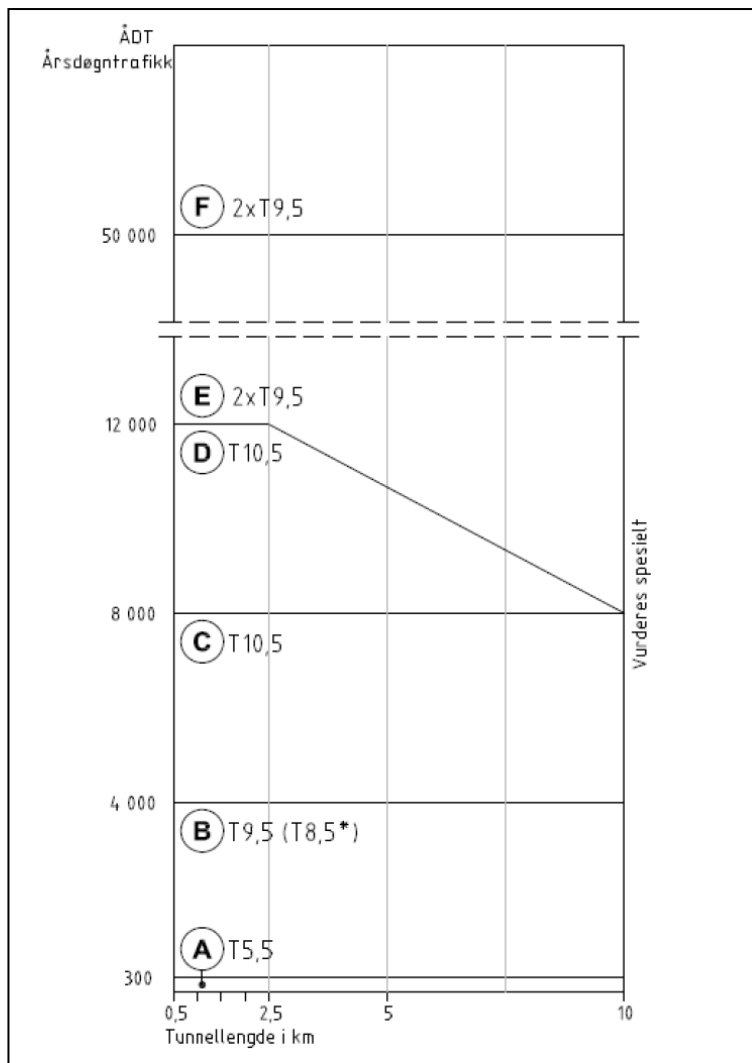
I noen tilfeller vil entreprenør være klar over manglende kvalitet i den geologiske og geotekniske rapporten, og dermed forstå at prosjektet innebærer høyere risiko enn beskrevet. Dette kan føre til at entreprenør tyr til taktisk prising eller innarbeider diffuse forhold for å dekke den tilstedeværende risikoen. Palmstrøm et al. (2003, s. 34) gir flere mulige sluttresultater som følge av slike forhold, samt feil prising:

- For lav eller for høy anbudssum.
- Tapsprosjekt for entreprenøren.
- Kostnadsoverskridelse for byggherren.
- Forsinket ferdigstillelse.
- Tvistesaker.

Det hevdes i den samme publikasjonen at ingeniørgeologiske rapporter fram til i dag ofte har vært lite konkrete når det gjelder å gi entreprenøren nødvendige opplysninger for å redusere risikoelementer knyttet til driftsforhold og sikringsarbeider. Samtidig kommer det frem at forskjellige former for faglig gjennomgang begynner å bli mer vanlig, særlig under utførelse, ved hjelp av referansegrupper og ulike spesialister. Feil og mangler kan bli oppdaget gjennom grundig rapportering gjennom hele prosjektprosessen, samt god intern kontroll og uavhengig kontroll. Det anbefales at det i større grad bør rettes et fokus mot rapportering i alle trinn. De potensielle besparelsene ved å øke kontroll og kvalitetssikring er langt større enn de nødvendige kostnadene. (Palmstrøm et al., 2003)

3.3 Typiske tunnelforhold

Med typiske tunnelforhold menes dimensjoner, tunneltype, driveform og andre forhold som definerer hvert enkelt prosjekt. Dette avsnittet skal gi en kort presentasjon av standardløsninger for vegtunnelbygging basert på SVV (2010b) sine formuleringer og detaljerte beskrivelser.



Figur 3.4 Tunnelklasse bestemt av ÅDT, tunnellengde og tunnelprofil (SVV, 2010b, s. 29)

Et viktig moment ved avgjørelse om dimensjonering av tunnelverrsnitt er ÅDT, se Figur 3.4. Det skal dimensjoneres for trafikkmengden som kan forventes etter at tunnelen har vært i drift i 20 år. Ved spesielle behov kan det vurderes nødvendig med profiler større enn T10,5. (SVV, 2010b)

Areal av teoretisk sprengningsprofil, buelengde til normalprofil og tunnelbredde er blant dimensjonerende verdier for mengdeberegning, tidsbruk og valg av utstyr. Tunnelprofil med tunnelbredde mellom T5,5 og T14 utformes med sirkulært profil over kjørebanelivå. Profiler med mindre bredde har rette vegger, men er gjerne for små til å være egnet til vegtunnelbygging. Blant andre krav er fri takhøyde, rom for diverse installasjoner og rømningsveger. (SVV, 2010b)

Stufflengde, angrepspunkter og vurdering av muligheter for vekseldrift styres av tilgjengelighet og mulighet for tverrslag og tilløpsstunnel. I tillegg kan tilgang på utstyr og tilgjengelig arbeidskraft også være en avgjørende faktor. Andre forhold som kan være med på å bestemme hvilke valg som tas i forbindelse med drivemåte er gitte tidsfrister, krav om massebalanse eller best mulig disponering av tilgjengelige ressurser. Restriksjoner om begrenset aktivitet ved aktuelle områder på anlegget kan også bidra til tilpasset ressursbruk. (Gjelsten et al., 2014)

For nisjer har SVV (2010b) regler for hyppighet og utforming. Tunnelklasse A har eventuelt bare enkle møteplasser. Fra tunnelklasse B til D vil kravet til normalavstand mellom henholdsvis havarinisjene og snunisjene minke. For tunnelklasse E og F, som er 2-løps tunneler, vises den samme tendensen. Se Figur 3.4 for bestemmelse av tunnelklassene omtalt i dette avsnittet.

3.4 Anbud

Byggherrens prosjektering ender i et konkurransegrunnlag som blir det førende dokumentet i en anbudskonkurranse og videre ut i produksjonen. Konkurransegrunnlaget gir entreprenørene informasjonen de trenger til å utarbeide et tilbud. Det er dette dokumentet som fastsetter tidsrammene for prosjektet, og legger grunnlag for fremdriftsplanlegging hos entreprenør. (Fjelldal og Moe, 2009)

Videre i kapitlet vil det bli sett nærmere på konkurransegrunnlaget, samt at anbudsprosessen omtales.

3.4.1 Konkurransegrunnlag

Konkurransegrunnlaget utarbeides ved hjelp av Statens vegvesen Vegdirektoratets *Håndbok 066 Retningslinjer for utarbeidelse av konkurransegrunnlag*. Denne håndboken har som hensikt å standardisere og forenkle utarbeidelsen av konkurransegrunnlag innenfor Statens vegvesens prosjektområder. Konkurransegrunnlaget er basert på *NS 3450 Prosjektdokumenter for bygg og anlegg (4. utgave januar 2006)*. (SVV, 2010c)

Konkurransegrunnlaget består av fem hoveddeler (SVV, 2010c):

A – Prosjektinformasjon

Til å starte med finner vi del *A1 – Dokumentliste*, som gir en oversikt over hva anbudsdokumentet inneholder. Deretter finner man dokumentet *Innbydelse til anbudskonkurransen* i del *A2*. Videre presenteres prosjektet i *A3 – Orientering om prosjektet*. Den inneholder en kortfattet beskrivelse av arbeidenes art og omfang som grunnlag for en økonomisk og tidsmessig vurdering, samt entreprisform og kontraktstype. *Punkt 3* i *A3* er særdeles interessant ettersom den gir tidspunkt for igangsettelse, delfrister og ferdigstillingsfrist.

B – Konkurranseregler og kvalifikasjonskrav

Denne delen inneholder stort sett juridiske dokumenter. Blant disse dokumentene finnes *B1 - Konkurranseregler* og *B3 - Krav til tilbud og spesielle konkurranseregler*. Disse fastsetter lover og regler som gjelder under tilbudsfasen, tilbudets utforming og tidsfrister i fasen. I tillegg nevnes forhold rundt taktisk prising. Dokumentet *B2 - Krav til tilbyders kvalifikasjoner* gir klare retningslinjer til hva Statens vegvesen krever at tilbyder skal fremvise. Her inngår økonomiske forhold i selskapet, referanseprosjekter, gjennomføringsevne ved å se på organisering, nøkkelpersoner og HMS-verdier.

C – Kontraktsbestemmelser

Her finner man de alminnelige kontraktsbestemmelsene i dokument *C1*, hvor *NS 8406:2009 Forenklet norsk bygge- og anleggskontrakt* blir brukt. Etterfulgt av *C2 - Spesielle kontraktbestemmelser for Statens vegvesen* og *C3 - Spesielle kontraktsbestemmelser*. De to sistnevnte inneholder punkter knyttet til blant annet:

- personell (lønnsvilkår, arbeidsvilkår etc.)
- byggemøter og samarbeidsmøter
- kvalitetssikring (kvalitetsplan, avviksmelding etc.)
- priser, fakturering og betaling
- HMS (SHA-plan, risikovurdering etc.)

Spesielt interessant innenfor temaet byggetid er punktene som omhandler samhandlingsprosessen i begge dokumentene, samt *Punkt 6* og *Punkt 7* i *C3*, som henholdsvis omhandler krav til fremdriftsplan og regulering av tidsfrister for tunnelarbeider (ekvivalenttidsregnskap). Disse vil bli beskrevet i senere kapitler.

Den siste delen av kontraktsbestemmelsene, *C4 Avtaledokument*, gir en mal for avtaledokumentet som etableres mellom partene. Det inneholder for eksempel kontraktssum, tidsfrister og informasjon om mulkt.

D – Beskrivende del

Denne delen av kontraktgrunnlaget begynner med en beskrivelse av prosjektet i del *D1*. Her presenteres beskrivelser av aktivitetene som skal foregå, samt tilknyttede mengder. Dette er en detaljert beskrivelse, og utformes ved hjelp av Statens vegvesens prosesskoder.

Prosesskode 1 vil bli omtalt i Kapittel 3.5. Del *D2* inneholder tegninger og supplerende dokumenter til beskrivelsen. Her inngår:

- grunnlagsdata
- modellgrunnlag
- tegningsgrunnlag
- geotekniske og geologiske rapporter
- SHA-plan
- skjemaer

E – Svardokumenter

Denne delen av konkurransegrunnlaget inneholder maler og anbefalinger til entreprenørens svar dokumenter. De fem delene vises i punktlisten, og dokumentnavnene er selvforklarende:

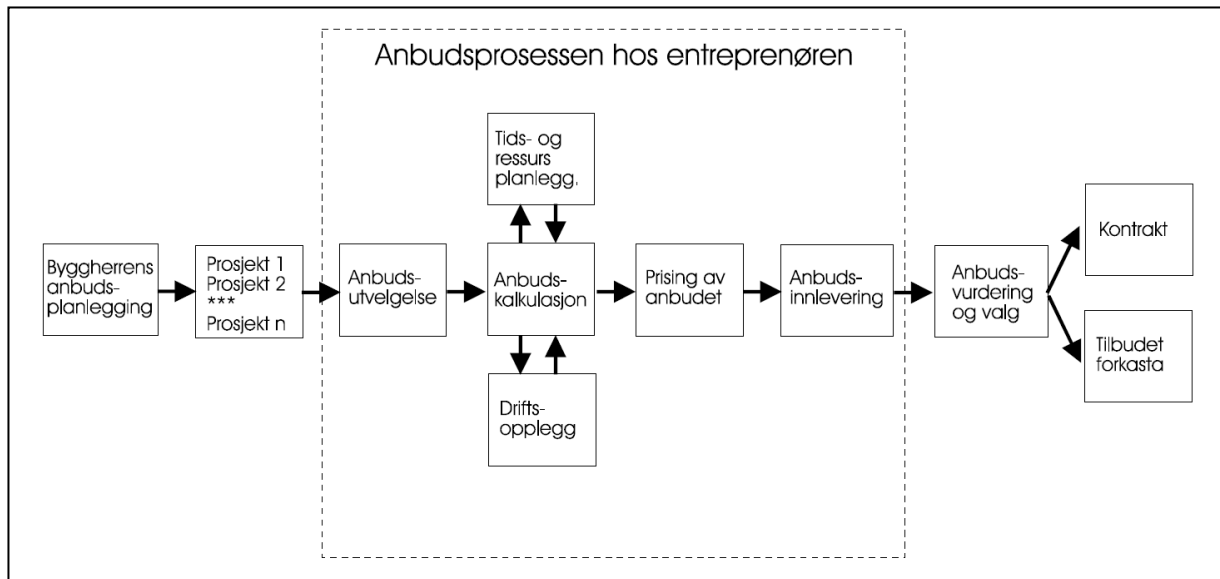
- *E1 Dokumentasjon fra tilbyder.*
- *E2 Firmaopplysninger for vurdering av tilbyders kvalifikasjoner.*
- *E3 Beskrivelse med utfylte priser.*
- *E4 Prisskjema: Timepriser for mannskap og maskiner.*
- *E5 Tilbudsskjema.*

3.4.2 Anbudsprosessen

Siden Statens vegvesen er en offentlig byggherre vil et nytt vegtunnelprosjekt mest sannsynlig bli kontrahert ved åpen eller begrenset anbudskonkurranse, ettersom dette kreves for bygg- og anleggsprosjekter hvor anskaffelsesverdien er over 40 MNOK (Lovdata, 2006). En åpen anbudskonkurranse vil være åpen for alle entreprenører som oppfyller gitte kvalifikasjonskrav, mens i en begrenset anbudskonkurranse vil byggherre invitere aktuelle entreprenører (Fjelldal og Moe, 2009). Konkurranse med forhandling kan i tillegg gjennomføres ved lavere verdier (Lovdata, 2006). Denne kontraheringsformen kan være nyttig i prosjekter hvor det kreves stor grad av nyskaping, eller i tilfeller hvor det er få leverandører i markedet (Lædre, 2009a). Lædre (2009a) nevner samtidig at en del offentlige byggherrer alltid foretrekker å bruke anbudskonkurranse, selv under terskelverdien. Dette grunnet i prinsippene om at konkurranse og likebehandling blir fulgt, og at man dermed unngår diskriminering av tilbydere.

Når et konkurransegrunnlag for et tunnelprosjekt er ferdig utformet blir det lagt ut på anbud. Anbudene legges normalt ut på Doffin, en norsk nettbasert database for kunngjøringer av offentlige anskaffelser. Formålet med kunngjøringsbasen er blant annet å sikre konkurranse og åpenhet om oppdragene, samt å tilgjengeliggjøre relevant statistikk i offentlig sektor (DIFI, u.å.). Ønsket er at entreprenører skal komme med tilbud, hvor det kreves tilfredsstillende faglig, teknisk og økonomisk grunnlag for å oppfylle kvalifikasjonskrav. Entreprenørene regner på de samme mengdene i konkurransegrunnlaget, men prisene dem i mellom varierer. (Fjelldal og Moe, 2009)

Figur 3.5 fra Fjelldal og Moe (2009) viser de viktigste delene av en anbudsprosess for entreprenør, hvor koblinger til byggherren er vist utenfor den stiplede boksen. Entreprenøren må under anbudskalkulasjonen kartlegge bedriftens inntektsmuligheter, kompetanse og ressurstilgang innad i organisasjonen og andre aspekter slik som kundeforhold og markedsvurderinger. (Fjelldal og Moe, 2009)



Figur 3.5 Anbudsprosessen (Fjelldal og Moe, 2009, s. 5)

Ved tilbudsfrist skal tilbudene innleveres i henhold til konkurransereglene i konkurransegrunnlaget. Deretter vil byggherre vurdere og evaluere tilbud. Etter en grundig gjennomgang av kvaliteten på tilbudene vil kontrakten tildeles på grunnlag av lavest pris eller økonomisk mest fordelaktig tilbud. (SVV, 2010c)

3.5 Kontrakt

Dette kapittelet har hovedsakelig tatt utgangspunkt i Fossberg (2012) *Sharing of risk in Norwegian road tunnelling contracts*. Gisle Alexander Fossberg er ansatt i byggherreseksjonen i Vegdirektoratet, med ansvarsområde innenfor kontraktshåndtering. Artikkelen beskriver kontraktsforhold i Statens vegvesens tunnelprosjekter, med utgangspunkt i konvensjonell driving, anbudskonkurranse og enhetspris som kontraktstype. (Fossberg, 2012)

Statens vegvesen ser på bergmassen som et konstruksjonsmateriale, som utformes ved driving. Det er derfor nødvendig å undersøke kvaliteten på bergmassen, og deretter kunne utfylle svakhetene ved hjelp av bergsikringsmetoder. Gjennom forundersøkelser har byggherre fått et relativt nøyaktig estimat på sikringsbehovene, som deretter er kvantifisert i mengdebeskrivelsen. I produksjonen utføres det undersøkelser på stoff etter hver salve, også kalt byggherrens halvtime. Informasjonen fra slike undersøkelser er det viktigste og mest håndfaste man har for å bestemme reelle sikringsbehov. Dette medfører at de utførte sikringsmengdene ikke alltid vil stemme overens med de prosjekterte. (Fossberg, 2012)

For å håndtere problemer knyttet til mengdeendringer når det gjelder driving og sikring, har Statens vegvesen utviklet en fleksibel kontraktstype. Grøv (2012) sier at opprinnelsen for denne kontraktstypen kommer fra den store aktiviteten innen vannkraftutbygging mellom 1960- og 1980-tallet. Her ble normalen å bruke enhetspriskontrakter og ekvivalenttidssystem, og å fordele ansvaret på følgende måte (Grøv, 2012):

- **Grunnforhold**
 - Det er eier som har valgt lokasjonen, og er ansvarlig for grunnforholdene. Byggherre er ansvarlig for undersøkelser knyttet til geologiske og geotekniske forhold, og resultatene av dem. Hvis de viser seg å være unøyaktige, skal dette være byggherres problem.
- **Utførelse**
 - Entreprenøren er ansvarlig for at arbeidet utføres på en effektiv måte, i henhold til tekniske beskrivelser og tidsfrister. Entreprenør får betalt for utført arbeid i henhold til de prisene gitt i kontrakten. Utførende vil bli betalt for økning i utførte mengder, samt vil tidsrammen forlenges. Ved mengdereduksjon vil byggherre spares kostnadene, og aktuelle tidsfrister fremskyndes. Regulering av tidsfristene bestemmes ved hjelp av ekvivalenttider (standard kapasiteter).

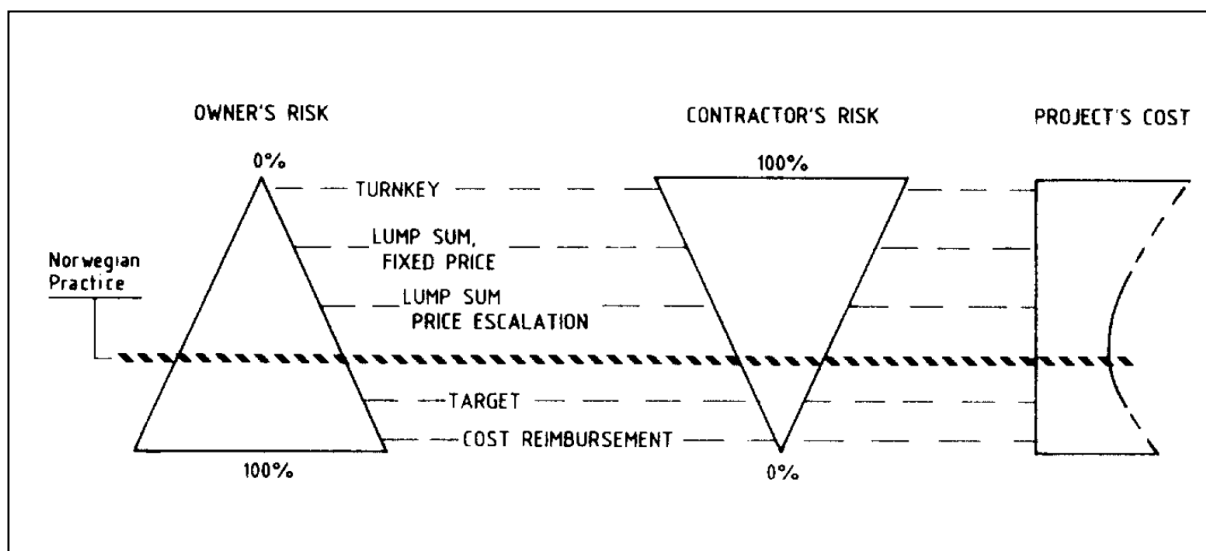
Videre i kapittelet vil andre forhold tilknyttet kontraktsforholdet mellom byggherre og entreprenør bli beskrevet, samt vil mengdebeskrivelsen og ekvivalenttidsregnskap bli nærmere omtalt. Dette for å belyse hva total byggetid baseres på, og hvordan endringene som opptrer underveis i et tunnelprosjekt blir behandlet når det gjelder tid og fremdrift.

3.5.1 Kontraktstype

Det ble tidligere sagt at den norske kontraktstypen ble utviklet gjennom de mange vannkraftsprosjektene mellom 1960- og 1980-tallet. Systemet er en særegen norsk måte å utføre underjordiske prosjekter på (Grøv, 2012). Grøv (2012) skriver at systemet for første gang ble definert av Kleivan (1989), som innførte begrepet *NoTCoS: The Norwegian Tunnelling Contract System*. Kleivan (1989) sier at en slik ansvarsfordeling med enhetspriskontrakt og ekvivalenttidssystem er trodd å minimere både kostnader og tidsbruk under utførelsen av tunnelprosjekter, samt i ettertid. Dette begrunnes blant annet ved (Kleivan, 1989):

- Usikkerheten når det gjelder drivings- og sikringsmengder i kontrakten er relativt høy ved kontraktsinngåelse. Hvis utførende skal ta på seg alt ansvar, vil prisen på arbeidet bli langt høyere, enn ved tidligere forklart ansvarsfordeling. Prisen vil mest sannsynlig overgå den reelle kostnaden, og gi eieren mindre verdi for pengene ved ferdigstilt prosjekt. Samtidig vil det være en større mulighet for at utførende kan gå konkurs ved særdeles ugunstige grunnforhold. Dette vil også kunne virke negativt inn på eierens økonomi.
- En etterfølgende rettssak mellom byggherre og utførende er både kostbar og tidkrevende, og vil i størst grad være lønnsom for advokatene. I Karlsen og Kleivan (1989) blir det skrevet at (fritt oversatt) ”Dette kontraktssystemet har gitt lave tunnelkostnader for begge parter, i et ellers dyrt land, og bidratt til å holde advokatene ute av tunnelene”. Kleivan (1989) sier at for de 2 600 kilometer av tunnel bygget i Norge siden kontraktssystemet ble vanlig gjennomføringsmodell, har det ikke vært ett eneste tilfelle av rettssak eller voldgiftssak knyttet til endrede grunnforhold. Det er uvisst om situasjonen fra 1989 og frem til i dag er den samme.

Figur 3.6 viser typisk ansvarsfordeling ved forskjellige kontraktstyper, og hvordan de er antatt å virke inn på prosjektkostnaden (Kleivan, 1989). Det vises at den norske kontraktstypen er en krysning av en sumkontrakt og en enhetspriskontrakt, hvor byggherre sitter med største del av usikkerheten. Kleivan (1989) antar at dette er den mest lønnsomme kontraktstypen for tunnelarbeider.



Figur 3.6 Ansvarsfordeling og kostnad med hensyn på kontraktstype (Kleivan, 1989, s. 44)

Lædre (2009a) sier at sluttoppgjøret i enhetspriskontrakter beregnes ut fra medgåtte mengder og de på forhånd fastsatte enhetsprisene. I en sumkontrakt kan mengdene justeres etter endringer og prisene reguleres etter lønns- og prisstigning. Videre sies det at ansvarsfordelingen er meget lik i de to kontraktstypene, ved at byggherre har ansvar for usikkerheten knyttet til mengdene. I en enhetspriskontrakt har leverandør ansvar for usikkerhet knyttet til pris, mens leverandøren har ansvar for usikkerhet knyttet til produktivitet i en sumkontrakt. Lædre omtaler enhetspriser videre:

Enhetspriser gir en mer forutsigbar sluttsum enn regningsarbeid, og kan være greit hvis byggherren vet hvilke enheter som skal være med uten å kjenne de eksakte mengdene.... Byggherren slipper at leverandøren beregner risikopremie for å ha ansvaret for mengdene, men det vil alltid være muligheter for taktisk prising. Leverandøren kan prise noen elementer høyt og andre lavt, og deretter arbeide for en økning i mengden av de høyt prisede elementene og en reduksjon i mengden av de lavt prisede elementene.

Lædre (2009a, s. 87-88)

Regningsarbeid ble nevnt i sitatet, og er det som kalles *Cost reimbursement* i Figur 3.6.

Lædre (2009b, s. 2) er brukt når det gjelder punktet som omhandler juridisk etterarbeid tidligere i kapitlet. Lædre skriver at manglende prosjektering fører til feil og mangler, og manglende usikkerhetsstyring fører til uforutsette hendelser. Videre vises det at konsekvensen av disse hendelsene er tvister, som igjen kan føre med seg unødvendig ressursbruk, dårlig kvalitet på produktet og misnøye. I tunnelprosjekter vil det som oftest være manglende prosjektering, når det gjelder grunnforhold. Ikke grunnet dårlig forarbeid, men rett og slett fordi det ikke er økonomisk forsvarlig å kartlegge hver eneste detalj i tunnelens løp. Derfor er

det viktig at usikkerheten i prosjekteringen tas hånd om fortløpende gjennom hele utførelsesfasen, ved hjelp av undersøkelser på stuff. Det er gjennom det fleksible kontraktssystemet og ekvivalenttidsprinsippet at endring av grunnforhold i tunnelprosjekter har unngått å havne i tvister, selv om en typisk årsak for tvister nærmest ligger integrert i ethvert tunnelprosjekt. (Kleivan, 1989)

3.5.2 Ansvarsfordeling ved bergsikring

Hittil har den norske kontraktstypen blitt omtalt, og virkningen den har på prosjektkostnad og juridisk etterarbeid. I dette kapitlet skal andre forhold som er viktige ved bruk av denne kontraktmodellen omtales, samt skal det ses nærmere på Statens vegvesens ansvarsfordeling når det gjelder bergsikring.

Grøv (2012) nevner noen forhold som må oppfylles for at den norske kontraktmodellen skal fungere optimalt (fritt oversatt):

- Dyktige eiere og utførende. Begge parter må ha erfaring med underjordiske arbeider, og funksjonærene, både hos byggherre og entreprenør, må kunne ta beslutninger på anlegget så fort som mulig etter et oppstått problem. Dette gjelder både tekniske og kontraktsrelaterte saker. Dette krever gjensidig respekt både for personer og deres arbeid.
- Beslutningstaking. Det er essensielt at representanter på stuff, både fra byggherre og entreprenør, har kompetanse og autoritet nok til å kunne ta beslutninger. Dette gjelder hovedsakelig beslutninger knyttet til arbeidssikring og forinjeksjon etc.
- Kjennskap til kontrakten. Hvis begge parter har god kjennskap til kontrakten og dens detaljer kan det holdes hensiktsmessige diskusjoner, og avtaler kan inngås med gjensidig tillit. Dette fungerer ofte godt når begge partene har erfaring fra tidligere liknende prosjekter.

Kleivan (1989) omtaler også disse faktorene som viktige forutsetninger for at den norske kontraktmodellen skal fungere. I tillegg omtaler han den typiske ansvarsfordelingen mellom byggherre og entreprenør når det gjelder bergsikring. Han sier at arbeidssikringen, som etableres for å oppnå trygge berg- og arbeidsforhold på stuff, er entreprenørens ansvar. Den permanente sikringen, som gjerne utføres bak stuff, er det derimot byggherres ansvar å dimensjonere. Det legges til at arbeidssikringen gjerne blir en del av den permanente sikringen. Ettersom grunnforholdene endrer seg fort, er det viktig at byggherre og entreprenør jobber tett sammen for å komme frem til optimale løsninger, med hensyn på både det tekniske og det økonomiske, samt å forhindre tap av tid. (Kleivan, 1989)

Fossberg (2012) viser at Statens vegvesen opererer med en liknende ansvarsfordeling som Kleivan (1989) omtaler når det gjelder arbeidssikring og permanent sikring. Fossberg (2012)

sier i tillegg at et direktiv i EU, som omhandler HMS på byggeplass, gir byggherre like mye ansvar for et trygt arbeidsmiljø, altså arbeidssikringen. Han sier videre at ved å se på arbeidssikringen og den permanente sikringen som en helhet, kontra to separate evalueringer, kan risiko og kostnad reduseres betraktelig i tunnelprosjekter. Til slutt tas det med at Statens vegvesen krever manuell rensk, ettersom det gir bedre oversikt over bergforholdene i motsetning til bruk av maskinrensk (Fossberg, 2012). Rensk blir nærmere forklart i Kapittel 3.8.

3.5.3 Prosesskode

Kapittel 3.4.1 tok for seg utforming av konkurransegrunnlaget, og det ble vist at mengdebeskrivelsen befinner seg i del *DI* av dette dokumentet. Mengdebeskrivelsen blir utformet i byggherrens detaljprosjektering. Det er denne som danner et grunnlag for estimering av total byggetid (Grøv, 2012). Mengder knyttet til driving og sikring baseres på forundersøkelsene. Premisser og føringer for prosessene i et vegtunnelprosjekt beskrives i Statens vegvesens *Prosesskode 1 – Håndbok 025*. For tunneler er *Hovedprosess 3 i Prosesskode 1* av særlig interesse. *Prosesskoden* tilbyr ”ensartede regler for utførelse, kontroll og oppmåling av samme arbeidsart” (SVV, 2012, s. 7). Forståelse og håndheving av kontraktsbestemmelsene representerer en av de viktigste mulighetene til å påvirke byggetiden i tunnelprosjekter (Grøv, 2012).

Et utdrag fra *Prosesskode 1* viser hvordan en prosessbeskrivelse typisk er utformet:

33.1 Rensk

33.11 Driftsrensk med spett

a) Omfatter all rensk av vegger og heng utover driftsrensk med maskin medtatt i prosess 32. I tillegg til rensk av utsprengt bergflate kontrolleres og etterrenskes bakenforliggende salvestrekninger som en del av driftsrensk med spett.

Kostnader til opplasting, transport og tipping/utlegging av nedrenskede masser inkluderes i enhetsprisene under prosess 32.2.

c) Renskelaget skal bestå av minst 3 personer inklusive maskinfører og utstyr.

x) Mengden måles som medgått tid for renskelaget regnet som en samlet enhet inklusiv utstyr, avrundet til nærmeste ¼ time. Enhet: time

(SVV, 2012, s. 88)

Det gis altså en beskrivelse av hvilke aktiviteter prosessen dekker, samt ofte krav til hvordan prosessen skal utføres. Avslutningsvis er det tatt med hvordan mengden måles, og med hvilken enhet den skal presenteres. I utformingen av mengdebeskrivelsen for et gitt prosjekt vil de aktuelle prosessene tas med, og det vil føres inn tilhørende mengder. I tilfeller hvor *Prosesskoden* gir en mangelfull beskrivelse eller at prosessen ikke finnes, vil det bli tilføyet *Spesielle kontraktsbestemmelser*. De spesielle kontraktsbestemmelsene er ikke utformet etter en mal, og vil variere fra prosjekt til prosjekt. Når byggherre er ferdig med mengdebeskrivelsen er det opp til entreprenør å prise denne i en anbudskonkurranse. (SVV, 2010c)

3.5.4 Ekvivalenttid

En viktig bestanddel av den fleksible norske kontraktsmodellen er ekvivalenttider. Disse blir fastsatt av byggherre og entreprenør slik at tidsfrister kan innstilles ved mengdeendringer. (Karlsen og Kleivan, 1989)

Bruk av ekvivalenttidsregnskap for regulering av tidsfrister innebærer et avvik i forhold til de generelle reglene i kontraktsbestemmelsene, og må derfor tas inn i kontrakten som en spesiell kontraktbestemmelse.

(Standard Norge, 2008, s. 221)

For Statens vegvesens kontrakter finnes dette i konkurransegrunnlaget, nærmere bestemt i *Kapittel C3 – Spesielle kontraktbestemmelser*. I *Punkt 7 – Regulering av tidsfrister for tunnelarbeider* introduseres et system for regulering av tidsfrister (SVV, 2010c, s. C3-11). Det første avsnittet gjengis her:

Dette er et system for regulering av byggetid forårsaket av økt mengde arbeidssikring ved stoff i forhold til kontraktens mengder.

(SVV, 2010c, s. C3-11)

Tabell 3.2 viser ekvivalenttidene som gis under *Punkt 7* (SVV, 2010c, s. C3-12).

TBA4935 Anleggsteknikk, masteroppgave - Byggetid for vegtunneler

Tabell 3.2 Ekvivalenttidsregnskap i Statens vegvesens konkurransegrunnlag (SVV, 2010c, s. C3-12)

Aktivitet	Mengde/time	Kontraktsmengde	Utført mengde
Arbeidssikring			
Manuell rensk	1 time / time		
Bolter med lengde inntil 5 m	12 stk / time		
Bolter med lengde over 5 m	6 stk / time		
Fjellbånd	25 m / time		
Nett	10 m ² / time		
Sprøytebetong inkl. tilrigging og rengjøring av fjelloverflaten	6 m ³ / time		
Tillegg for sprøytebetongbuer ekskl. sprøytebetong per meter bue	4 m / time		
Betongutstøpning inkl. endesteng	0,1 m / time		
Ekstra betong utover gjennomsnittlig tykkelse 0,4 m	10 m ³ / time		
Delte salver i tverrsnitt	0,3 stk / time		
Salvelengde < 4 m bordybde	0,3 stk / time		
Arbeider foran stuff			
Boring sonderhull og injeksjonshull	60 m / time		
Hefetid ved injeksjon	1 time / time		
Sum			

Tabell 3.2 viser de aktuelle aktivitetene. Aktiviteter som ikke vises i tabellen har ikke ekvivalenttid og kan ikke brukes ved beregning av teoretisk tidsbehov (SVV, 2010c). I andre kolonne vises ekvivalenttiden som er satt for en gitt aktivitet. Videre vises kontraktsmengden, altså den prosjekterte verdien, som er hentet fra mengdebeskrivelsen. I den siste kolonnen blir den utførte mengden fylt inn. Differansen i sum mellom planlagt og utført mengde kan deretter beregnes. Hvis denne verdien er høyere eller lavere enn en angitt grense, så vil aktuelle tidsfrister bli regulert med verdien som overstiger grensen (SVV, 2010c). Det er ikke gitt en standard grense i *Håndbok 066 – Konkurransegrunnlag*, men Fossberg (2012) nevner at norske entreprenører typisk har en toleransegrense på én uke per år byggetid. Norsk Standard (2008, s. 221) gir en grense på ± 2 uker.

SVV (2010c, s. C3-12) gir en formel for hvordan det teoretiske grunnlaget for eventuell regulering av tidsfrist beregnes samlet:

$$T \text{ (uker)} = \frac{U - K \text{ (timer)}}{A \times S \left(\frac{\text{timer}}{\text{uke}} \right)}$$

U = Tidsbehov for utførte mengder (timer)

K = Tidsbehov for kontraktens mengder (timer)

A = Antall angrepspunkter for aktiviteter med ekvivalenttid

S = Totalt timetall for valgt skiftordning for stuffmannskapet (timer/uke)

Formel 3.2 Teoretisk grunnlag til regulering av tidsfrist (SVV, 2010c, s. C3-12)

Det gitte antall angrepspunkter i variabelen *A* er uavhengig av entreprenørens valgte driftsopplegg, men bestemmes når beregningen gjennomføres. Denne beregningen skal baseres på den aktuelle skiftordningen for stuffmannskapet på anlegget, med et minimumskrav på 67 timers arbeidsuke. I det tilfellet hvor entreprenør ferdigstiller anlegget tidligere enn tidsfrist gitt i kontrakten, kan ikke overtakelse nektes byggherren. Det samme gjelder byggherren, ved at han plikter å overta ferdigstilt anlegg. (SVV, 2010c)

Standard Norge (2008, s. 222) presenterer også en tabell som inneholder kapasiteter for regulering av byggetid. Det er noe variasjon i hvilke prosesser som er valgt kontra SVV (2010c, s. C3-12). I tillegg gir den varierende kapasiteter avhengig av tunnelverrsnitt.

Ekvivalenttidsprinsippet er et viktig verktøy for å redusere entreprenørens risiko når det gjelder endring i grunnforhold. Dette gir en rettferdig mulighet til regulering av byggetid. (Karlsen og Kleivan, 1989)

3.6 Fremdriftsplanlegging

Analyse av fremdriftsplaner har vært et viktig ledd for å kunne etablere et datagrunnlag til bruk i resultatene. Derfor ser forfatterne det nødvendig å se på generelle krav og forhold når det gjelder fremdriftsplaner i Statens vegvesens prosjekter. *Gantt-diagram* blir også omtalt. Av fremdriftsplanene forfatterne har mottatt, er tett opp mot 100 prosent av disse utført i *Gantt-stil*.

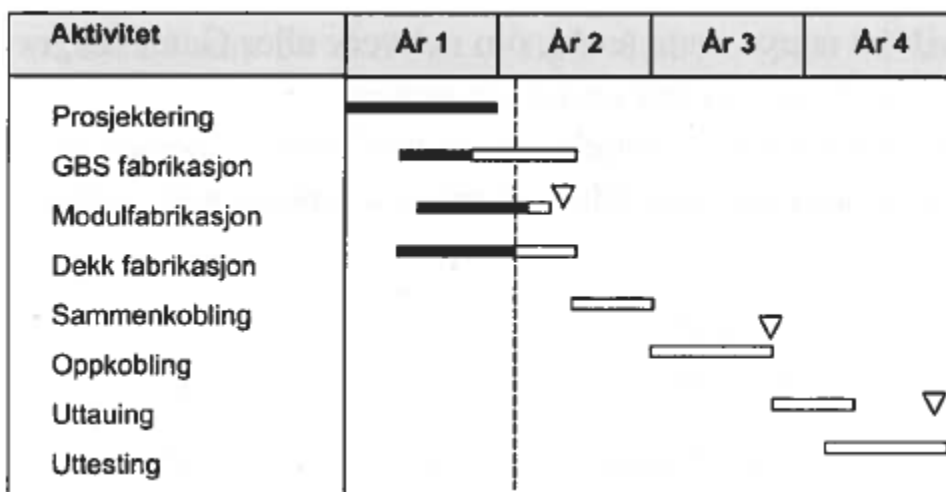
En fremdriftsplan er et verktøy som synliggjør et prosjekts milepæler og prosesser i et tidsperspektiv (Kolltveit og Reve, 2002). Utarbeidelse av en fremdriftsplan går hovedsakelig ut på å estimere varigheten av hver enkelt aktivitet, og tidsmessig plassere disse i forhold til hverandre (Westhagen et al., 2002). Dette avhenger av hvordan utførende organiserer arbeidet sitt, og hvilke forutsetninger som er lagt til grunn (Standard Norge, 2008).

Fremdriftsplanlegging er forbundet med usikkerhet, men den er et viktig redskap både i ressursplanlegging og som styringsredskap i gjennomføringsfasen (Rolstadås, 2006).

Rolstadås (2006) sier at det tradisjonelt er to måter å presentere en fremdriftsplan på; *Gantt-diagram* og nettverk.

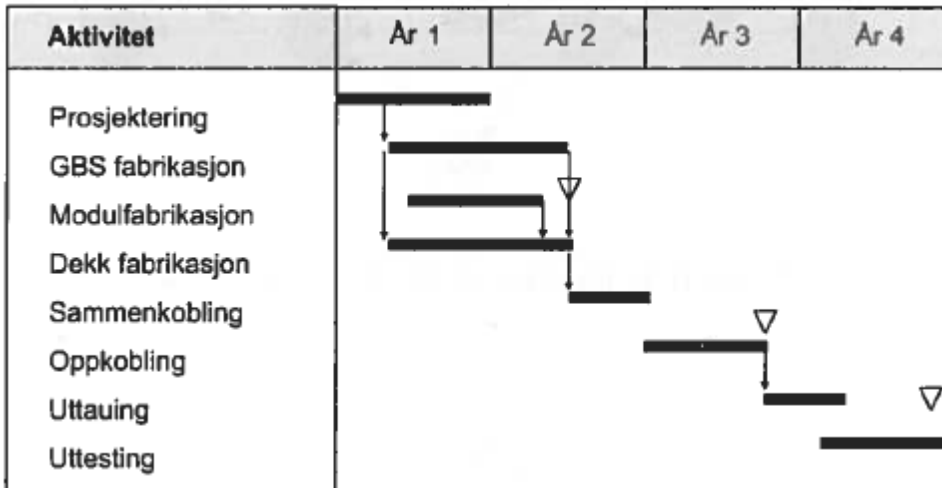
3.6.1 Gantt-diagram

Et eksempel på et *Gantt-diagram* er vist i Figur 3.7 (Rolstadås, 2006).



Figur 3.7 *Gantt-diagram* (Rolstadås, 2006, s. 141)

Figur 3.7 viser at den x-aksen representerer tid, og den y-aksen gir aktivitetene. Start, varighet og slutt er illustrert ved hjelp av en tykk, horisontal strek. Trekantene viser milepæler, og den stiplede linjen viser hvor man befinner seg i prosjektløpet. I Figur 3.8 vises et lenket *Gantt-diagram*. Her er det tilført lodrette piler, som angir avhengighet mellom aktiviteter. (Rolstadås, 2006)



Figur 3.8 *Gantt-diagram* med avhengigheter (Rolstadås, 2006, s. 141)

Rolstadås (2006, s. 140) sier at fordelene med et *Gantt-diagram* er at det er oversiktlig og lett å forstå. Videre sier han at en ulempe med diagrammet er at ved plassering av en aktivitet, så kreves en samtidig beslutning med hensyn til:

- avhengighetsforhold mellom aktiviteter
- aktivitetens varighet
- disponering av ressurser

I praksis kan det være enklere å treffe disse beslutningene i sekvens. En nettverksrepresentasjon av terminplanen tillater dette, og viser også avhengigheter mellom aktivitetene. Til gjengjeld er et nettverk ikke like oversiktlig og lett å forstå som et *Gantt-diagram*.

Rolstadås (2006, s. 141)

3.6.2 Fremdriftsplaner i Statens vegvesens prosjekter

Konkurransesgrunnlagets kapittel C3 – *Spesielle kontraktsbestemmelser* inneholder *Punkt 6 – Spesielle krav i fremdriftsplanen*. Dette gjengis her:

Entreprenøren skal levere detaljert fremdriftsplan senest en uke før arbeidene påbegynnes.

Fremdriftsplanen skal til enhver tid vise entreprenørens reelle plan for utførelse og ferdigstilling av arbeidene. Milepæler, tidskritiske avhengigheter og aktiviteter som innebærer risiko skal blant annet fremgå. Oppdatert fremdriftsplan som både viser reelt oppnådd fremdrift og videre planlagt reell fremdrift, skal leveres byggherren innen 15. hver måned fra og med andre kalendermåned etter oppstart. Entreprenøren foreslår og byggherren bestemmer detaljeringsgrad.

Byggherrens ytelser vil være fordelt over hele byggetiden. Entreprenøren kan ikke – uten særskilt avtale med byggherren – legge til grunn at byggherrens ytelser leveres raskere enn det som er nødvendig for ferdigstilling i samsvar med kontraktens ferdigstillingsfrist.

(SVV, 2010c, s. C3-11)

Intervju gjennomført ved et av Statens vegvesens prosjekter viste at det ved dette prosjektet ble stilt krav til innlevering av fremdriftsplan rett før byggestart. Månedlige frister knyttet til innlevering av oppdatert fremdriftsplan var like som i *Punkt 6*. (Gjelsten et al., 2014)

3.7 Byggetid

I følge Standard Norge (2008) bør byggherre, før utsendelse av forespørselsesgrunnlag, foreta en estimering av total byggetid. Dette bør utføres slik at byggetiden ikke blir urealistisk i forhold til de planlagte mengdene. For at dette skal fungere hører det med at de prosjekterte mengdene er realistiske. Resultatet av estimeringen er at tidsfrister og eventuelle delfrister kan fastsettes, og vises til i konkurransegrunnlaget (SVV, 2010c). Disse tidsfristene danner grunnlaget for entreprenørens tids- og ressursplanlegging (Fjelldal og Moe, 2009).

For å belyse temaet er det valgt å se nærmere på tilgjengelige teoretiske metoder for å bestemme byggetid. Samt omtales det hvordan denne praksisen er i Statens vegvesen.

3.7.1 Estimering av byggetid

Det er her sett på to separate modeller til beregning av byggetid.

Modell 1

NTNU-Anleggsdrift (1999) presenterer et enhetstidsregnskap som metode for beregning av byggetid. Grunnlaget for rapporten er i hovedsak arbeidsstudier og statistikk fra tunneldrift i Norge (NTNU-Anleggsdrift, 1999, s. 1). Dataene er normalisert og representative for velorganisert drift (NTNU-Anleggsdrift, 1999, s. 1). For hver prosess kan tiden beregnes ved hjelp av en formel for tidsekivalent. Formel 3.3 viser hvordan en slik beregning gjennomføres. (NTNU-Anleggsdrift, 1999)

$$T_{tot} = M \cdot T_e \cdot t_f \cdot k$$

M er gitt mengde for én operasjon

T_e er enhetstiden for operasjonen

t_f er en tidsbestemmende faktor som angir avhengigheten til andre operasjoner som utføres

k er en korreksjonsfaktor som kan benyttes ved behov

Formel 3.3 Tidsekivalent for én prosess (NTNU-Anleggsdrift, 1999, s. 39)

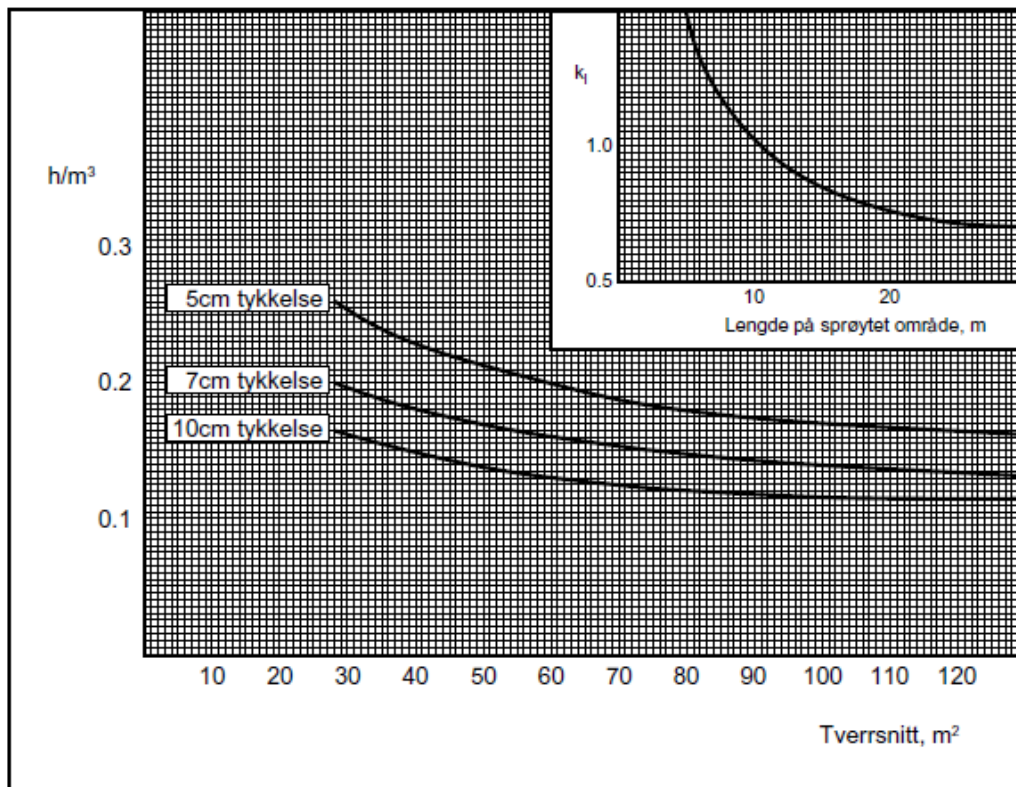
De ulike faktorene i formelen multipliseres, med tidsekvivalenten som produkt. Hver prosess, hvor den tidsbestemmende faktoren, t_f , er større enn null, kan settes inn i et enhetstidsregnskap. Et utdrag fra et slikt regnskap er gitt i Tabell 3.3.

Tabell 3.3 Enhetstidsregnskap (NTNU-Anleggsdrift, 1999, s. 42)

Operasjon	Merknad	Mengde	Enhetstid T_e	Tidsbest. faktor t_f	Korr. faktor k	Tid [h]
Bolting	Fig. 3.1	15659 bolt	0,2 h/m	1,0		895
Sprøytebetong	Fig. 3.2	5324 m ³	0,165 h/m ³	0,2		176

Tabell 3.3 viser data for to prosesser, men ved estimering av total byggetid er det nødvendig med samtlige tidsbestemmende prosesser. I regnskapet fyller brukeren inn mengden for den respektive prosessen, med tall hentet fra mengdebeskrivelsen. En ser at regnskapet viser til figurer, som finnes igjen i NTNU-Anleggsdrift (1999). Det er disse figurene og tilhørende tekst som gir grunnlag for enhetstid og eventuell korreksjonsfaktor, samt forslag til tidsbestemmende faktor. Figur 3.9 viser eksempelvis hvordan prosess 3.2 *Sprøytebetong* presenteres i NTNU-Anleggsdrift (1999). Variablene *Tverrsnitt, m²*, *Tykkelse, cm* og *Lengde på sprøytet område, m* gir grunnlag for uthenting av enhetstid og korreksjonsfaktor.

3.2 Sprøytebetong



Figur 3.2 Totaltid til sprøyting. Inkluderer rigg, vasking av fjelloverflate og sprøyting. Basis sprøyta lengde er 10 m. Prelltap inkludert.

Tidsbestemmende faktor anbefales satt til 0,2 – 0,7. Det forutsetter at hovedvekten av sprøyting skjer om natta utenom ordinær skiftetid. Tidsbestemmende faktor må økes betydelig hvis det sprøytes etter hver salve.

Figur 3.9 Prosessen Sprøytebetong (NTNU-Anleggsdrift, 1999, s. 16)

Etter beregning av samtlige prosesser kan disse summeres til slutt og gi totalt antall timer. Deretter omformes timeverdien gjerne til totalt antall uker, ved å benytte seg av skiftordningen for gjeldende arbeid. (NTNU-Anleggsdrift, 1999)

I NTNU-Anleggsdrift (1999) gis det grunnlag for estimering av følgende prosesser i et tunnelprosjekt:

- start driving
 - påhugg
 - innkjøring
- driving
- vekseldrift
- bolting

- sprøytebetong
- sprøytebetong som alternativ til full utstøping
- forbolting
- sonderboring
- kjerneboring
- injeksjon
- utstøping
- frysing
- vann- og frostsikring
 - betonghvelv
 - PE skum
 - kombinert løsning
 - luftport
- kjørebane
 - underbygning
 - drenering
 - overbygning
 - bankett
- elektroarbeider

Ekvivalenttidsmodellen forfatterne arbeider med, er hovedsakelig basert på denne metoden for beregning av byggetid.

Modell 2

Standard Norge (2008) presenterer et veiledende system for kontroll av byggetid i forespørselsfasen. Til beregning av den totale byggetiden, gis orienterende kapasiteter i en tabell. Denne gjengis i Tabell 3.4.

Tabell 3.4 Enhetstidstabell (Standard Norge, 2008, s. 220)

Type arbeid	Kapasitet
Driving tunnel; <ul style="list-style-type: none"> - tverrsnitt, < 20 m² - tverrsnitt, 20-40 m² - tverrsnitt, 40-60 m² - tverrsnitt, 60-110 m² - tverrsnitt, > 110 m² 	<ul style="list-style-type: none"> 12 m³/time 22 m³/time 35 m³/time 45 m³/time 50 m³/time
Systematisk forinjeksjon	400 kg/time, inkl. boring
Tette- og sikringsarbeider	<i>Tabell A.2</i> tillagt 10 % tid
Vann- og frostsikrings	20 m ² /time
Sluttarbeider (ledninger, tekniske arbeider, overbygning osv.)	Vurderes
Opp- og nedrigging	Legges til tid for dette

Tabell 3.4 viser at drivekapasitetene er avhengig av tverrsnittet. Disse kapasitetene må halveres ved forsiktig sprengning eller ved utvidelser av profilet (Standard Norge, 2008). For sluttarbeider og rigging gis det ingen veiledende verdier. Tette- og sikringsarbeidene er gitt i det som heter *Tabell A.2*. Denne tabellen gir kapasiteter for regulering av byggetid, og det må legges til 10 % på disse tidene for å kunne bruke de til beregning av byggetid. *Tabell A.2* i Standard Norge (2008, s. 222) inneholder kapasiteter for følgende aktiviteter:

- boring av sonderhull
- boring av injeksjonshull
- ventetid ved injeksjon, kjerneboring, forsøk m.v.
- forbolter, 6-8 meter
- endeforankrede bolter
- fullt innstøpte bolter
- ettergysing av kombinasjonsbolt
- bergbånd
- nett
- våtsprøyting, inkludert rengjøring
- buer av sprøytebetong, inkludert bolting for dette

- betongutstøping, inkludert endesteng
- betongutstøping, inkludert endesteng ved redusert salvelengde (boret lengde under 2,5 meter)
- ekstra betong ved betongutstøpning ut over 0,4 meter gjennomsnittlig tykkelse

Generelt

I begge modellene forutsettes det at det utarbeides en tabell for hver stoff. Et argument for dette gis i Standard Norge (2008):

Det er ofte mer komplisert å fastsette kapasiteter ved flerstuffsdrift og ved større bergrom. Selv om en normalt vil kunne regulere hovedtidsplanen tunnel for tunnel (stoff for stoff), bør det tas hensyn til slike forhold etter en vurdering i hvert enkelt tilfelle.

Standard Norge (2008, s. 220)

Ved flere stuffer må det kartlegges hvilke aktiviteter ved de forskjellige stoffene som er tidsbestemmende. Altså det som påvirker den kritiske linjen i prosjektet. Dette påvirkes av organiseringen av arbeidet. Dette vil bli noe nærmere omtalt i Kapittel 3.7.3, som omhandler tidsbestemmende faktor. (NTNU-Anleggsdrift, 1999)

3.7.2 Kapasiteter

Kapasiteter kan kartlegges gjennom forskning, slik som i NTNU-Anleggsdrift (1999), hvor de er basert på tidsstudier og driftsoppfølging ved norske tunnelanlegg. Entreprenører bør oppdatere kapasitetene i sine systemer hyppig for at kalkylene skal være mest mulig nøyaktige (Fjelldal og Moe, 2009).

I Kapittel 3.5.4, som omhandler ekvivalenttid, presenteres det metoder for regulering av tidsfrister underveis i gjennomføringsfasen ved hjelp av kapasiteter. Det står samtidig eksplisitt at disse kapasitetene ikke kan brukes direkte til beregning av total byggetid. ”Systemet skal ikke brukes som grunnlag for å beregne total byggetid” SVV (2010c, s. C3-11).

Ved å justere kapasitetene i *Tabell A2* [redaktør: tabellen gir kapasiteter for regulering av byggetid], kan de også benyttes i forespørselsfasen til kontroll av byggetid sammen med kapasitetene angitt i *Tabell A1* [redaktør: tabellen gir orienterende kapasiteter til kontroll av byggetid i forespørselsfasen].

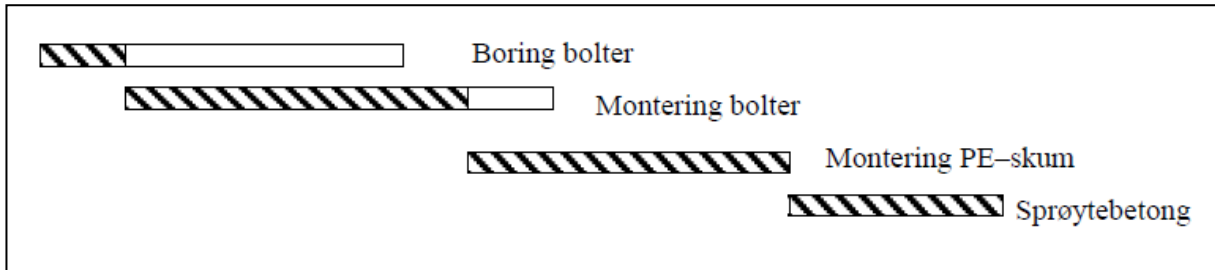
Standard Norge (2008, s. 220)

Derimot sies det i NTNU-Anleggsdrift (1999) sin modell for beregning av byggetid, at denne i tillegg kan brukes direkte til regulering av tidsfrister i kontrakten.

3.7.3 Tidsbestemmende faktor

Den tidsbestemmende faktoren angir hvor stor del av en aktivitet som er tidsbestemmende tid (NTNU-Anleggsdrift, 1999).

I NTNU-Anleggsdrift (1999, s. 41) illustreres prinsippet ved hjelp av en figur og en tabell, som er gjengitt her. Tabell 3.5 er tilpasset.



Figur 3.10 Tidsbestemmende faktor i fremdriftsplanen (NTNU-Anleggsdrift, 1999, s. 41)

Tabell 3.5 Tidsbestemmende faktorer (NTNU-Anleggsdrift, 1999, s. 41)

Operasjon	Tidsbestemmende faktor
Boring av bolter	0,3
Montering bolter	0,7
Montering PE-skum	1,0
Sprøytebetong	1,0

Tabell 3.5 viser valgte verdier på tidsbestemmende faktor for de fire prosessene. Disse er koblet til Figur 3.10. Det skraverete området indikerer den tidsbestemmende delen av prosessen. Avlesing fra Tabell 3.5 gir at tidsbestemmende faktor for boring av bolter er 0,3. Med det blotte øyet kan en se at tidsbestemmende tid i prosessen *Boring bolter* i Figur 3.10 opptar omtrentlig 30 % av feltet. Når disse 30 % er gjennomført kan prosessen *Montering bolter* igangsettes. Resterende 70 % av prosessen *Boring bolter* kan herifra skje samtidig med *Montering bolter*.

3.7.5 Hvordan beregnes byggetid i praksis

Gjennom samtaler med veileder har det kommet klart frem at det i Statens vegvesen ønskes estimeringsverktøy basert på funn og erfaringer. Det har også blitt sagt at det i dag ikke finnes slike verktøy.

Byggetid blir, etter hva forfatterne kjenner til, hovedsakelig gitt på to måter. I noen tilfeller fastsettes den totale byggetiden fra et politisk synspunkt. Da blir det mest sannsynlig ikke utført noen detaljerte estimeringsprosesser, men eksempelvis satt til interessante datoer (12.12.12 etc.) eller påvirket av andre forhold i samfunnet. Dette gjelder gjerne prestisjetunge eller på andre måter viktige prosjekter. (Bruland, 2014)

Den mer vanlige måten å estimere total byggetid på skjer internt i Statens vegvesen. Prosjektgruppen ved et gitt prosjekt estimerer tiden i løpet av prosjekteringsfasen. Dette skjer gjerne når det nærmer seg slutten og de fleste detaljene er på plass. Ut i fra dette kan tidsrammene fastsettes og fristene gis i konkurransegrunnlaget. Estimeringen kan være basert på erfaringer og kapasiteter. (Bruland, 2014; Eide og Eide, 2014)

3.8 Aktiviteter i et tunnelprosjekt

Dette kapittelet i teorien ser på hvilke aktiviteter et tunnelprosjekt kan deles inn i. Det er valgt å ta utgangspunkt i ekvivalenttidsmodellen fra Instituttet for bygg, anlegg og transport ved NTNU til oppsett av kapitlene. I modellen deles aktivitetene i et tunnelprosjekt opp i poster. Aktivitetene tar for seg alle prosesser fra kontraktinngåelse til overtakelse. Mye av teorien som beskriver de ulike aktivitetene er hentet fra litteraturen som ble brukt til å utforme modellen. I tillegg bidrar Statens vegvesen og Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk sine standarder og håndbøker til å beskrive mange av aktivitetene.

Hovedtrekkene ved de ulike postene blir antydnet ved at det ved starten av hvert hovedkapittel presenteres en tabell med:

- postnummer
- postnavn
- mengdeenhet
- kapasitetsenhet
- tidsbestemmende faktor

Dette gjøres for å gi en oversikt over hvilke poster det er snakk om før de omtales i detalj. I tillegg viser det hvordan ekvivalenttidsmodellen er bygget opp.

3.8.1 Før driving

Dette kapittelet omfatter prosesser som må gjennomføres for at drivingen kan starte. Planlegging, rigging og kontraktsbestemmelser er viktige momenter i denne fasen. Utstyr skal på plass, drivemåte planlegges med skiftordninger og stufflengde, og kontraktsforhandlinger avsluttes. Det siste punktet er en særdeles viktig prosess for avgjørelser som må tas senere i prosjektet. Prising av poster danner grunnlag for fakturering i utførelsesfasen. Dersom forholdet mellom eier og utbygger ender i tvister kan detaljgraden i kontrakten ha mye å si for ansvarsfordeling og tiden man bruker til å løse tvistene (Lædre, 2009).

Tabell 3.6 presenterer benevning og tall fra postene i ekvivalenttidsmodellen.

Tabell 3.6 Før driving, post 1 – 7

Postnr.	Post	Mengde	Enhetstid	Tidsbestemmende faktor
1	Kontraktsinngåelse	RS	uker	1,0
2	Samhandlingsperiode	RS	uker	1,0
3	Driftsplanlegging	RS	uker	1,0
4	Mobilisering	RS	uker	1,0
5	Nødvendige offentlige tillatelser	RS	uker	1,0
6	Forberedende arbeider			
6.1	Anleggsveg	m	m/uke	1,0
6.2	Riggområde	RS	uker	1,0
6.3	Forskjæring inkludert sikring	RS	uker	1,0
6.4	Annet	RS	uker	1,0
7	Tilrigging	RS	uker	1,0

Med foreslått tidsbestemmende faktor vil endring av tidsbruk for en prosess være dimensjonerende for endring av den totale byggetiden, med samme størrelsesforhold.

Kontraktsinngåelse

Innebærer signering av kontrakt for ansvarlig utbygger og eier. Tidspunkt for signering markerer starten på utbyggers ansvar med å fullføre prosjektet innen kontraktsmessige og tidsmessige rammer. For signeringen representerer anskaffelsesprosessen og kontraktsforhandlinger fundamentet for avtalen. (Grøv, 2012)

Samhandlingsperiode

I denne fasen er kontraktsforhandlingene unnagjort. Reguleringer av kontraktsbestemmelser er ikke tillatt på dette tidspunktet grunnet låste betingelser. Etablering av rutiner og formaliteter i forbindelse med kommunikasjonskanaler og forventninger avklares her. Denne prosessen avgjøres gjerne før man initierer selve produksjonsprosessen. Dette for å etablere felles mål og føringer for hvor man ønsker å ende opp mot slutten av prosjektgjennomføringen, og unngå å forstyrre flyten i produksjonen med stadig endrende informasjon. Denne prosessen trenger ikke være en tidkrevende prosess om man blir enige på en arena hvor alle parter får mulighet til å bidra med sine synspunkter. (Lædre, 2009)

Mål med denne prosessen omtales også i Henning (2012). Her omtales delmålene som intensjon om å:

- bedre koordinasjon mellom partene
- etablere tillit mellom partene
- forene omkring en felles forståelse av kontrakten
- inspirere til innovasjon og utvikling
- samkjøre mot felles bestemte mål, basert på ekspertise og erfaring

Punkt 8 – Oppstartmøte med tilhørende samhandlingsprosess i konkurransegrunnlagets *Kapittel C2* sier (SVV, 2010c, s. C2-6): ”For å oppnå felles kontraktforståelse, felles målsetting og omforente samhandlingsprosedyrer, skal det avholdes oppstartmøte og gjennomføres en samhandlingsprosess. Partene skal sette av tilstrekkelig tid til dette.”. Videre sier *Punkt 1 i Kapittel C3* (SVV, 2010c, s. C3-3): ”For denne kontrakten er det avsatt x uker til samhandlings- og utviklingsfasen regnet fra underskriving av kontrakten.”. I *Punkt 1 i C3* blir det altså fastsatt en avtale om varigheten på samhandlingsprosessen. (SVV, 2010c)

I et intervju med representanter fra Statens vegvesen på tunnelprosjektet *22.1 Rv. 70 Oppdølsstranda – Oppdølsstrandstunnelen* ved Sunndalsøra ble det fortalt hva som var vanlig tidsbruk for samhandlingsprosessen og hva som ble praktisert i prosjektet de var på. Det ble også forklart hvilken betydning samhandlingsprosessen hadde for oppstarten av prosjektet, og hva som bestemte lengden på samhandlingsprosessen.

Kontraktsstørrelse ja, og kompleksitet. Men fire uker, er ikke så uvanlig i den sammenheng. Kan gjerne avsluttes med et oppstartsmøte. Det er dette som er klarsignal for at entreprenøren kan starte sitt fysiske arbeid, og det er en del som skal foreligge ved dette møtet. Med garantier og slike ting som må være på plass for at man skal ha adgang til å starte.

(Gjelsten et al., 2014)

Driftsplanlegging

Denne prosessen har som formål å tilrettelegge på et organisatorisk nivå, slik at man muliggjør optimale forhold for arbeidsoperasjoner på anleggsområdet og generell fremdrift. Milepæler for driften kan med fordel beskrives slik at man etablerer målbare vurderinger av hvordan man ligger an i driftsfasen. Intervjuet med Statens vegvesen ved 22.1 Rv. 70 *Oppdølsstranda – Oppdølsstrandstunnelen* ga en indikasjon på at driftsplanleggingen ikke er en viktig tidsdimensjonerende prosess i et prosjekt. (Gjelsten et al.,2014)

Eksempler på viktige avgjørelser i denne fasen er gjengitt i Tabell 3.7, omtalt i SVV (2012).

Tabell 3.7 Driftsplanlegging (SVV, 2012)

Sak	Beskrivelse
Vekseldrift	<ul style="list-style-type: none"> - Entreprenør må i samråd med byggherre vurdere om det lønner seg å drive på én stoff, eller vekseldrift på flere stuffer. - Denne avgjørelsen avhenger i mange tilfeller av hvorvidt man har strenge krav til å fullføre prosjektet så hurtig som forsvarlig mulig. - Ved valg av vekseldrift som drivetype må man gjerne supplere med ekstra arbeidskraft på skiftene.
Skiftordning	<ul style="list-style-type: none"> - Valg av skiftordning bestemmer hvor mange skift man har behov for på et prosjekt. - Helgejobbing, døgnrestriksjoner og tradisjoner innad i et firma er faktorer som påvirker valg av skiftordning.
Stofflengde	<ul style="list-style-type: none"> - Denne avgjørelsen bestemmer valg av ventilasjonssystem og antall angrepspunkt. - Behov for tverrslag og tilgangstunneler baserer seg også på denne avgjørelsen.
Organisasjon	<ul style="list-style-type: none"> - Behovskartlegging for hvilke funksjonærer som trengs og hvordan koordinering med eiers representanter skal foregå.
Riggplan	<ul style="list-style-type: none"> - Beskrivelse av hvor man skal plassere ulike støttefunksjoner knyttet til drivingen. - Dette gjelder for plassering av brakker, verksted, trafo-stasjoner, anleggsveg og andre nødvendige hjelpefunksjoner.

Mobilisering

Man mobiliserer ressurser i form av at det må anskaffes nødvendig utstyr, skiftarbeidere og funksjonærer som behøves til den aktuelle jobben. Det er derfor en forutsetning at man har tilgjengelig arbeidskraft i form av egne ansatte, innleide ressurser eller underentreprenører som ikke er involvert i andre prosjekter.

Nødvendige offentlige tillatelser

Dette punktet innebærer tillatelser som har med entreprenørens drift å gjøre. Behovene for tillatelser blir synliggjort rundt tilriggingsprosessene. Av og til ønsker man å søke om dispensasjon fra krav og restriksjoner dersom disse medfører uforholdsmessig tidsmessige eller kostnadmessige belastninger. Gjeldende krav og restriksjoner for byggefasen sier:

Byggefasen skal gjennomføres slik at de krav som er satt i forbindelse med utarbeidelsen av planene og gjennom godkjenning av prosjektet oppfylles. Kravene vil blant annet omfatte følgende forhold (SVV, 2010b, s. 12):

- setninger, rystelser, luftsjokk, støy, utslipp
- naturmiljø, vannbalanse
- forutsetninger i vedtatte planer (spesielt reguleringsplan)
- søknads- og meldeplikt i henhold til plan- og bygningsloven og andre lover og forskrifter
- arbeidstidsbegrensninger
- nabokontakt og nærinformasjon

Punktene i Statens vegvesens beskrivelse er gjenstand for bestemmelser som eventuelle avvik må behandles ut fra.

Forberedende arbeider

SVV (2012) tilbyr *Hovedprosess 1* i *Prosesskode 1* som en oversikt over forberedende tiltak for vegtunnelprosjekter. Disse aktivitetene strekker seg blant annet fra oppmåling til rigging ved hjelp av fastmerker, til etablering av anleggsveg, og forskjæring for påhugg.

Anleggsveg

Omfatter alle arbeider med bygging, vedlikehold og etterfølgende fjerning av provisoriske anleggsveger for adkomst til anlegget og for trafikk innen anlegget, og for andre veger og tiltak entreprenøren har behov for, for å utføre arbeidene. Omfatter også ekstra vedlikehold av offentlige veger, bruer og kaier, samt vedlikehold og nødvendig forsterkning av private veger, bruer og kaier i den tiden de benyttes for anlegget. Offentlige og private veger, bruer og kaier skal istandsettes etter bruk til minst samme standard som før de ble tatt i bruk.

(SVV, 2012, s. 36)

SVV (2012) gir videre inntrykk av at prosessen rundt vedlikehold og anvendelse av anleggsveg er gjennomgående for hele prosjektet. Det er etablert hjelpefunksjon for å bistå med tilgjengelighet for andre arbeider.

Riggområde

Innebærer vurdering av tilgjengelig område for tilrigging. Støttefunksjoner, verksted og lagringsplass må fastsettes på dette tidspunktet. Offentlige tillatelser og leiekontrakter med grunneiere er en del av denne prosessen. Beliggenhet med tanke på nærhet til anlegget og sjenanse for naboer er viktige elementer i denne vurderingsprosessen.

Forskjæring inkludert sikring

Forskjæring defineres som ”Den nødvendige åpne skjæring for tunnelpåhugget” (SVV, 2012, s. 12). Tunnelpåhugg defineres som ”Den første salve for en tunnel” (SVV, 2012, s. 17).

Bergkvaliteten er ofte dårligere i forskjæring og påhugg enn ellers i tunnelen. Potensielle svakhetssoner i forbindelse med disse arbeidene bør vies spesiell oppmerksomhet. Redusert salvelengde, pilotstoll og delsnitt med utstrossing er aktuelle tiltak i tilfeller med vanskelige

bergforhold. Forhåndssikring med forbolting, sprøytebetong og utstøpt betong er vanlige sikringsmetoder i etablering av forskjæring og påhugg. (SVV, 2010b)

NTNU-Anleggsdrift (1999) mener at tid til påhugg vil variere med vanskelighetsgrad og stedlige forhold. Et anslagsvis tidsrom for etablering av påhugg under normale forhold angis likevel til å ligge omkring fire uker.

Annet

Samlepost for spesielle forberedende arbeider som ikke dekkes av anleggsveg, riggområde og forskjæring inkludert sikring.

Tilrigging

I følge SVV (2012) omfatter tilrigging kostnader tilknyttet:

- Tiltransport, opprigging og klargjøring av utstyr som entreprenør trenger for å utføre beskrevne arbeider som ikke ligger inne i andre prosesser eller enhetspriser.
- Midlertidige bygninger og brakker med inventar og utstyr med provisorier og hjelpemidler.
- Sikkerhetstiltak mot atkomst for uvedkommende til anlegget.
- Planering og opparbeidelse av tomt og adkomst utover permanente arbeider.

3.8.2 Driving

Med driving menes ”Arbeidsoperasjon som omfatter boring, lading og sprengning av en tunnel” (SVV, 2012, s. 12).

Zare (2007) deler tidsbruk under driving i tre kategorier:

- Riggetid for transport av utstyr til og fra stuff. Betegnes som operasjoner som ikke fører direkte til produksjon.
- Proporsjonal operasjonell tid er tiden som går med til boring, lading og sprengning. Disse operasjonene betegnes som produktiv tid.
- Situasjonsbetinget tidstap. Forsinkelser og utstyrssvikt dekkes av denne kategorien.

Den samme beskrivelsen går igjen i Johannessen (1995).

Tabell 3.8 presenterer benevning og tall fra postene i ekvivalenttidsmodellen.

Tabell 3.8: Driving, post 8 – 15

Postnr.	Post	Mengde	Enhetstid	Tidsbestemmende faktor
8	Igangkjøring	RS	uker	1,0
9	Driving tunnel			
9.1	<i>Normal driving</i>	m	h/m	1,0
9.2	<i>Tillegg driving på synk</i>	m	%	1,0
9.3	<i>Tillegg redusert salvelengde</i>	m	%	1,0
9.4	<i>Tillegg redusert salvelengde og halve salver</i>	m	%	1,0
10	Tillegg vekseldrift	m	%	1,0
11	Byggherrens tid til kartlegging	salver	h/salve	1,0
12	Nisjer			
12.1	<i>Havarinisjer</i>	stk	h/nisje	1,0
12.2	<i>Snunisjer</i>	stk	h/nisje	1,0
12.3	<i>Møteplasser</i>	stk	h/nisje	1,0
13	Tverrforbindelser	m	h/m	1,0
14	Pumpesump	m ³	h/m ³	1,0
15	Manuell rensk, ekstra rensk	m	h/m	1,0

Igangkjøring

I følge ekvivalenttidsmodellen innebærer denne posten ”Merforbruk av tid i forbindelse med innlæring av rutiner med mer, før man er oppe på full effektivitet”. Igangkjøring i forbindelse med driving er inkludert i *Post 9.1-9.4*, se Tabell 3.8.

Driving tunnel

Figur 2.2 i NTNU-Anleggsdrift (1999) presenterer driving til gjennomslag ved fire alternativ. Tidsforbruk varierer med størrelse på tunneltverrsnitt [m^2]. Valgt tverrsnitt krysser grafen for valgt alternativ og gir inndrift i timer per meter [h/m]. Det forutsettes:

- 45 mm borhulldiameter
- 102 mm grovhull
- boret lengde 5,0 m
- inndrift 95 %
- mekanisk rensk (piggemaskin)
- lading etter endt boring
- bruk av slurry

NTNU Department of Civil and Transport Engineering (2006) presenterer eksempler for driving med liknende forutsetninger. For ekvivalenttidsmodellen er *Figur 6.1* og *Figur 6.3* fra prosjektrapporten spesielt interessante. *Figur 6.1* beskriver korreksjonsfaktor for stufflengde og jobbtreningseffekt. *Figur 6.3* er en oversikt over fremdrift med åtte forskjellige maskinkombinasjoner til å utføre drivingen. *Kapittel 6.2* i den samme prosjektrapporten presenterer et skjema med estimater for tidsbruk under drivingen ved et eksempelprosjekt.

Normal driving

Innebærer driving som ikke byr på spesielle utfordringer. Utfordringer knyttet til eksempelvis driving på synk, reduserte salvelengder og reduserte salvelengder med halve salver.

Bergforhold, vann eller spesiell utforming av tunnelen (bratt stigning, påhugg, nisjer etc.) er eksempler på forhold som faller utenfor kategorien normal driving.

Tabell 3.9 presenterer eksempler på data for normal driving. Tabell 3.10 presenterer eksempel på inndrift for gunstigste kombinasjon av laste- og transportutstyr basert på data presentert i Tabell 3.9. (NTH-Anleggsdrift, 1995)

TBA4935 Anleggsteknikk, masteroppgave - Byggetid for vegtunneler

Tabell 3.9 Data for normal driving (NTH-Anleggsdrift, 1995; NTNU-Anleggsdrift, 1999)

Borhullsdiameter	64/45 mm
Brytning	96/90 %
Boret lengde	5,0 m
Sprengbarhet	Middels (SPR=0,47)
Borbarhet	Middels (DRI=49)
Skiftordning	Flytende drift (101 h/uke)
Lading	Etter endt boring
Lastekapasitet	Fullt utnyttet
Rensk	Løpende
Enhetstid	1,0-3,0 h/m

Tabell 3.10 Inndrift for gunstigste kombinasjon av laste- og transportutstyr (NTH-Anleggsdrift, 1995, s. 79)

Tunnelprofil	T5	T8	T8,5	T9	T10	T11	T12
45 mm [lm/time]	0,87	0,76	0,73	0,71	0,69	0,61	0,55
64 mm [lm/time]	0,90	0,80	0,76	0,74	0,73	0,62	0,60
Inkludert nisjer							
45 mm [lm/time]	-	0,72	0,69	0,64	0,63	0,58	0,53
64 mm [lm/time]	-	0,75	0,72	0,67	0,66	0,59	0,57

Tillegg driving på synk

Johannessen (1992) beskriver kjøremotstand og kjørearbeid ved driving på synk. Ved innkjøring vil man ikke ha noen motstand. Med fullt lass ved utkjøring vil kjøremotstand og kjørearbeid bli vesentlig høyere enn for en tunnel uten stigning. Grunnet krav til utslipp fra maskinene kan man dermed ikke kjøre disse for fullt for å kompensere for tapt tid.

Ved driving på synk i tilfeller med stor innlekkasje på stuff er det spesielt viktig å ha gode systemer for å pumpe bort vannet. Dersom man har et tilfelle hvor pumpene ikke tar unna vannet kan stuffen bli oversvømt av vann og bli en umulig arbeidsplass.

Tillegg redusert salvelengde

Dersom man kommer over områder med dårlig bergkvalitet og vannlekkasjer foran stuff er reduserte salvelengder kombinert med sikring et aktuelt tiltak for å sikre trygg driving gjennom sonen. Reduserte salvelengder benyttes også for de første salvene til et stabilt påhugg er etablert. (SVV, 2010b)

SVV (2010a) viser til at ved partier med tungt sikringsbehov kan det være lurt å drive salve med redusert salvelengde, eventuelt delt salve.

Flage (2002) viser i sin hovedoppgave om Hagantunnelen til at i ett bestemt tilfelle vil valg av tremeterssalver gi en tidsøkning på 67 % sammenliknet med femmeterssalver. Dette hvis man tenker å oppnå tilsvarende inndrift.

Tillegg redusert salvelengde og halve salver

I forbindelse med etablering av påhugg og bruk av reduserte salvelengder kan det være aktuelt og først drive en mindre pilotstoll, eller et delsnitt av profilet, med etterfølgende utstrossing til fullt profil. (SVV, 2010b).

Bruland (2009) nevner også at de første salvene i etablering av påhugg må sprenges forsiktig. Gjerne ved at kuttet sprenges først og resten av tverrsnittet strosses ut.

Tillegg veksel drift

NTNU-Anleggsdrift (1999) presenterer hvordan man kommer frem til tillegg i tidsbruk for veksel drift. Enhetstid for hver stoff i *Figur 2.2* økes med faktor fra *Tabell 2.1* i prosjektrapporten. Det er forutsatt at:

- hver stoff regnes separat
- maksimal lengde mellom stoffene ikke er vesentlig mer enn 2 000 meter
- det må regnes med delvis dobbelt utstyr

Tilfeldig tapstid økes også fra 11 % for normal enstuffsdrift til 15 % for veksel drift, noe som skyldes ekstra plunder og heft.

Organisering av driften omtales i Bruland (2009). Her samsvarer veksel drift med begrepet om flytende drift. Et enkelt lag utfører samtlige arbeidsoperasjoner på begge stoffene.

Byggherrens tid til kartlegging

NFF (2010b) beskriver hva byggherrens tid til kartlegging innebærer. Under driving er det satt av tid til at byggherre kan kartlegge bergforhold ved stoff. Dette danner en base for vurderinger om hvilken sikring som er nødvendig. Man kan dele disse beslutningene inn i tre typer:

- Hvilken sikring vil være nødvendig for å drive gjennom bergmassene foran stoff.
- Hvilken midlertidig sikring vil være nødvendig for å sikre et trygt arbeidsmiljø for tunneldriverne.
- Hvilken permanent sikring er nødvendig for å sikre trygghet gjennom hele levetiden til bergrommet.

Disse avgjørelsene baserer seg i hovedsak på to typer undersøkelser:

- Kartlegging og registrering av berget ved stoff etter hver salve.
- Undersøkelser av bergmassen foran stoff for å forutse bergforholdene man treffer på etter hvert.

Populært kalles denne tiden som stilles til rådighet for byggherren, *Byggherrens halvtid*.

Kartleggingen skal utføres etter at salven er utlastet og etter at entreprenøren har utført forsvarlig driftsrensk. Der berget ikke blir innsprøytet/tildekket etter hver salve, kan kartleggingen omfatte flere salver.

Ved utførelsen av arbeidet skal entreprenøren stille egnet arbeidsplattform med god, fast montert belysning til disposisjon, som gjør det mulig å kartlegge berget på en tilfredsstillende måte.

SVV (2012, s. 98)

Tiden byggherre bruker på kartlegging klassifiseres som mengde i medgått tid og avrundes til nærmeste kvarter. Tiden regnes fra man har stilt opp arbeidsplattformen klar til bruk, til kartleggingen er avsluttet. (SVV, 2012)

Nisjer

Nisje innebærer ”sideveis utvidelse i tunnel eller bergrom”. (SVV, 2012, s. 14)

Normalavstander foreslått i modell er hentet fra SVV (2010b) sin normal for vegtunneler. Normalavstandene mellom nisjene baserer seg på *Tabell 4.5* fra *Kapittel 4.6.1* i denne håndboken. Hele *Kapittel 4.6* tar for seg utvidelse for nisjer i forbindelse med havarinisjer, snunisjer og møteplasser. Det er lurt dersom man har mulighet til å kombinere nisjene med nisjer for andre behov. I tillegg bør nisjene tilpasses lokale bergforhold og geometri.

Tabell 3.11 er gjengitt fra *Tabell 4.5* i SVV (2010b, s. 44).

Tabell 3.11 Normalavstand for havari- og snunisjer (SVV, 2010b, s. 44)

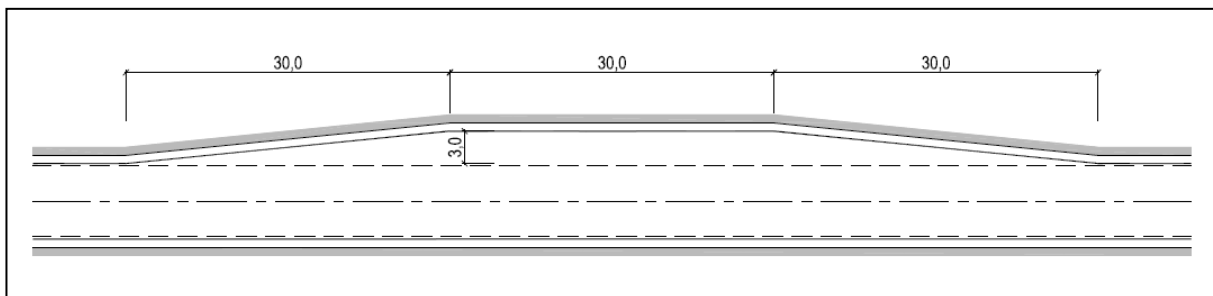
Tunnelklasse	Normalavstand havarinisje	Normalavstand snunisje	Kommentar
A	-	-	Møteplasser
B	500 m	2 000 m	-
C	375 m	1 500 m	-
D	250 m	1 000 m	-
E	500 m	-	Angitt avstand gjelder for hvert tunnellop
F	250 m	-	Angitt avstand gjelder for hvert tunnellop

Havarinisjer

SVV (2010b) presenterer utformingen av havarinisjer. Figur 3.11 er en prinsippskisse av utformingen av en havarinisje. Dersom man må foreta nødstoppe inne i en tunnel skal havarinisjer muliggjøre plass til parkering. Tabell 3.12 presenterer data om krav til havarinisjer.

Tabell 3.12 Data for havarinisjer (SVV, 2010b)

Toleranse	± 50 m plassering
Klasse A, B, C, D med $R < 5\ 000$	Plassering i ytterkurve
Klasse E og F	Bør plasseres i ytterkurve ved radius $R < 5\ 000$
Inngående kjørefelt	Minst 250 m fra tunnelåpning
Ekstra nisje pr. km i stigning	Tunneler med $\text{ÅDT}(20) \leq 2\ 500$ og stigning $\geq 5\%$ over 1 km



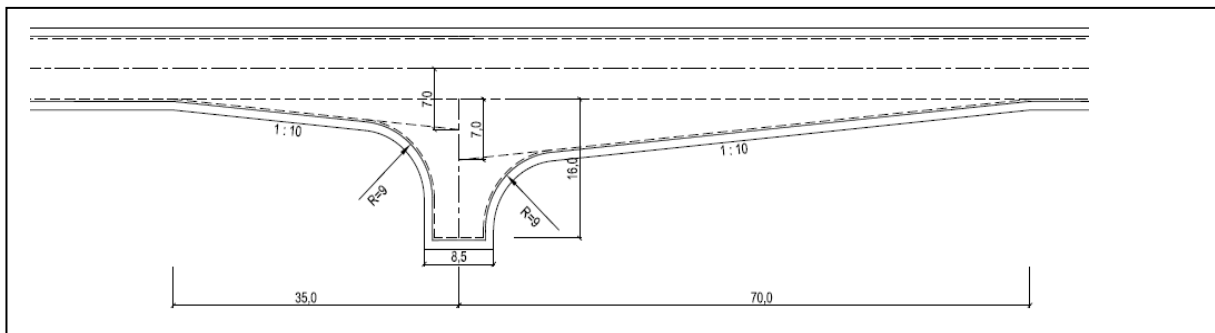
Figur 3.11 Prinsippskisse havarinisje (SVV, 2010b, s. 44)

Snunisjer

Snunisjer beskrives i samme kapittel som havarinisjer i SVV (2010b). Snunisjene skal utformes slik at de ikke gir farlige sidehinder. Ved behov for snunisje for brøytebil utformes den som snunisje og plasseres etter behov. Dersom det er snakk om snumulighet for biler vil havarinisjene fungere som snunisjer. Figur 3.12 er en prinsippskisse av utformingen av en snunisje. Tabell 3.13 presenterer data om krav til snunisjer.

Tabell 3.13 Data for snunisjer (SVV, 2010b)

Toleranse	± 50 m plassering
Klasse B, C, D	Over en viss lengde medfører snunisjer for større kjøretøy
Når bygge snunisjer?	I tunneler med lengde over 2x normalavstanden for snunisjer for aktuell klasse
Plassering	Ikke i innerkurve med siktforhold $R < 5\ 000$



Figur 3.12 Prinsippskisse snunisje (SVV, 2010b, s. 44)

Møteplasser

Møteplasser utformes på samme måte som havarinisjer, se Figur 3.11. Møteplassene er spesielle for enfeltstunneler med toveistrafikk, altså tunnelklasse A. Avstanden mellom møteplassene skal maksimalt være 250 meter. Et tilleggskrav er at bilfører i tunnelen skal kunne se fra en møteplass til den neste. (SVV, 2010b)

Tverrforbindelser

Normalavstand for tverrforbindelser er hentet fra *Tabell 5.1* i SVV(2010b).

Tverrforbindelsene er aktuelt i tilfeller med to tunnellop. Disse representerer gjerne nødutganger og skal muliggjøre evakuering fra det ene tunnellopet til det andre. I mange tilfeller er det tilstrekkelig med gangbare tverrforbindelser til dette formålet. Det er viktig å dimensjonere riktig for sikkerhet med tanke på tilstrekkelig evakueringskapasitet. Tabell 3.14 viser vanlige data for tverrforbindelser. (SVV, 2010b)

Tabell 3.14 Data for tverrforbindelser (SVV, 2010b)

Gangbare tverrforbindelser	Maks avstand 250 m
Klasse D, (C) med gangbare tverrforbindelser til hovedløpet	Maks avstand 500 m
Profil gangbare tverrforbindelser	T4
Dører i tverrforbindelser (Klasse E, F)	Slå inn fra trafikkrommet
Tverrforbindelser som brannsluse	Brannmotstand minimum EI 60 mot begge tunnellop og rømningstunnel

Pumpesump

Sprengning av kumutvidelser skal utføres i egen operasjon. Bunnen av kummen skal ligge dypere enn gryter i planum. (SVV, 2012)

Planum er ”overflaten av underbygningen” (SVV, 2012, s. 15). Planum kan også omtales som traubunn.

SVV (2010b) omtaler utforming av pumpesump. For undersjøiske tunneler og tunneler med lavbrekk er dette en nødvendig installasjon for å pumpe vannet ut av tunnelen. Størrelsen dimensjoneres ut fra type og mengde av utstyr, og beregnet lekkasjevolum. Krav til pumpesump, se Tabell 3.15.

Tabell 3.15 Data for pumpesump (SVV, 2010b)

Pumpemagasin undersjøisk tunnel	Større totalvolum enn 24 timers innlekkasje
Pumper	Dimensjoneres med 50 % reservekapasitet
Gulv teknisk rom	Minimum 1 m over kjørebane i tilfelle oversvømmelse
Pumpestasjon plassering	Når trykklassen er i underkant av PN 10 (løftehøyde 80 m)

Manuell rensk, ekstra rensk

Manuell rensk, eller ekstra rensk, omtales som rensk for arbeidssikring utover driftsrensk. Ekstra rensk kan utføres som spettrensk, spylerenk, kilrensk eller spretting. Driftsrensk under én time blir det normalt ikke betalt ekstra for, mens ekstra rensk ofte er ubetalt. Minkende fokus på rensk kan anses som betenkelig, både med tanke på sikkerhetsmessige og økonomiske årsaker. Manuell rensk anses gjerne som den farligste av alle arbeidsoperasjonene under driving. Konsekvensene av nedfall grunnet dårlig rensk er om mulig enda farligere. (Nilsen og Broch, 2011)

Ved spettrensk kiler man spettet bak løse fjellblokker som vippes ned. Arbeidet preges av at der er fysisk tungt, tidkrevende og risikofyllt. Erfaring og fjellfølelse er viktige egenskaper for å vurdere hvordan man skal angripe fjellet uten unødig bruk av tid og krefter, og unngå skader fra nedfall. Spettrensk er en seksjonspreget arbeidsform hvor man begynner ved påhugg og jobber seg innover etter hver salve. Ved bruk av sprøytebetong er det lurt å renske i overgangssonen mellom sprøytebetong og fjell. (NTH-Anleggsdrift, 1995)

Ekstra rensk foregår både ved kontrollering av utsprengt bergflate og bakenforliggende salvestrekninger. Renskelaget skal bestå av minst tre personer, inkludert maskinfører og utstyr. Mengden regnes i medgått tid for renskelaget i en samlet enhet inkludert utstyr, og rundes av til nærmeste kvarter. (SVV, 2012)

Tabell 3.16 gjengir kapasitetsdata for manuell rensk. (NTH-Anleggsdrift, 1995).

Tabell 3.16 Data for manuell rensk (NTH-Anleggsdrift, 1995)

Mannskap hele tverrsnittet	3-4 personer
Mannskap vegger	2 personer
Maskiner	Hjullaster med renskebukk

3.8.3 Sikring

Sikring representerer ofte den største kostnadsposten i et tunnelprosjekt (Bruland, 2013). Forundersøkelser, Kapittel 3.2, blir hovedsakelig foretatt for å kartlegge behovet og størrelsen av sikringsarbeidet og for å kunne gi et grunnlag for mengder i kontrakten. Likevel klarer man sjelden å avdekke alle usikkerhetene forbundet med sikringsarbeidet. I norske tunnelprosjekter er det vanlig at byggherre har ansvar for usikkerheten ved geologiske forhold, tidligere omtalt i Kapittel 3.5. Dette betyr at ved uforutsette forhold i bergmassen, hvor det er nødvendig med mer sikring enn det som er angitt i kontrakten, må byggherre bære tilleggskostnadene.

I tillegg til undersøkelser som foregår før byggestart, har man undersøkelser som blir utført foran stuff under drivingen. Eksempler her er sondérboring og kjerneboring. Slike undersøkelser er bestemmende for bergsikringen som utføres foran stuff. Deretter vurderes sikring etter stuff ut i fra faktiske observerte forhold.

Videre beskrives de vanligste bergsikringsmetodene i norsk sammenheng.

Tabell 3.17 presenterer benevning og tall fra postene i ekvivalenttidsmodellen.

Tabell 3.17 Sikring, post 16 – 25

Postnr.	Post	Mengde	Enhetstid	Tidsbestemmende faktor
16	Bolting	m	h/m	1,0
17	Sprøytebetong	m ³	h/m ³	0,3
18	Forbolting	salver	h/salve	1,0
19	Sondérboring	bm	h/bm	1,0
20	Kjerneboring	bm	h/bm	0,2
21	Injeksjon	m	h/m	0,6
22	Armerte sprøytebetongbuer	m	h/m	1,0
23	Full utstøping	m	h/m	0,6
24	Frysing	RS	uker	1,0
25	Svakhetssoner	stk	h/stk	1,0

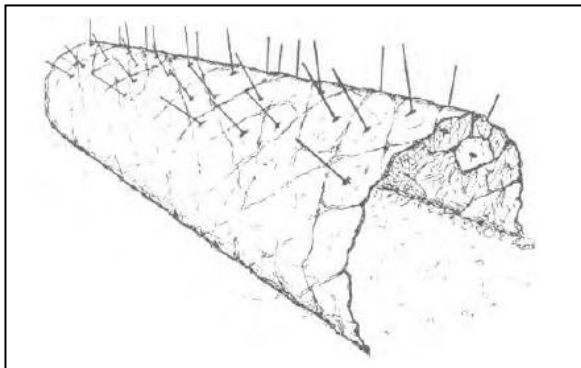
Bolting

Tidligere ble det ofte benyttet fjellbånd og nett i kombinasjon med boltesikring når det var behov for slik sikring i bergmassen, mens det i dag er vanlig å bruke boltesikring i kombinasjon med sprøytebetong. Bolting utføres som oftest radielt eller som forbolting, i en skjermformasjon. Forbolting beskrives senere i kapittelet. Bolter anvendes også ofte som en del av mer komplekse sikringssystemer, for eksempel armerte sprøytebetongbuer, som beskrives nærmere senere i denne delen.

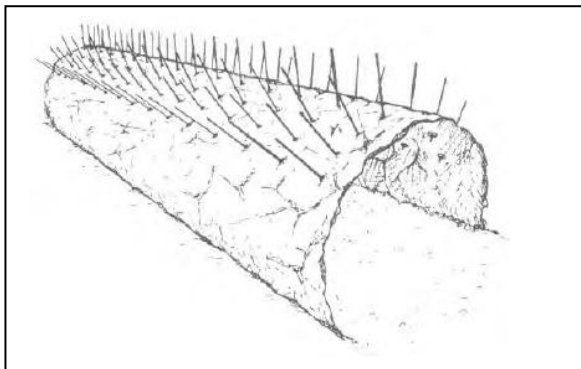
SVV (2012, s. 89) beskriver de to hovedprinsippene ved bolting (ses i sammenheng med Figur 3.13 og Figur 3.14):

Boltene utføres som spredt eller systematisk bolting. Med spredt bolting menes bolter som ikke er innsatt i et bestemt system, men hvor hver enkelt bolts plassering er nøye vurdert. Med systematisk bolting menes bolter som er innsatt i et rektangulært, kvadratisk eller diagonalt mønster. Systematisk bolting foretas etter at eventuell sprøytebetong er påført. Spredt bolting kan foretas før påføring av sprøytebetong.

(SVV, 2012, s. 89)



Figur 3.13 Eksempel på spredt bolting (SVV, 1999, s. 58)



Figur 3.14 Eksempel på systematisk bolting (SVV, 1999, s. 58)

En såkalt nøye vurdering, slik som nevnt i sitatet over når det gjelder spredt bolting, kan for eksempel være for sikring av enkeltblokker (Nilsen og Broch, 2011).

SVV (1999) deler inn boltetyperne i tre hovedgrupper:

- endeforankrede bolter
- fullt innstøpte bolter
- kombinasjonsbolter

Typiske verdier for bolting finnes i Tabell 3.18.

Tabell 3.18 Data for bolting (NTNU-Anleggsdrift, 1999; SVV, 1999; NTH-Anleggsdrift, 1995)

Boltelengde	1,5-6 m
Boltediameter	16-25 mm
Hulldiameter	25-48 mm
Mannskap	3 personer
Maskiner	Datarigg med korg og luftdrill med matesylinder
Enhetstid	0,1-1,6 h/m

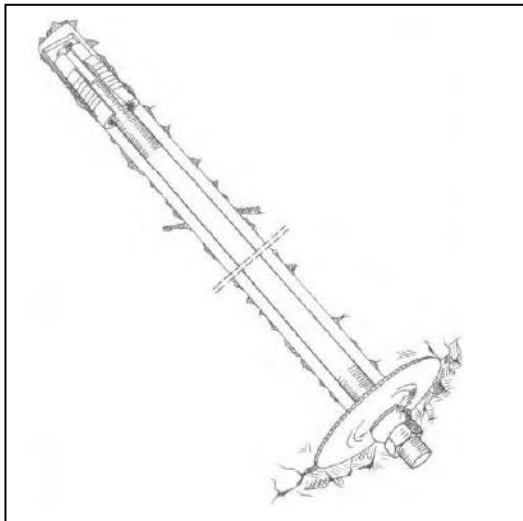
Endeforankrede bolter

Endeforankrede bolter brukes som oftest til sikring på stuff, når det er behov for hurtig sikring og behov for å øke innspenningen av bergmassen. Ved å forspenne boltene får bergmassen høyere fasthet, ved at friksjonen øker på sprekke. Endeforankrede, forspente bolter betegnes som aktive bolter. Boltene forspennes ikke hvis det er høye bergtrykk i fjellet, de blir da heller spent i takt med fjellets deformasjoner. (SVV, 1999)

Hovedtypene av endeforankrede bolter er:

- bolt forankret med ekspansjonshylse
- polyesterforankret bolt
- bolt endeforankret med mørtel

Figur 3.15 viser en ekspansjonsbolt.



Figur 3.15 Ekspansjonsbolt (SVV, 1999, s. 12)

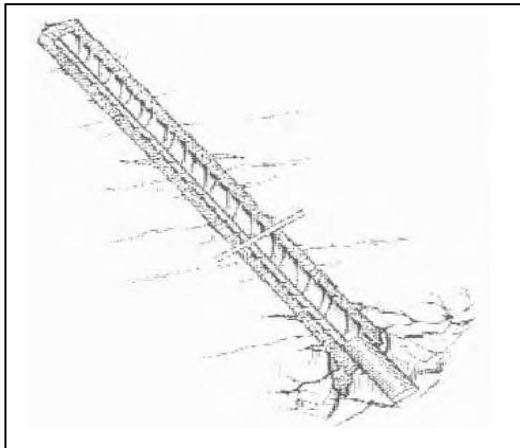
Fullt innstøpte bolter

Fullt innstøpte bolter kan brukes ved de fleste fjellforhold, og skal ikke forspennes. Denne typen bolter brukes for det meste til ettersikring og systematisk bolting. Det er deformasjon i fjellet som påfører tøyning i boltene, og derfor er sikringssystemet passivt. For store deformasjoner kan føre til brudd i boltene. Full innstøpning gir økt korrosjonsvern, men brudd eller utvasking av mørtelen, samt usentrisk beliggenhet av boltene i boltehullet gjør at mørtel ikke alltid er tilstrekkelig. I tillegg beskyttes derfor ofte stålet direkte med varmforsinking og eventuelt pulverlakkering. (SVV, 1999)

Hovedtypene av fullt innstøpte bolter er:

- mørtelinnstøpt kamstålbolt
- perforert bolt
- polyesterinnstøpt bolt

Figur 3.16 viser en mørtelinnstøpt kamstålbolt.



Figur 3.16: Mørtelinnstøpt kamstålbolt (SVV, 1999, s. 17)

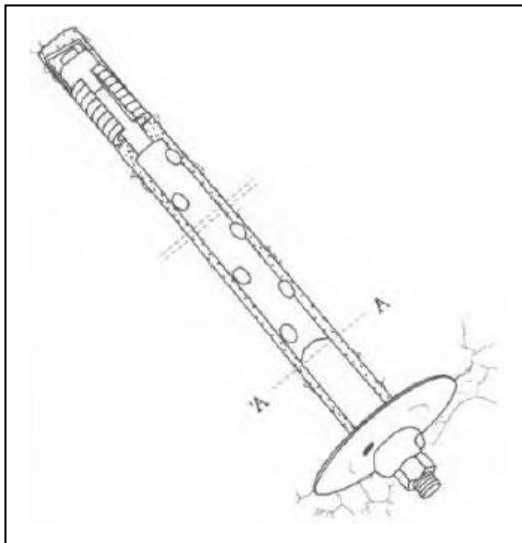
Kombinasjonsbolter

En kombinasjonsbolt er en bolt som endeforankres og kan ettergyses. Dette gjør at den samme bolten er kompatibel til både øyeblikkelig sikring (arbeidssikring) og til permanent sikring. En slik type bolt kan brukes ved de fleste fjellforhold, men den blir veldig stiv grunnet forspenning og ettergysing, og egner seg derfor dårlig i fjell med høye bergtrykk hvor det kan forekomme store deformasjoner. Boltene monteres som en endeforankret bolt, og ettergysingen forekommer normalt bak stoff. Her blir gysemasse pumpet inn i boltehullet, og luft presset ut. Ettergysingen gir økt korrosjonsvern, men gysemassen er i likhet med forrige boltetype ikke alltid tilstrekkelig. Boltene bør også her belegges med ekstra korrosjonsvern. (SVV, 1999)

Hovedtypene av kombinasjonsbolter er:

- rørbolt
- endeforankret og ettergyst bolt
- CT-bolt

Figur 3.17 viser en CT-bolt.



Figur 3.17 CT-bolt (SVV, 1999, s. 23)

Bruk av bolter i Statens vegvesens prosjekter

Prosesskoden (SVV, 2012, s. 89) beskriver bruken av boltetyper i norske vegtunneler:

Bortsett fra ved bergtrykksproblemer skal alle bolter til permanent sikring gyses med ekspanderende boltmørtel. Det kan enten benyttes fullt innstøpte bolter, hvor bolten er fullstendig omhyllt av innstøpingsmateriale i borhullet, eller endeforankrede bolter hvor bolten er festet ved hjelp av innstøpingsmateriale eller annen godkjent forankring innerst i borhullet, eller kombinasjonsbolter som endeforankres og senere innstøpes (ettergyses). For å inngå i den permanente sikringen skal mekaniske endeforankrede bolter ettergyses. Ved bergtrykksproblemer skal det brukes limte endeforankrede bolter (polyester). Ekspanderende boltmørtel skal brukes som gysmateriale.

(SVV, 2012, s. 89)

Antall bolter per meter ferdig tunnel varierer i stor grad med fjellforhold, sikringsfilosofi og kostnadsnivå (NTH-Anleggsdrift, 1995).

Sprøytebetong

Sprøytebetongteknologien har blitt sterkt forbedret de siste 40 årene. Dette har bidratt til økt bruk av metoden. Før 1975 ble sprøytebetong utført ved tørrsprøyting, som innebærer at mørtelen blir ført fram til sprøytemunnstykket i tørr tilstand og blandet med vann. I perioden 1975-1980 begynte man å se en overgang til våtsprøyting. Ved hjelp av silikastøv og vannreducerende tilsetningsstoffer fikk man en meget høy styrke i sprøytebetongen. I tillegg ble også stålfiberarmering introdusert tidlig på 80-tallet, som i stor grad har tatt over for den tidkrevende stålnettarmeringen, som var en mye benyttet armeringsmetode for sprøytebetong tidligere. Våtsprøyting sammen med innføring av robotstyrt sprøyting og silika har ført til blant annet følgende forbedringer, kontra tørrsprøyting: (Nilsen og Broch, 2011)

- høyere sprøytekapasitet [m^3/h]
- lavere prelletap
- bedre arbeidsmiljø
- bedre egnet ved fibertilsetting

Det viktigste kravet man stiller til sprøytebetong ved bergsikring, er høy tidligstyrke (NFF, 2010b). I det lange løp er det viktig at den har egenskaper som fører til god seighet og fasthet, og at den har god bestandighet. Måten sprøytingen utføres på kan påvirke disse faktorene. Her er det viktig at overflaten som skal sprøytes blir nøye rensket, enten ved hjelp av vann eller trykkluft. Ved lekkasjeproblemer kan det være en utfordring å få heft mellom bergmassen og sprøytebetongen, men dette kan løses ved å bore dreneringshull. Videre bør sikringen bygges

opp gradvis nedenfra og oppover under sprøyting. Påføringen av betongen utføres vinkelrett konturen, med en avstand 1,5-2,5 m fra munnstykket til tunnelkontur. Tykkelsen som påføres hver sprøyteomgang må tilpasses akseleratormengden og konsistensen for øvrig. (Nilsen og Broch, 2011)

I Tabell 3.19 presenteres typiske data for sprøytebetong. Sprøytebetongens komponenter er viktige for oppførselen, og i Tabell 3.20 trekkes flere av disse frem for å gi en oversikt over hvordan de bidrar til egenskapene.

Tabell 3.19 Data for sprøytebetong (NTNU-Anleggsdrift, 1999; NFF, 2010b; NTH-Anleggsdrift, 1995; Nilsen og Broch, 2011)

Betongtykkelse	Min. 8 cm
Betongkvalitet (minimumskrav)	Fasthetsklasse: B35 Bestandighetsklasse: M45
Stålfiber	Lengde: 21-39 mm Dosering: 20-50 kg/m ³
Plastfiber	Lengde: 50 mm Dosering: 5-7 kg/m ³
Mannskap	2 personer
Maskiner	Sprøyterobot og betongbil
Enhetstid	0,1-0,3 h/m ³

Tabell 3.20 Komponenter i sprøytebetong (NFF, 2010b; Nilsen og Broch, 2011)

Komponent	Forklaring
Silikastøv	- Gjør det lettere å blande inn og gir en jevnere fordeling av fibre. - Reduksjon av permeabilitet, og bedring av frostbestandighet for betongen. - Bedre heftfasthet til berget.
Stål- og plastfiber	- Bidrar til vesentlig økning av seigheten (bruddenergien) i sprøytebetongen. - Bidrar til en viss bedring av heften til berg. - Plastfibre er gunstigere enn stålfibre når det gjelder korrosjon, og betongens bestandighet mot brannskader.
Akselererende tilsetningsstoffer	- Blandes med betongen i munnstykket, og fører til at størkningen akselereres. - Bidrar til høy tidligstyrke.
Plastiserende og superplastiserende tilsetningsstoffer	- Reduserer vannforbruket uten at det går utover bearbeideligheten. - Bidrar til en bedre og jevnere blanding av sement og silikastøv. - Øker tidligstyrke. - Forbedret flyt for betongen gjennom slanger og rør. Fører til at det kan brukes lavere pumpetrykk, og dermed mindre slitasje på utstyr. - Økt forbindelse mellom vann og faste partikler i betongen, altså redusert mulighet for separasjon (bleeding).
Retarderende tilsetningsstoffer	- Kontrollert forsinkelse av størkningsprosessen. Gir utfører noe friere rammer når det gjelder sprøytingen, eventuelle forsinkelser kan håndteres. - Øker behovet for akselererende tilsetningsstoffer.
Stabiliserende tilsetningsstoffer	- Øker herdetiden, uten innvirkning på synkmål.

Sprøytebetong benyttes til både arbeidssikring og permanent sikring. Først og fremst brukes det for sikring av tett oppsprukket berg, mens det ved sprakefjellssituasjoner gjerne kombineres med bolting. Det finnes også bruksområder hvor det er problematisk å ta i bruk sprøytebetong, disse omfatter:

- lekkasjeførende sprekker og slepper
- områder med frostproblemer
- svakhetssoner med svelleleire

Grunnen til at den er ugunstig å bruke ved svelleleire kommer av sprøytebetongens tetthet mot konturen. Dette vil ikke gi leiren rom for volumutvidelse, og det vil øke svelletrykket og belaste sikringskonstruksjonen. Dette har ført til flere store ras i norske tunneler. Det beste alternativet her vil være å ta i bruk full utstøpning ved slike svakhetssoner, den vil gi tid og mulighet til en deformasjon, og dermed føre til lavere svelletrykk. (Nilsen og Broch, 2011)

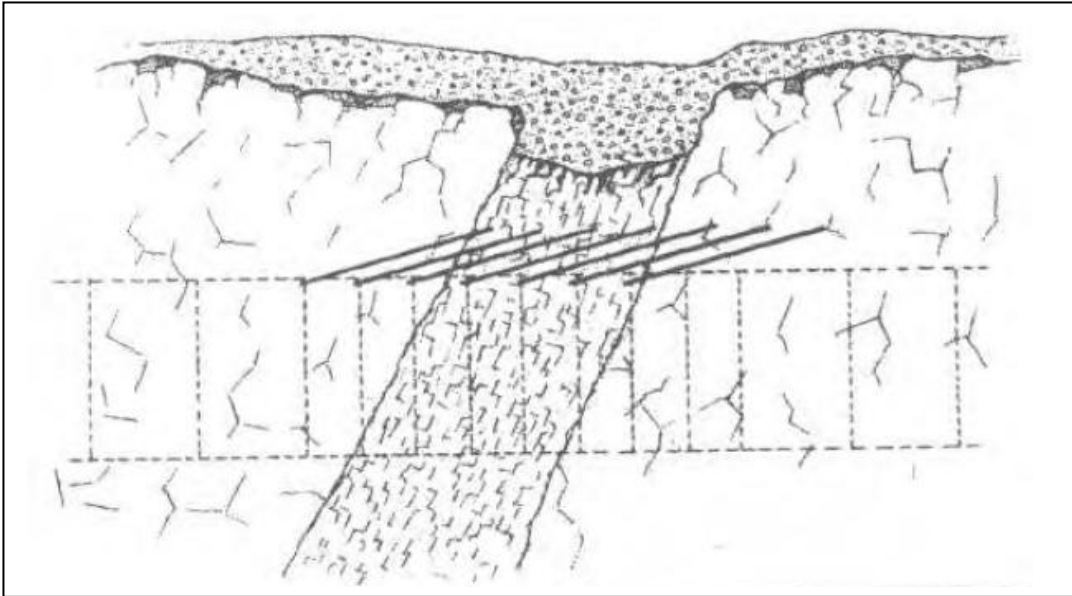
Ved relativt små leirsoner kan sprøytebetong benyttes i kombinasjon med armeringsnett, eventuelt armerte sprøytebetongbuer (NFF, 2010b).

Forbolting

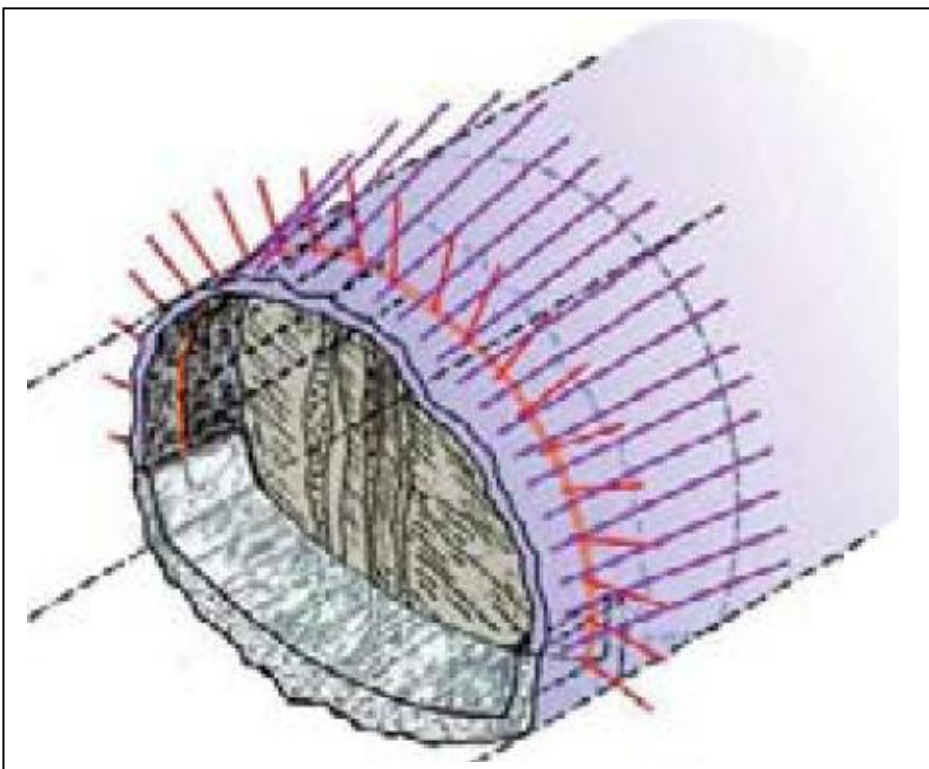
Forbolting, ofte kalt *Spiling*, brukes når det drives gjennom spesielt dårlig fjell (ved svakhetssoner, slik som vist i Figur 3.18) og i områder hvor det er liten fjelloverdekning. Metoden er også ofte brukt i forbindelse med tunnelpåhugg. Tabell 3.21 viser typisk data for forbolting. Forboltene hensikt er å bevare riktig profil etter sprengning, og å ivareta sikkerheten inntil annen sikring er etablert, slik som sprøytebetong og radielle bolter. Det er normalt å bruke fullt innstøpte kamstålbolter når det gjennomføres forbolting. Forboltene plasseres foran stoffen i en vifteform, slik som vist i Figur 3.19. Boltelengde, boltediameter, bolteretning og bolteavstand må vurderes ut i fra fjellforholdene. (SVV, 1999)

Tabell 3.21 Data for forbolting (SVV, 1999; NTH-Anleggsdrift, 1995)

Boltelengde	Rundt 6 m
Boltediameter	25 eller 32 mm
Boltevinkel	10°-25°
Bolteavstand	0,3-0,8 m
Bolter per salve	5-60 bolter
Mannskap	3 personer
Maskiner	Datarigg med korg og luftdrill med matesylinder
Enhetstid	7-9 min per bolt



Figur 3.18 Forbolting i svakhetssoner (SVV, 1999, s. 59)



Figur 3.19 Bruk av forbolter i kombinasjon med sprøytebetongribber, radielle bolter og sålestøp (NFF, 2010b, s. 24)

Sondérboring ved slaghammerboring

Sondérboring benyttes for å kartlegge bergkvalitet og vannlekkasjeforhold foran stuff. Det er informasjonen uthentet fra en slik undersøkelse som gir grunnlag for en beslutning om det er behov for aktiviteter foran stuff slik som forbolting og forinjeksjon, henholdsvis for stabilitet og tetting av vannlekkasjer. Ved oppdagelse av dårlig bergmassekvalitet kan det være behov for ytterligere sondér- eller kjerneboring, og reduserte salvelengder og sprengstofforbruk ved driving. (SVV, 2010b)

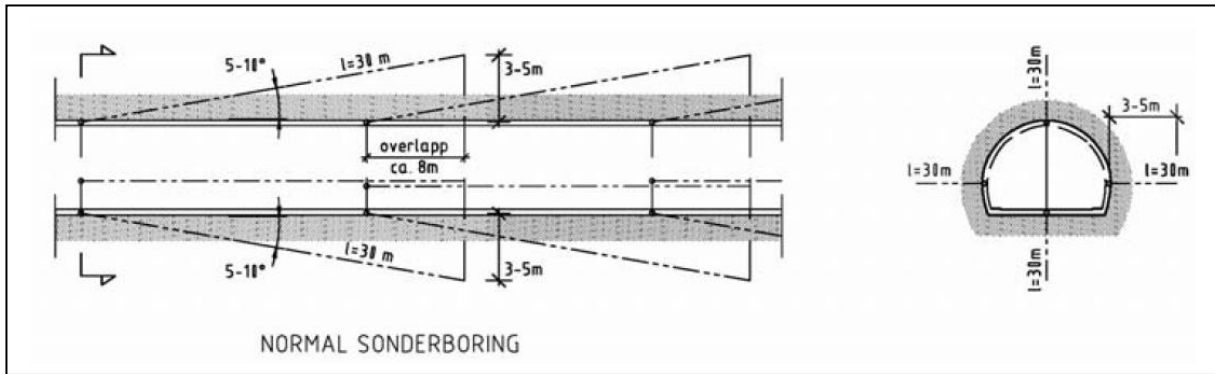
For en komplett forståelse av bergmassen i boringslengden foran stuff bør boringen utføres med boreparametertolkning, populært kalt *Measuring while drilling* eller *MWD*.

Tolkningsprogrammet tar i bruk boreloggen fra boreriggens boringer og kan ved hjelp av denne dokumentasjonen presentere resultatene i 3D. Her kan man visuelt få oversikt over bergmassens kvalitet med eventuelle svakhetssoner, sprekker og vannbærende soner, sammen med detaljerte verdier angående posisjoner av disse og hardhet i bergmassen. SVV(2010b) sier at boreparametertolkning bør som et minimum være operativt der forundersøkelsene antyder bergklasse D eller dårligere, målt i Q-systemet, se Kapittel 3.2.2. Det skal gjennomføres systematisk sondérboring under kote null i undersjøiske tunneler (SVV, 2010b). Måling av vannlekkasje utføres ved hjelp av bøtte og tidtaker. (SVV, 2010b)

Slagboring utføres normalt av tunnelboreriggen og krever derfor ikke tilleggstid for opp- og nedrigg. Sondérboringen utføres typisk som en skjerm foran stuff, med få hull. Det er byggherre som angir antall hull, plassering, retning og hullengde. SVV (2012) sier at slaghammerboring fra stuff skal utføres før salveboringen påbegynnes. Ut i fra denne normen vil det si at sondérboring har en tidsbestemmende faktor lik 1,0. Sammenliknet med kjerneboring er kostnaden for slaghammerboring lav, og det er en mindre tidkrevende metode. Hullene gjenstøpes eller injiseres etter bruk. Figur 3.20 gir et eksempel på sondérboring, og Tabell 3.22 gir typiske data tilknyttet sondérboring. (NFF, 2010b)

Tabell 3.22 Data for sondérboring (SVV, 2012; SVV, 2010a)

Hullengde	0-36 m
Antall hull	Min. 4-6 hull
Borevinkel	5°-15°
Lengde overlapp	Eksempelvis 8 m ved 30 m hullengde
Retningsavvik	Ikke overstige 6 %



Figur 3.20 Eksempel på sonderboring (SVV, 2010b, s. 71)

Man kan bruke *Figur 3.5* fra NTNU-Anleggsdrift (1999) til å beregne tid brukt ved sonderboring. Denne blir gjengitt i Formel 3.4.

$$\frac{bm}{m} = \frac{a_{sondér} * a_{hull} * l_{hull}}{(l_{sondérhull} * l_{overlapp}) * 100\%}$$

$a_{sondér}$ – andel av hele tunnallengden som skal sonderbores [m]

a_{hull} – antall sonderhull [stk]

$l_{sondérhull}$ – lengde sonderhull [m]

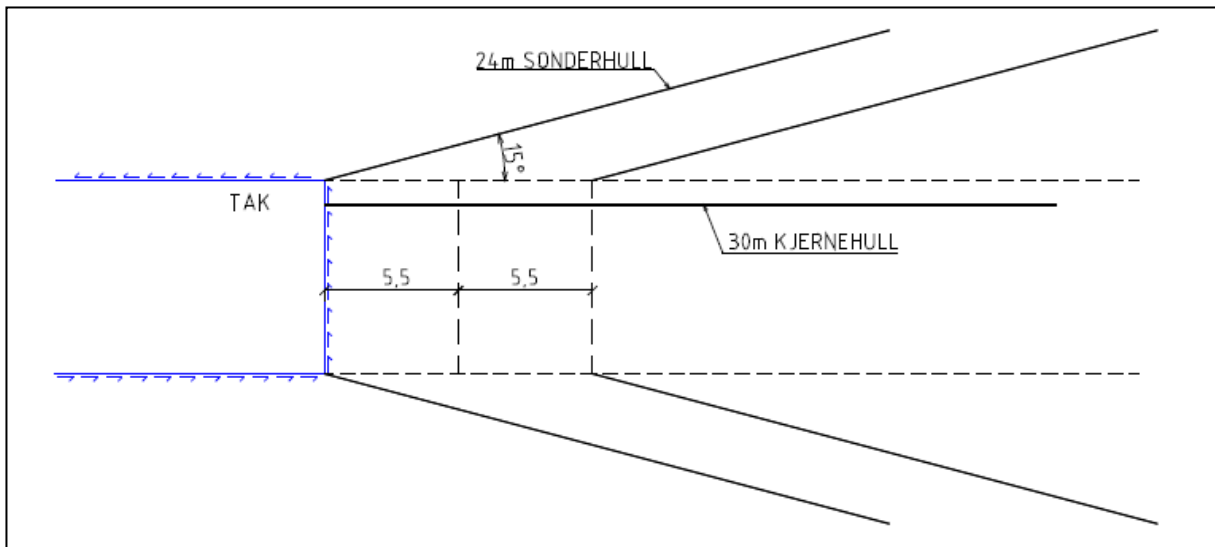
$l_{overlapp}$ – lengde overlapp [m]

Formel 3.4 Tid brukt ved sonderboring (NTNU-Anleggsdrift, 1999, s. 19)

Sonderboring ved kjerneboring

I spesielle tilfeller hvor ytterligere informasjon om bergforholdene foran stoff er nødvendig, for eksempel ved svakhetssoner, kan kjerneboring benyttes. Kjerneboring utføres ved hjelp av et sylindrisk utformet borhode, med sylindrisk formede rør i bakkant hvor kjernen fysisk blir holdt på plass. Analyse av bergmassekjernene kan avsløre sprekker og soner med forskjellig bergmassekvalitet, men løsmasser og uegnede bergtyper kan vise seg vanskelig å analysere og kan i noen tilfeller føre til tapte kjernepartier. Dette kan forebygges ved reduksjon eller stenging av spylevann, reduksjon av matertrykk og rotasjon samt eventuell bruk av midler som hindrer utvasking av leire (SVV, 2012). Kjerneboring brukes gjerne som supplement til slaghammerboring og utføres fra stoff i hengnivå, slik som Figur 3.21 viser. (NFF, 2010b)

Den bør også utføres med boreparametertolkning for en komplett forståelse av bergmassen (SVV, 2010b).



Figur 3.21 Eksempel på kjerneboring (SVV, 2010a, s. 17)

Typiske data ved kjerneboring er gitt i Tabell 3.23. SVV (2012) stiller krav til hvordan borkjernene skal håndteres etter boring, her inngår krav både til lagring og transport samt tekniske metoder knyttet til undersøkelser. Særlig viktig er det å føre protokoll over forhold som har betydning for vurdering av bergkvaliteten, som også er gjeldende for sondéboring, for eksempel:

- matetrykk
- inndrift og borevansker
- eventuelt tap av spylevann
- borkakstype
- vanninnbrudd
- registrering av innlekkasje

Kjerneboring er kostnadmessig en dyr aktivitet, men kan i noen tilfeller være helt nødvendig å gjennomføre. Kjerneboring krever en egen rigg, og det brukes å utføre slik boring utenfor normal skifttid. Det er likevel sannsynlig at forsinkelser eller liknende kan oppstå, og den tidsbestemmende faktoren er derfor anbefalt til å være 0,2 (NTNU-Anleggsdrift, 1999). SVV (2012) inneholder poster som synliggjør at det er forbundet forsinkelser med slaghammer- og kjerneboring, slik som 31.24 *Ventetid ved stuff ved kjerneboring* og 31.33 *Ventetid ved stuff ved avviksmåling*.

Tabell 3.23 Data for kjerneboring (SVV, 2012)

Kjerner diameter	Min. 46 mm
Hullengde	0-200 m
Antall hull	1-3 hull

Injeksjon

Hovedårsaken til at injeksjon blir brukt er for å tette mot vannlekkasjer, enten om det gjøres forebyggende ved forinjeksjon, eller ved etterinjeksjon. Noe sjeldnere brukes injeksjon som ren stabilitetssikring. Injeksjon vil være gunstig når det drives gjennom knusingssoner, hvor injeksjonen vil bidra til å øke fastheten i bergmassen og dermed gjøre det enklere å drive gjennom. (NFF, 2010a)

Tabell 3.24 viser typiske data for injeksjon.

Tabell 3.24 Data for injeksjon (SVV, 2012; SVV, 2010a)

Antall hull	30-70 stk
Hullengde	18-24 m
Borhullsvinkel	5°-10°
Pumpelinjer	Min. 3 stk
Injeksjonstrykk	Ca. 10 MPa

Injeksjonsmidlene deles hovedsakelig opp i to grupper, sementbaserte og kjemiske. Den mest brukte i dag er den konvensjonelle, den sementbaserte. Ulempen ved den er at den ikke kan trenge inn i sprekker som er mindre enn 0,1-0,2 mm. I tilfeller hvor det stilles strengere krav til tetthet brukes det ofte derfor kjemiske midler eller mikrosementer. (Nilsen og Broch, 2011)

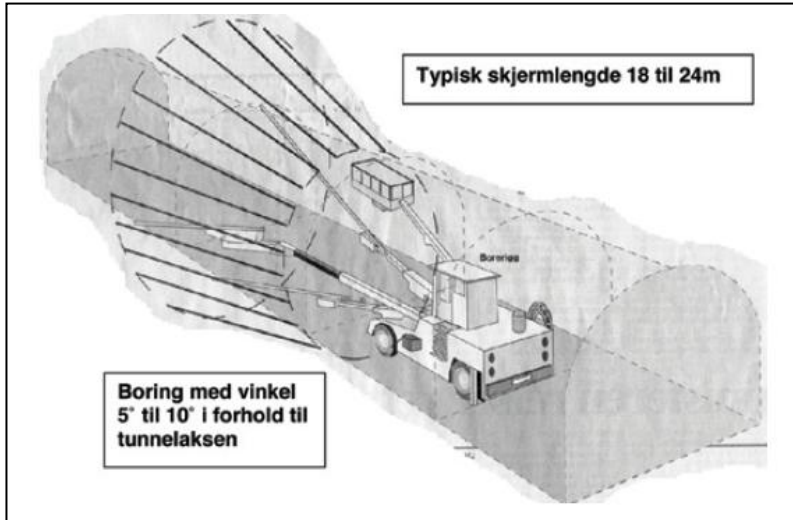
Behovet for injeksjon bestemmes hovedsakelig av prosjekttypen og kravene gitt ved det enkelte prosjektet. Ved undersjøiske tunneler og ved tunneler i byområder tas det ofte i bruk systematisk forinjeksjon, grunnet strenge krav til innlekkasje og fare for setningsskader. I vanlige tunneler er behovet mindre, og det injiseres ofte bare før svakhetssoner eller ved stor innlekkasje. (Nilsen og Broch, 2011)

Forinjeksjon benyttes i områder der vannlekkasjer kan påføre tunnelanlegget skader eller ulemper og/eller der det settes krav til maksimal innlekkasje for å hindre skadelige miljøpåvirkninger på omgivelsene.

(SVV, 2010b, s. 71)

Injeksjonen utføres ofte gjennom sondéborhull, og vil typisk utføres som en skjerm foran stuff, slik som vist i Figur 3.22. Selve injeksjonsarbeidet utføres ved at pakkere plasseres i injeksjonshullene. Gjennom disse pumpes injeksjonsmiddel inn i hullet og vil ved hjelp av høyt trykk presse seg videre ut i bergmassen gjennom sprekker.

Det er mer utfordrende å oppnå gode resultater ved etterinjeksjon enn det er ved forinjeksjon. Dette fordi man ved etterinjeksjon ofte bare oppnår å flytte lekkasjen til et annet sted i tunnelen. Utsagnet er erfaringsbasert. (Nilsen og Broch, 2011)



Figur 3.22 Typisk injeksjonsskjerm (NFF, 2010a, s. 11)

Om injeksjonsarbeid står det i *Prosesskoden* hva som faller inn under denne arbeidsoperasjonen, og hvilket tidsbruk som er dimensjonerende:

Mengden måles som effektiv injeksjonstid, regnet som den tiden det går fra pumping starter til pumping avsluttes, avrundet til nærmeste hele kvarter. Hvis injeksjonen utføres med redusert kapasitet i forhold til gitte krav, skal mengden reduseres tilsvarende. Avbrudd som skyldes reparasjoner, venting på sement, eller liknende skal trekkes ut av regnskapet. Enhet: time

(SVV, 2012, s. 81)

Armerte sprøytebetongbuer

Sprøytebetongbuer kan benyttes som permanent stabilitetssikring, utført enkeltvis som lokal forsterkning, systematisk i svakhetssoner med stor utstrekning, bak stuff, nær stuff eller inntil stuff. Sprøytebetongbuer kan utføres enten enkeltarmert eller dobbeltarmert.

(SVV, 2012, s. 94)

Sprøytebetong, kombinert med forbolting og/eller bolting og armerte sprøytebetongbuer kan i de fleste tilfeller og for samtlige sikringsklasser fungere som permanent sikring, med unntak av noen særdeles spesielle forhold hvor full utstøpning er nødvendig (svelleleire etc.). (SVV, 2010b)

Tabell 3.25 gir typiske data for armerte sprøytebetongbuer.

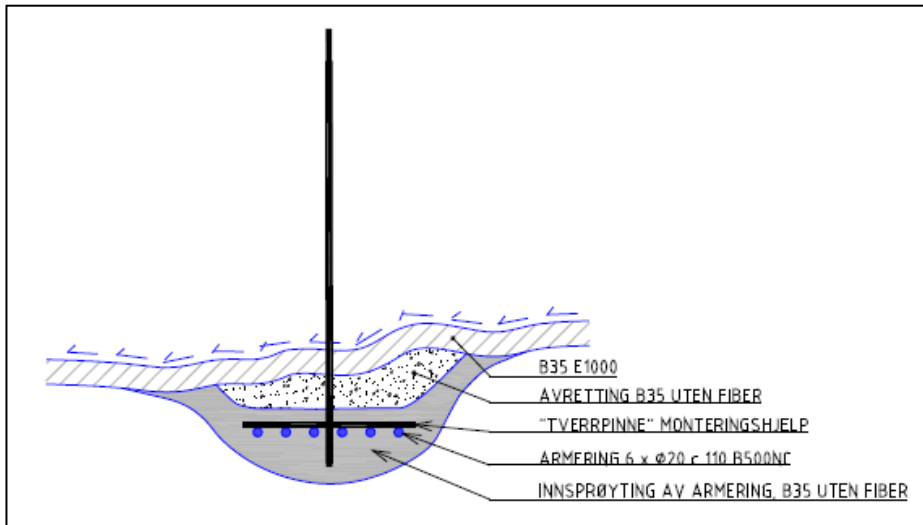
Tabell 3.25 Data for armerte sprøytebetongbuer (SVV, 2010a)

Avstand mellom buene	1,5-3,0 m (cc)
Buetykkelse	0,3-0,6 m
Buebredde	0,45-0,75 m
Armeringsjern	Stålklasser: B500NC Antall: 6-10 stk Diameter: 20 mm Overdekning: Min. 50 mm

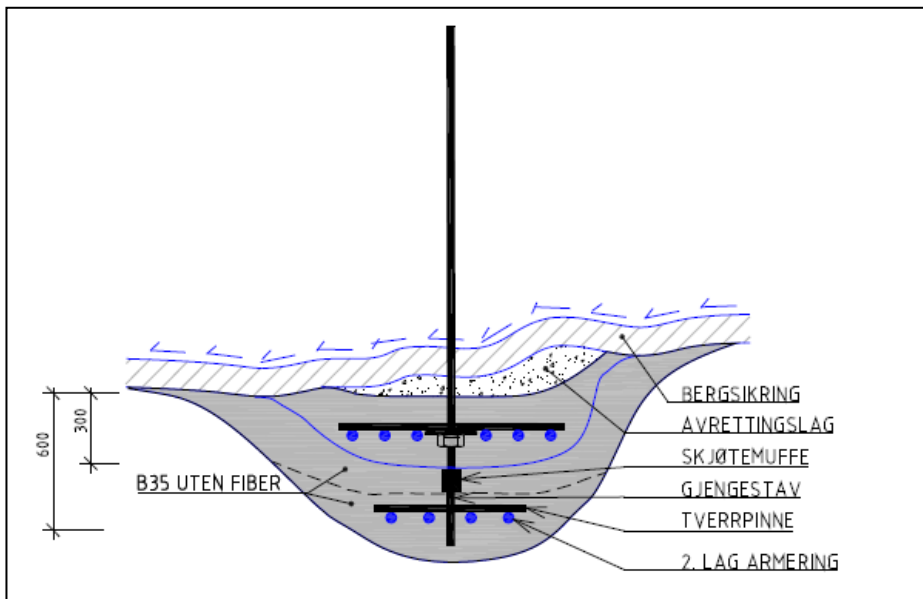
Ved utførelse av sprøytebetongbuer må det vurderes dimensjoneringsbehov, hvor hovedparametrene for sprøytebetongbuens bæreevne er gitt i SVV (2010a):

- enkelt- eller dobbeltarmert utførelse
- betongtykkelse
- armeringsmengde
- senteravstand for buene
- bolteforankring i bergmassen

Essensen i dette er at den konstruksjonstypen som blir valgt skal være i stand til å ta opp og overføre belastninger uten uakseptable deformasjoner eller svakheter som reduserer sikkerheten på lang sikt. Hovedsakelig blir enkeltarmerte buer brukt, som er gode til å oppta trykkpåkjenninger. I mer utfordrende spenningssituasjoner kan det være nødvendig med dobbeltarmerte buer, som i tillegg har kapasitet til å håndtere bøyemomenter. Figur 3.23 og Figur 3.24 viser eksempler på de to løsningene. (SVV, 2010a)



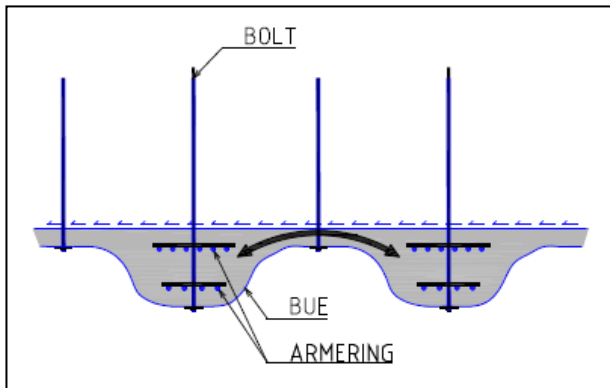
Figur 3.23 Enkeltarmert sprøytebetongbue (SVV, 2010a, s. 36)



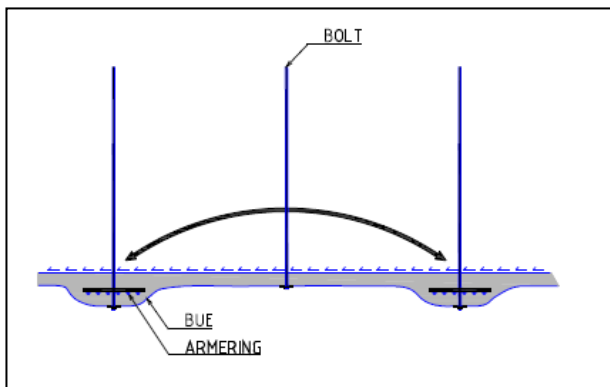
Figur 3.24 Dobbeltarmert sprøytebetongbue (SVV, 2010a, s. 37)

Det er viktig at buenes utforming stemmer overens med teoretisk profil for tunnelprofilen. Underlag for dette dannes ved hjelp av et bergsikringslag, med påfølgende avrettingslag av sprøytebetong, slik som vist i Figur 3.23 og Figur 3.24. For den totale stabiliteten i det sikrede berget er det viktig at det er et godt samspill mellom sprøytebetongbuene og de radielle boltene. Figurene illustrerer at boltene opptrer som fundament for buen langs vegg og heng, og at en tverrpinne knytter de langsgående armeringsjernene med de radielle boltene. Det tas vanligvis utgangspunkt i Q-metoden for å bestemme bolteantall og bolteavstand. Ut i fra disse to eksemplene er det nærliggende å tro at en dobbeltarmert bue er noe mer komplisert å utføre

enn en enkeltarmert. Til slutt blir buene sprøytet inn med betong. Hvelvet mellom sprøytebetongbuene skal også sprøytes, og bør være forsterket med systematisk bolting. Figur 3.25 og Figur 3.26 viser hvordan dimensjonering og utforming av sprøytebetongbuene påvirker spenningssituasjonen i hvelvet. Figur 3.25 illustrerer hvordan de tverrgående buene bærer lasten fra berget ved bue-/hvelvvirkning, kontra Figur 3.26 der hvelvvirkningen dannes i berget. Den siste situasjonen krever ofte tyngre sikring og er mindre gunstig enn den førstnevnte. (SVV, 2010a)



Figur 3.25 Lastbæring i buen (SVV, 2010a, s. 28)



Figur 3.26 Lastbæring i berget (SVV, 2010a, s. 28)

Full utstøping

Omfatter sikring av tunnel med betongutstøping ved og bak stuff ved særlig ustabile partier, soner med svelleleire, liten overdekning eller ved andre forhold der byggherren anser støp nødvendig.

(SVV, 2012, s. 95)

Utstøpingen utføres normalt med mobile støpeskjold av stål, som også kan fungere som arbeidssikring for stuffmannskapet når andre sikringstiltak er utfordrende eller farlige å gjennomføre. Det er utstøping av tak og vegger som vanligvis inngår i uttrykket full utstøping, mens sålestøp inngår hvis det er fare for stor og/eller skjev trykkbelastning (SVV, 2010b). Armering av full betongutstøping i tunnel gjennomføres kun unntaksvis, for eksempel ved flate partier i hengen eller ved fare for sidetrykk (SVV, 2010b). Før pumping av betong må konturen være godt rensket, ettersom utfall før eller under pumping kan føre til betydelig svekkelse av betongen. (Nilsen og Broch, 2011)

Full utstøping er en kostbar og tidkrevende metode sammenliknet med de fleste andre sikringsmetoder, og benyttes kun ved forhold slik som beskrevet innledningsvis i kapitlet. Den sterke utviklingen innenfor sprøytebetongteknologien har ført til at full utstøping blir brukt sjeldnere. I dag er fiberarmert sprøytebetong og systematisk bolting et godt alternativ til full utstøping, og ved vanskeligere bergmasseforhold kan det tas i bruk armerte sprøytebetongbuer. (Nilsen og Broch, 2011)

Tabell 3.26 presenterer typiske data for full utstøping.

Tabell 3.26 Data for full utstøping (NTNU-Anleggsdrift, 1999; Nilsen og Broch, 2011; SVV, 2012)

Betongtykkelse	Min. 30 cm
Lengde av mobilt støpeskjold	Min. 5 m
Betongkvalitet (minimumskrav)	Fasthetsklasse: B35 Bestandighetsklasse: M45
Utstøpingstid, 30 cm	2,2-3,5 h/m

Frysing

Under spesielt vanskelige stabilitets-forhold ved driving, slik som i soner med en stor andel løsmasser, er det mulig å ta i bruk frysing som en midlertidig sikring. Metoden er kun benyttet noen få ganger i Norge, og da først og fremst i forbindelse med utrasing på stuff, og minimal fjelloverdekning og dårlig fjellkvalitet (Nilsen og Broch, 2011).

Typiske data for frysing finnes i Tabell 3.27. Frysing utføres ved at det etableres én eller flere borhullsskjermer rundt tunnelverrsnittet, hvor fryserørene installeres. Saltlake er det vanligste frysemediumet i dag, men ved ønske om hurtig nedfrysing kan flytende nitrogen anvendes. Når seksjonen er frosset kan driving og bergsikring igangsettes. Drivingen blir gjerne gjennomført med korte salver, eventuelt kan gravemaskin benyttes. Etter hver salve blir det satt opp permanent sikring, vanligvis som full utstøping. Ulempen ved frysestabilisering er at det er en kostbar og tidkrevende metode, og at den derfor kun anvendes ved absolutt nødvendighet. (Nilsen og Broch, 2011)

Tabell 3.27 Data for frysing (NTNU-Anleggsdrift, 1999; Nilsen og Broch, 2011)

Boreskjemmer og borhull	2 rader med 72 hull
Hullengde	18-29 m
Etablering av frysehull og rør	8-16 uker
Nedfrysing	Ca. 3 døgn med nitrogen Min. 3 uker med saltlake
Driving gjennom sonen (reduert salvelengde og full utstøping)	30 h/m

Svakhetssoner

Svakhetssoner i tunneltraséen kan hovedsakelig kartlegges gjennom forundersøkelser, ved hjelp av flyfoto og kart, utført av ingeniørgeologer, som gjerne følges opp av seismiske undersøkelser og boringer for økt detaljeringsgrad (Nilsen og Broch, 2011). Ved driving inn mot svakhetssoner etableres en undersøkelses- og sikringssone minimum 15 meter foran svakhetssonen. Her startes sonderboring, forbolting og eventuell injeksjon (SVV, 2010b, s. 73). Utover dette blir det ved dårligere bergmasse igangsatt ytterligere bergsikring, og redusert salvelengde og sprengstoffmengde.

3.8.4 Omrigg

Innebærer tidsbruk for alle prosesser som går med til omstilling av anlegget til andre typer aktiviteter. Nedrigging av maskiner og hjelpeutstyr som ble brukt under drivingen med påfølgende tilrigging av maskiner og hjelpeutstyr som trengs til innrednings- og ferdigstillingsfasen, også kalt kompletteringen. Prinsippene med tanke på nedrigging og opprigging diskuteres i SVV (2010b).

Tabell 3.28 presenterer benevning og tall fra postene i ekvivalenttidsmodellen.

Tabell 3.28 Omrigg, post 26

Postnr.	Post	Mengde	Enhetstid	Tidsbestemmende faktor
26	Omrigg fra driving til komplettering	m	m/h	1,0

Omrigg fra driving til komplettering

Tidsbruk til omrigg fra driving til komplettering er avhengig av størrelse på prosjektet og til dels spesielle forhold for hvert enkelt prosjekt. Det vil si at en tunnel som er ti kilometer i prinsippet vil ta dobbelt så lang tid å omrigge som en tunnel på fem kilometer. I tillegg vil nedrigging og opprigging av maskiner og hjelpefunksjoner til personell og maskiner være tidsavhengige av mannskap og maskinpark. SVV(2010b) viser en oversikt over utfordringer ved nedrigg og tilrigging. Dette kan relateres til omriggingsfasen fra driving til komplettering

3.8.5 Vann- og frostsikring

Det skilles mellom stabiliserende sikring og vann- og frostsikring i Norge, mens det internasjonalt er vanlig å benytte seg av dobbel betongutstøping med mellomliggende membran, som er svært kostbar (NTH-Anleggsdrift, 1995). Det skal sikres spesielt mot vann og is i vegtunneler. Dette utføres som regel ved hjelp av en avskjerming som fører vannet ned til grøft. Avskjermingskonstruksjonen bør også isoleres ved høye frostmengdeverdier. (SVV, 2010b)

SVV (2012, s. 99) sier ”Metode for vann- og frostsikring velges ut fra tunnelklasse, frostmengde og drifts- og vedlikeholdshensyn.”

For tunneler i tunnelklasse D, E og F skal det benyttes løsninger som inkluderer gjennomgående elementer av betong, mens det i de resterende klassene, spesielt A og B, er behov for langt mindre frost- og vannsikringstiltak (SVV, 2010b).

Vannsikring

Det spesifiseres ved hvert enkelt prosjekt, hvilken verdi det er for innlekkasje. Ønsket er at kjørebane skal være fri for vanddrypp, dette grunnet erosjon på kjørebanedekket. Spesielt ved undersjøiske tunneler bør lekkasjer forhindres, ettersom saltvann virker korrosivt på miljøet i tunnelen. Dette kan skade metall- og betongkonstruksjoner. NTH-Anleggsdrift (1995, s. 41) sier at vannlekkasjer i vegtunneler også kan medføre blant annet:

- grunnvannssenkning som kan skade bebyggelse i form av setninger samt endre vegetasjonsmønster
- tåke, mørk og våt kjørebane og tilgrising av skilt og markeringer som gir redusert trafiksikkerhet

Frostsikring

Statens vegvesen har en databank når det gjelder frostmengder, for samtlige kommuner. Dette benyttes når frostsikringen skal prosjekteres, ved at man setter frostmengdeverdien som overskrides én gang i løpet av ti år som dimensjonerende faktor. Frostsikringen kan etableres for å eliminere årsakene av frostdannelse, slik som destabilisering av bergmassen grunnet frostsprengning. Dette gjøres ved isolasjonsløsninger, som for eksempel PE-skum. En annen tanke for etablering av frostsikring kan være å sikre mot konsekvensene av frostdannelsen. Her kan en hvelvløsning av normalbetong være et eksempel, som sikrer tunnelbrukerne mot nedfall, men har noe lavere isolasjonsegenskaper. (NTH-Anleggsdrift, 1995)

Tabell 3.29 presenterer benevning og tall fra postene i ekvivalenttidsmodellen.

Tabell 3.29 Vann- og frostsikring, post 27 - 30

Postnr.	Post	Mengde	Enhetstid	Tidsbestemmende faktor
27	Betonghvelv av betongelementer	m	h/m	1,0
28	PE-skum med sprøytebetong	m	h/m	1,0
29	Kombinerte løsninger	m	h/m	1,0
30	Luftport eller annen port	RS	uker	1,0

Betonghvelv av betongelementer

Betonghvelv består av prefabrikkerte betongelementer, vanligvis i normal- eller lettbetong. Elementene blir støttet av fundamenter etablert på begge sider av tunnelverrsnittet, samt forankring av elementene i fjell med bolter. Med membran og riktig tetting av fuger og bolter er løsningen vanntett. Når det gjelder frostsikring er frostmotstanden større i lettbetong enn i normalbetong, dette grunnet høyere luftinnhold i lettbetongen. Et hvelv av normalbetong kan tåle store nedfall og spare en del stabilitetssikring, mens lettbetong er svakere styrkemessig. Typiske data knyttet til betonghvelv av betongelementer er vist i Tabell 3.30. (NTH-Anleggsdrift, 1995)

Tabell 3.30 Data for betonghvelv (NTH-Anleggsdrift, 1995; NTNU-Anleggsdrift, 1999)

Betongtykkelse	Ca. 150 mm
Betongkvalitet (minimumskrav)	Fasthetsklasse: B35 Bestandighetsklasse: MF40
Frostmengde	Normalbetong: 10 000 h°C Lettbetong: 15 000 h°C
Kapasitet for etablering av fundament	0,25 h/m-0,40 h/m
Mannskap	3 personer
Maskiner	Gravemaskin påmontert vakuumutrustning

Elementene bør fraktes direkte fra fabrikk til montasje, slik at lagringsplass ikke behøves og håndteringsskader på elementene reduseres. I tunneler hvor det i stor grad blir lagt vekt på estetisk utforming, er det vanlig å benytte seg av løsninger hvor elementer inngår. NTH-Anleggsdrift (1995) sier at utstyr og ressursforbruk er lik for normal- og lettbetong, men at kapasiteten er to til tre ganger så høy ved lettbetong sammenliknet med normalbetong. Dette synliggjøres i Tabell 3.31.

Tabell 3.31 Kapasitet for montering av betonghvelv (NTH-Anleggsdrift, 1995, s. 102)

Tunnelprofil	T5	T8	T8,5	T9	T10	T11	T12
Lettbetong (lm/h)	1,7	1,58	1,54	1,50	1,50	1,36	1,30
Normalbetong (lm/h)	0,57	0,53	0,51	0,50	0,50	0,46	0,44

PE-skum med sprøytebetong

Typiske data for PE-skum finnes i Tabell 3.32. PE-skum, eller polyetylen-skum, er et vann- og lufttett materiale. PE-skummet festes til fjellet ved hjelp av gjennomgående bolter og stigeband. PE-platene tilpasses enkelt tverrsnittsendringer og nisjer etc. ettersom de er elastiske. Derimot er det noe utfordrende å få det tilstrekkelig tett rundt boltegjennomføringer og i skjøtene mellom platene. Ved økt styrkebehov kan armeringsnett være et godt supplement. Disse blir i så fall festet til allerede eksisterende bolter og andre festemidler. Deretter kan sprøytebetongen påføres, i tynne lag, slik at det ikke løsner før størkning. Sprøytebetongen bidrar til styrke, visuelt inntrykk og brannbeskyttelse for PE-skummet. (NTH-Anleggsdrift, 1995)

Tabell 3.32 Data for PE-skum (NTH-Anleggsdrift, 1995; NTNU-Anleggsdrift, 1999)

Tykkelse: PE-skum	45 mm
Frostmengde	15 000 h°C
Kapasitet for etablering av fundament	0,63 h/m-0,82 h/m
Mannskap	2-3 personer
Maskiner	Lift med korg og elektriske slagboremaskiner

Kombinerte løsninger (Ekeberghvelv o.l.)

Kombinerte løsninger tar i bruk kombinasjoner av løsningene presentert i de to tidligere metodene; betonghvelv av betongelementer og PE-skum med sprøytebetong. Tabell 3.33 gir ressursbehov ved bruk av Ekeberghvelv. Tabell 3.34 gir kapasiteter og ressurser ved deloperasjonene som inngår. Et eksempel her er Ekeberghvelv. Ekeberghvelvet er en type vann- og frostsikring hvor nedre del av profilet består av veggelementer av betong, og øvre del består av PE-skum med armeringsnett som er sprøytet med betong. (NTH-Anleggsdrift, 1995)

Tabell 3.33 Ressursbehov for Ekeberghvelv (NTH-Anleggsdrift, 1995, s. 103)

Mannskap	2-3 personer, sprøytebetonghvelv 2 personer, veggelement og fundament
Maskiner	Bakstuffbil med hevbar plattform, sprøytebetongbil og traktorgraver

Tabell 3.34 Kapasiteter og ressurser for deloperasjoner (NTH-Anleggsdrift, 1995, s. 103)

Deloperasjon	Kapasitet [m ² /h]	Personer	Utstyr
PE-plater	17	2	Sakseløft
Sprøyting	120	2	Betongsprøyting
Armering	25	3	Sakseløft
Lettbetongelement	30	3-4	Monteringsmaskin
Normalbetongelement, vegg	14	2-3	Monteringsmaskin
Normalbetongelement, tak	9	3-4	Monteringsmaskin
Fundament	10	2	Hjullaster

Luftport eller annen port

Vann- og frostsikring er en betydelig kostnadspost totalt sett, som tidligere nevnt, og det vil derfor av logiske grunner unngås hvis det er mulighet til å benytte seg av andre alternativer, slik som de metodene som blir presentert senere i kapittelet. SVV (2006, s. 16) sier ”For å redusere behovet for frostsikring i tunneler med lav vinterdøgntrafikk (f. eks. mindre enn 200 kjøretøy per døgn) kan automatiske porter benyttes”.

NTH-Anleggsdrift (1995) definerer to tiltak for å hindre frost innenfor begrepet *Luftport eller annen port*:

- **Kuldeport**
 - En kuldeport hindrer gjennomgående luftstrøm å kjøle ned tunnelen, ved at den automatisk åpnes og lukkes ved hver passering. Disse monteres som oftest i lite trafikkerte høyfjellstunneler med kraftig luftstrøm av nedkjølt luft.
- **Luftgardin**
 - I tunneler der luften har dårlig utskiftningsgrad, kan luftgardin anvendes for å hindre isdannelse. Tanken er at tunnellufta blir varmet opp av naturlig jordvarme, og at luftgardinen hindrer dette i å slippe ut.

NTNU-Anleggsdrift (1999) gir en veiledende byggetid på fire uker for en luftport.

3.8.6 Vegkropp

SVV (2010b) beskriver at vegfundamentets oppbygning bestemmer tykkelsen av samlet vegoverbygning og videre nivå for teoretisk sprengningsprofil, også kalt traubunnsnivå i tunnelsålen. Det bør foretas en teknisk/økonomisk vurdering med tanke på valg av materialer og oppbygning. Alle forhold som påvirkes av traubunnsnivået skal her trekkes inn. I tillegg til selve vegfundamentet inkluderes blant annet:

- kostnader for sprengning og utlasting
- behov for frostsikring
- konsekvenser for grøftedybder og de installasjoner som inngår i drencsystemet
- konsekvenser for trekkerørtraseer, rørkryss, størrelse på trekkekummer mv.
- fundamenteringsnivå for valgt konstruksjon for vann- og frostsikring

(SVV, 2010b, s. 81)

Frostsikringsbehov er en vurderingssak i hvert enkelt tilfelle. Man skal sikre mot telehiv dersom frostmengden i tunnelen er større enn 10 000 h°C. Dersom disse områdene likevel er tørre behøver man ikke gjennomføre frostsikringen. (SVV, 2010b)

Telehiv defineres som ”løfting som følge av frost og påfølgende teledannelse i underliggende telefarlige jordarter” (SVV, 2012, s. 17).

Vegkropp kan deles inn i fire hoveddeler, disse er (NTH-Anleggsdrift, 1995):

- underbygning
- drenering
- overbygning
- banketter

Tabell 3.35 presenterer benevning og tall fra postene i ekvivalenttidsmodellen.

Tabell 3.35 Vegkropp, post 31 – 34

Postnr.	Post	Mengde	Enhetstid	Tidsbestemmende faktor
31	Underbygning			
31.1	<i>Sålerensk med total masseutskiftning</i>	m	h/m	1,0
31.2	<i>Sålerensk til knøl</i>	m	h/m	1,0
31.3	<i>Avretting av traubunn</i>	m	h/m	1,0
32	Drenering			
32.1	<i>Stikkrenner</i>	m	h/m	0,2
32.2	<i>Grøft</i>	m	h/m	0,2
33	Overbygning			
33.1	<i>Frostsikring i vegkroppen</i>	m	h/m	1,0
33.2	<i>Bære-, forsterknings- og drenslag</i>	m	h/m	0,5
33.3	<i>Dekke</i>	m	h/m	1,0
34	Bankett, trekkør etc.	m	h/m	1,0

Underbygning

Undersøkelser av tunnelmasse i form av knust sprengstein kan gi en indikasjon på om det er fare for tele i vegfundamentet. En slik vurdering kan potensielt redusere unødvendige kostnader forbundet med etablering av underbygning. Tre ulike metoder benyttes til å klargjøre traubunn for etablering av vegkropp:

- sålerensk med total masseutskiftning
- sålerensk til knøl
- avretting av traubunn

(NTH-Anleggsdrift, 1995, s. 26)

SVV (2012) presenterer utfyllende i *Hovedprosess 5* hvilke prosesser som inngår i utforming av underbygning. Teoretisk sprengningsprofil skal utformes slik at det blir plass til valgt vegoverbygning. Nivået for traubunn skal samsvare med teoretisk sprengningsprofil. Utlasting av overskuddsmasser eller oppfylling med egnede masser og avretting er mulige tilnærminger. Masseutskiftningene skal utføres til et nivå som sikrer tilstrekkelig bæreevne. Traubunn skal ha et ensidig fall på minst 3 %. (SVV, 2010b)

Sålerensk med total masseutskifting

Tabell 3.36 presenterer typiske tall ved operasjoner med sålerensk med total masseutskifting.

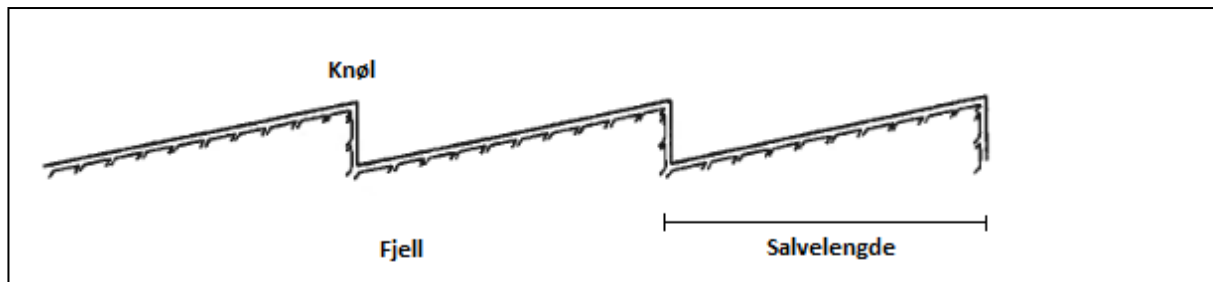
Tabell 3.36 Data for sålerensk med total masseutskifting (SVV, 2010b; NTH-Anleggsdrift, 1995; NTNU-Anleggsdrift, 1999)

Maks. gjenværende tunnelmasser etter rensk	50 mm eller 50 l masse pr. m ²
Materialer	Pukk eller kult, maks 3 % finstoff
Mannskap	3-5 personer pr. skift
Maskiner	Gravemaskin og 2-4 lastebiler
Enhetstid	0,125-0,325 h/m

Tunnelsålen renskes slik at det blir liggende minimalt igjen av tunnelmasser på tunnelsålen. Sprengning av tverrgrøfter eller andre tiltak skal sikre minimal opphoping av vann på tunnelsålen. Etter tilfredsstillende rensk bygger man opp til traubunn med tilførte materialer. (SVV, 2010b)

Sålerensken påbegynnes etter at sluttrensk av heng og vegger er ferdig. Krav til rensk er at det alltid skal nå fast fjell dersom ikke annet er vedtatt. Stikningshakk fra salver renskes svært grundig. Fyllmaterialet til prosjektert traubunn skal ikke være av telefarlig materiale. For å gjøre en grundig jobb med sålerensken kreves bruk av gravemaskin. Videre benyttes sortert sprengstein eller knuste masser til å etablere riktig nivå for traubunn. (NTH-Anleggsdrift, 1995)

Figur 3.27 viser prinsippskisse for ferdig rensket såle. Figur 3.27 er modifisert.



Figur 3.27 Prinsipp for sålerensk med total masseutskifting (NTH-Anleggsdrift, 1995, s. 27)

Sålerensk til knøl

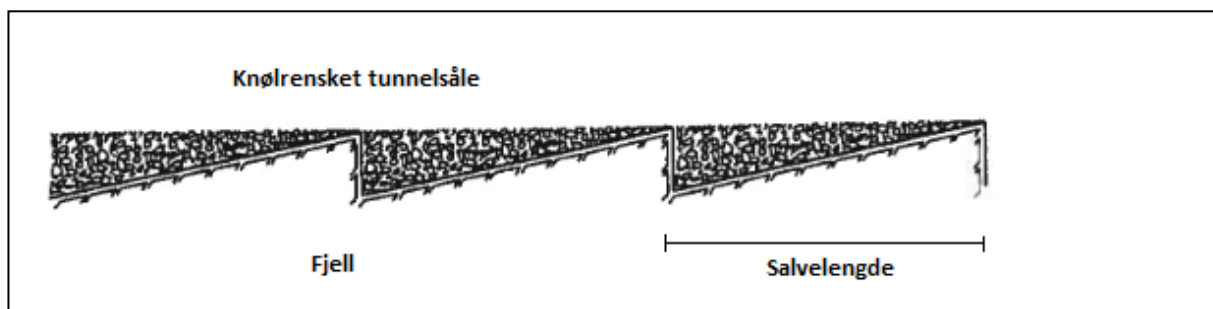
Tabell 3.37 presenterer typiske tall ved operasjoner med sålerensk til knøl.

Tabell 3.37 Data for sålerensk til knøl (NTH-Anleggsdrift, 1995; NTNU-Anleggsdrift, 1999)

Utlasting/innkjøring av masser	0,2/0,1 m
Mannskap	3-5 personer pr. skift
Maskiner	Gravemaskin og 2-4 lastebiler
Enhetstid	0,065-0,150 h/m

Forskjellen fra sålerensk med total masseutskiftning er at man vil la massene ligge igjen i stikningshakk som skissert på Figur 3.28. Prøver av tunnelsteinen som blir liggende igjen dokumenteres slik at man kan avverge eventuelle teleproblemer. Videre supplerer man med ikke telefarlig materiale til prosjektert traubunn. (NTH-Anleggsdrift, 1995)

Figur 3.28 viser prinsippskisse for knølsensk før nye masser legges ut. Figur 3.28 er modifisert.



Figur 3.28 Prinsipp for sålerensk til knøl (NTH-Anleggsdrift, 1995, s. 27)

Avretting av traubunn

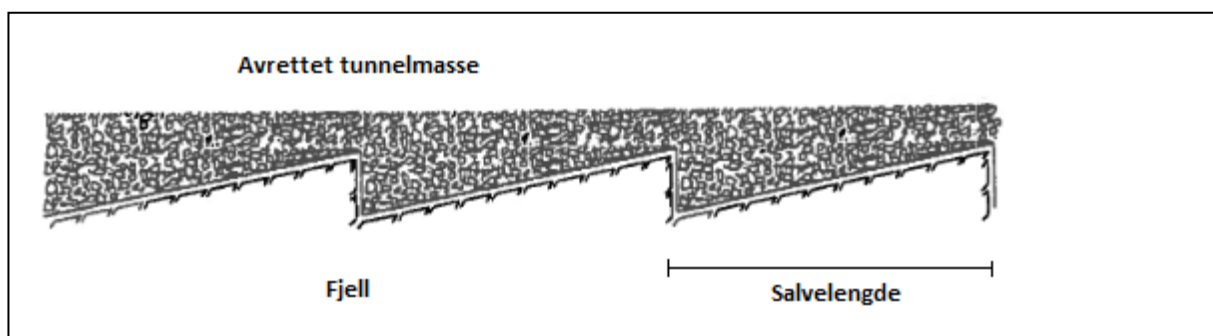
Tabell 3.38 presenterer typiske tall ved operasjoner med sålerensk til knøl.

Tabell 3.38 Data for avretting av traubunn (NTH-Anleggsdrift, 1995; NTNU-Anleggsdrift, 1999)

Høvling og oppsamling av knuste masser	0,1 m
Tverrfall på vegbane	5 %
Mannskap	2-3 personer
Maskiner	Veghøvel, gravemaskin og 1 lastebil
Enhetstid	0,030-0,085 h/m

Den raskeste og billigste måten å etablere underbygning for veg er å avrette traubunnen der alle underliggende masser er tunnelmasse. Disse tunnelmassene vil bestå av nedknuste materialer med liten bæreevne og mye finstoff. En veghøvel kan benyttes til å fjerne det øverste overflatesjiktet. Tykkelsen på dette sjiktet kan variere med ulike faktorer. Blant annet kan bergart, transportutstyr og høyde i forhold til prosjektert traubunn være sentrale faktorer. På samme måte som ved sålerensk til knøl er det viktig å undersøke tunnelmassen som ikke byttes for telefarlighetsgrad. (NTH-Anleggsdrift, 1995)

Figur 3.29 viser prinsippskisse for avrettet traubunn. Figur 3.29 er modifisert.



Figur 3.29 Prinsipp for avretting av traubunn (NTH-Anleggsdrift, 1995, s. 28)

Drenering

Vannlekkasjer i tunneler skal føres frostsikkert ut via et drencsystem. Avskjerming i vegger og heng skal lede lekkasjer ned til grøft. Et drencslag over traubunn skal samle opp vannlekkasjer i tunnelsåle. I tillegg til lekkasjevannsystemet skal det etableres et eget system for overvann og oppsamling av vann fra vasking. Drencsystemet skal forholde seg til forhold som (SVV, 2010b, s.77):

- forventet lekkasje
- mulige endringer i lekkasjer over tid
- nedslagsfelt og nedbørsmengder i dagsoner
- spesielle vurderinger ved lite fall, fare for tilslamming og/eller begroing av ledninger
- behov for reservemagasin i forbindelse med lavbrekk
- behov for hjelpedrengrøfter i våte partier
- frostsikring av drencsystemet, inklusive kummer

Drenering og fundamentering med masser som ikke er telefarlige benyttes for å hindre telehiv og frostskafer på vegkonstruksjonen i en tunnel. For å samle opp miljøfarlig avrenning etablerer man et avløpssystem utenfor tunnelen. Kapasiteten til avløpssystemet må minimum dekke potensiell påkjenning fra vasking av tunnelen. (NTH-Anleggsdrift, 1995)

Stikkrenner

Dersom man etablerer et forsterkningslag legger man på et lag med drenerende masser. Dette skal bidra til å lede lekkasjen i sålen ut i grøft. Sammen med dette drenc- og filterlaget plasserer man også stikkledninger fra eventuell hjelpegrøft. Stikkrenner og hjelpegrøft blir som oftest benyttet i tilfeller med store innlekkasjer i tunnelen. Det er vanlig at disse lekkasjene begrenser seg til inngangspartiet og sprekke- og svakhetssoner. Vanlig kapasitet for etablering av stikkrenner er fem lm/time. Lengde av hjelpegrøft vurderes i hvert enkelt tilfelle. Her er lekkasjemengde og lengde på lekkasjestrekning avgjørende faktorer. (NTH-Anleggsdrift, 1995)

Grøft

Tabell 3.39 presenterer talldata om utførelse av grøfter.

Tabell 3.39 Data for grøfter (SVV, 2010b; NTH-Anleggsdrift, 1995)

Kapasitet etablering med tekniske installasjoner	3,5-5,5 lm/h
Minimum dybde	0,5 m
Minimum bredde i bunn	0,5 m
Eks. stabile masser	Grus fraksjon 8-16 mm
Tykkelse under ledningens underkant	150 mm
Over topp rør	250 mm
Ved $F_{10T} > 6000 \text{ h}^\circ\text{C}$	Frostsikring eller tilstrekkelig dyp grøft
Mannskap	2-3 personer pr. skift
Maskiner	Gravemaskin, 1-2 lastebiler

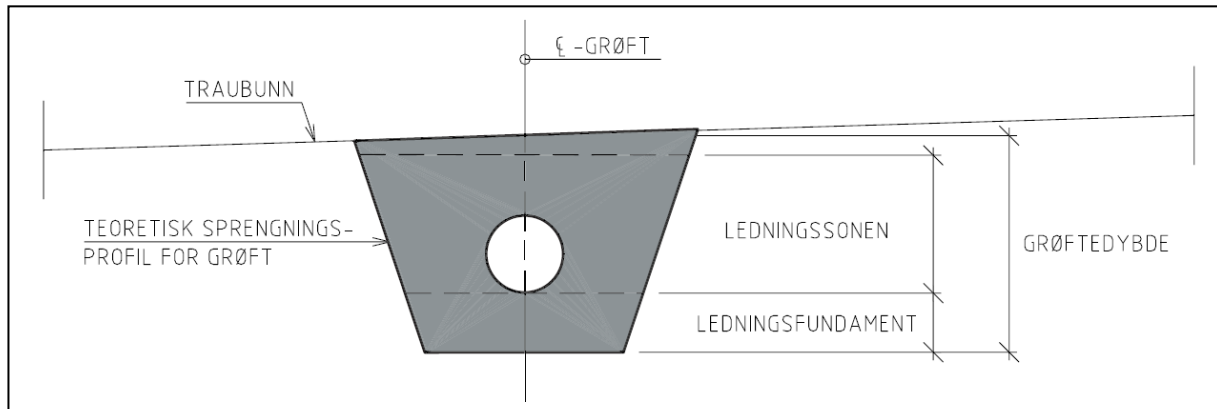
Underkant av ledningsfundamentet defineres av teoretisk sprengningsprofil for grøftebunnen. Tilstrekkelig avstand fra tunnelveggen må påregnes slik at fundamentering for eventuelle vann- og frostsikringskonstruksjoner og sikringsstøp kan utføres utenfor grøft i sålenivå. I tilfeller med store lekkasjer er det anbefalt å anlegge grøfter på hver side av tunnelen. Skumglassgranulat eller lettklinker er foretrekkende hva gjelder frostsikring av grøfter. (SVV, 2010b)

Lekkasjer fra såle skal ha frostsikker avrenning til frostsikker drensgrøft. Det er vanlig å sprengre denne grøften samtidig som man driver resten av tverrsnittet. Dersom det medfører uforholdmessig stor heft og vanskeligheter ved å drive grøft samtidig som resten av tunnelen kan man sprengre den som etterslep, bores med egen pallborerrigg eller sprettes. Drensledning og overvanns- og spylevannsledning blir vanligvis lagt til samme grøft. En hjelpegrøft i motsatt side av tverrsnittet er en aktuell løsning, med stikkrenner til hovedgrøfta. Bunnen av drensgrøfta bør ligge dypere enn eventuelle gryter i traubunn. (NTH-Anleggsdrift, 1995)

Etablering av grøfter gjøres gjerne med å fylle på med stabile masser som fundament for drensledning. Dette skal fordeles med en jevn tykkelse. Deretter plasseres aktuelle rør og kummer, før man dekker over med stabile, velgraderte masser. Det vil være tilnærmet likt tids- og ressursforbruk for utførelse av grøfter i alle tunnelprofil. (NTH-Anleggsdrift, 1995)

Hovedprosess 4 i SVV (2012) forklarer utfyllende hvordan utforming av grøfter til aktuelle bruksområder skal foregå.

Figur 3.30 viser prinsippskisse for krav til grøftedybde.



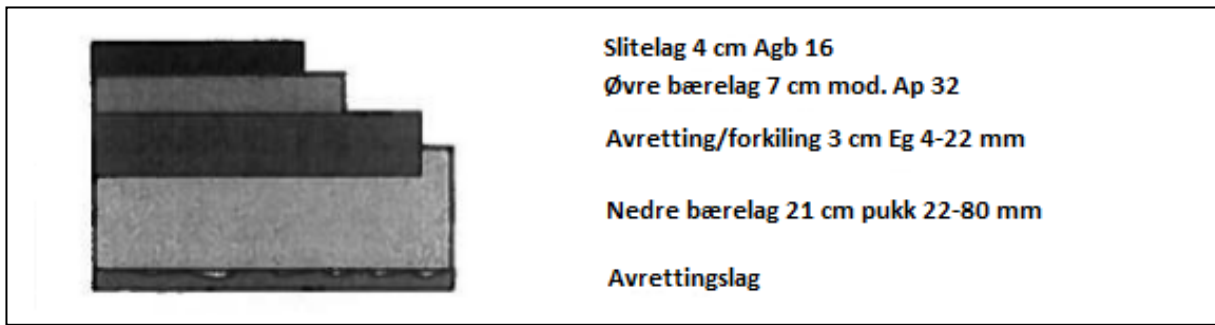
Figur 3.30 Krav til grøftedybde (SVV, 2010b, s. 78)

Overbygning

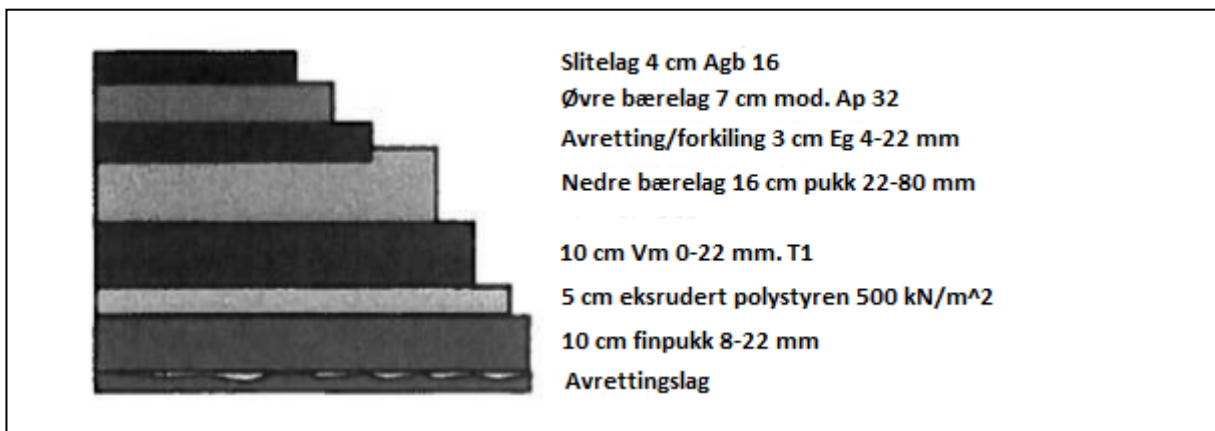
I SVV (2012, s. 14) defineres overbygning som ”Den del av vegkroppen som er over traubunn. Overbygningen kan bestå av frostsikringslag, filterlag, forsterkningslag, bærelag og vegdekke”. SVV (2012) presenterer videre utfyllende i *Hovedprosess 5* hvilke prosesser som inngår i utforming av overbygning.

Vegoverbygning dimensjoneres gjerne etter trafikkmengde og undergrunnens bæreevne. Figur 3.31 og Figur 3.32 viser hvordan man kan utforme overbygning for henholdsvis i sone uten frost og i sone med frost. Forutsetninger som ligger til grunn er (NTH-Anleggsdrift, 1995, s. 33):

- dimensjoneringsperiode 20 år
- andel tunge kjøretøy 15 %
- ti tonn tillatt aksellast
- årlig trafikkøkning 2 %
- to kjørefelt

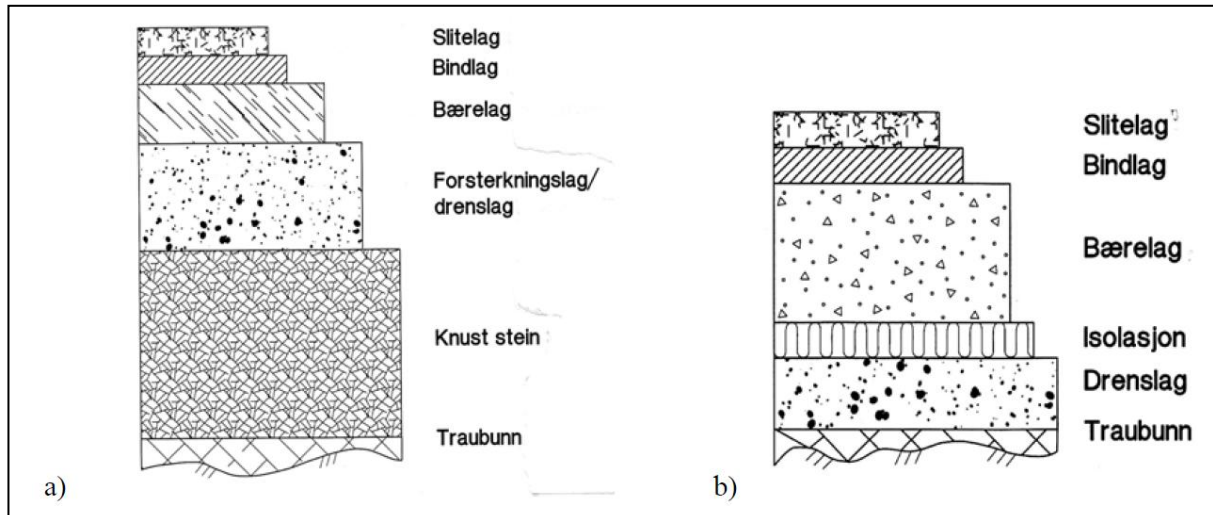


Figur 3.31 Overbygning i sone uten frost ÅDT=1 000, Standardklasse H1 (NTH-Anleggsdrift, 1995, s. 33)



Figur 3.32 Overbygning i sone med frost ÅDT=1 000, Standardklasse H1 (NTH-Anleggsdrift, 1995, s. 33)

SVV (2010b) presenterer prinsippsskisser for frostsikret overbygning i tunnel med frostsikringslag (a) og isolasjonsmaterialer (b). Disse er gjengitt i Figur 3.33. Trafikkbelastning påvirker nødvendig materialkvalitet, tykkelse og utførelse av de enkelte lagene.



Figur 3.33 Frostsikring i overbygning, frostsikringslag (a), isolasjonsmaterialer (b) (SVV, 2010b, s. 82)

Frostsikring i vegkroppen

Tabell 3.40 presenterer informasjon om utførelse av frostsikring i vegkroppen.

Tabell 3.40 Data for frostsikring i vegkroppen (NTH-Anleggsdrift, 1995; NTNU-Anleggsdrift, 1999)

Krav til trykkstyrke i stive plater	350 kN/m ² eller 700 kN/m ² ved 5 % def.
Tykkelse plater	50 mm
2 mann	300 m ² pr. skift (4 lm/h for T12, 6 lm/h for T8,5 og 10 lm/h for T5)
Mannskap	2 personer
Maskiner	Hjullaster/spesialrigg
Enhetstid	0,10-0,37 h/m

I vegkroppen plasserer man stive plater av ekstrudert polystyren med not og fjær. Full såleisolasjon er vanlig å utføre i våte partier. Dette gjelder også for grøftene. I mindre ekstreme tilfeller kan en hjelpegrøft være tilstrekkelig. Da platene potensielt kan gi isdannelse på asfaltdekket er et alternativ å innlemme varmekabler i et sandlag. Fordelene er at man sikrer at vannet kommer frem til grøfta. En ulempe er økte kostnader ved en løsning med varmekabler. (NTH-Anleggsdrift, 1995)

Oppbygning av overbygning med isolasjonsplater er skissert i Figur 3.33 (b). Det er viktig at frostsikringen omfatter hele tunnelbredden og hindrer at det oppstår kuldebroer. Tørre strekninger kan unnskyldes områder med sløfjet frostsikring. Nøyaktig utførelse og kvalitetssikringsrutiner er viktige prinsipper dersom man ønsker et vellykket resultat. (SVV, 2010b)

SVV (2010b, s. 75) sier at usikkerheten knyttet til frostinntrengning er så stor at alle tunneler med lengde inntil 500 meter skal dimensjoneres for frostmengden ute. Ved tunnellengder over 500 meter skal frostinntrengningen vurderes.

Bære-, forsterknings- og drenslag

Tabell 3.41 presenterer informasjon om utførelse av bære-, forsterknings- og drenslag.

Tabell 3.41 Data for bære-, forsterknings- og drenslag (SVV, 2010b; NTNU-Anleggsdrift, 1999; NTH-Anleggsdrift, 1995)

Forsterkningslag	Fraksjon 0-22 mm
Drenslag	Fraksjon 0-32 mm
Drenslag tykkelse	Minimum 100 mm
Bærelag tykkelse	Minimum 120 mm
Forsterkningslag tykkelse	Minimum 250 mm
Mannskap	5-7 personer
Maskiner	Gravemaskin, vibrasjonsvalse og 2-4 lastebiler
Enhetstid halv bredde	0,150-0,370 h/m
Enhetstid hel bredde	0,100-0,325 h/m

Bærelaget er underlaget for det stive toppdekket. Dette laget er bygd opp av mekanisk stabiliserende, sement- eller bitumenstabiliserte materialer. Disse brukes ofte som bærelag i tilfeller hvor underliggende materialer mangler bæreegenskaper. Knuste eller sorterte med tilfredsstillende kvalitet danner gjerne tilslaget i bærelaget. Avretting av utlagte masser, kompaktering og forsegling med membranherder og måling av densitet og vanninnhold er forutgående prosesser for kontroll av bæreevnen. (NTH- Anleggsdrift, 1995)

Til forsterkningslaget anvendes gjerne sprengt stein, kult eller pukk. Avrettingslag med sprengstein vanskeliggjør planeringsarbeidene. Dermed bør et ekstra avrettingslag vurderes. Bæreevne og telefarlighet er dimensjonerende for tykkelsen på forsterkningslaget. (NTH- Anleggsdrift, 1995)

Drenslaget skal hindre finstoff i å trenge opp i forsterkningslaget. Vannlekkasjer skal dreneres i dette sjiktet til frostsikker grøft. Aktuelle områder for frostsikringsplater benytter drenslaget som avrettingslag. Ekstra tverrdrensgrøfter kan være nødvendig for sikker drenering. (NTH- Anleggsdrift, 1995)

Tabell 3.42 gjengir en oversikt over kapasitet ved utlegging av forsterkningslag basert på *Tabell 7.16* i NTH-Anleggsdrift (1995).

Tabell 3.42 Kapasiteter for etablering av bære-, forsterknings- og drenslag (NTH-Anleggsdrift, 1995, s. 97)

Tunnelprofil	T5	T8	T8,5	T9	T10	T11	T12
Halv bredde (lm/h)	-	6,5	7,0	7,0	6,5	5,5	5,0
Hel bredde (lm/h)	10,5	10,5	10	9,5	9,0	7,0	6,0

SVV (2010b) presenterer krav til bære-, forsterknings- og drenslag i *Kap. 9 Vegfundament og vegdekke*, se Tabell 3.41.

Dekke

Tabell 3.43 presenterer informasjon om utførelse av dekke.

Tabell 3.43 Data for dekke (NTNU-Anleggsdrift, 1999; NTH-Anleggsdrift, 1995)

Mannskap	8-10 personer
Maskiner	Asfaltutlegger, statisk slettevals og gummihjulsvals, 3-5 lastebiler
Enhetstid	0,03-0,11 h/m

Hovedprosess 6 i SVV (2012) beskriver mulige utførelser av dekke.

De viktigste kriteriene for valg av dekketype i tunnel er trafikkmengde, kostnader og klima. Punktlekkasjer gjør asfalten utsatt for tæring. Tunneler med lite trafikk må likevel tåle enkelte smålekkasjer. Stive dekker er ønskelig å benytte i høyt trafikkerte tunneler. Ulempen med slike dekker er motstandsdyktighet mot frostskafer med påfølgende sprekkdannelse. Betongdekker er ikke den mest vanlige løsningen i Norge. Det vil si at man kun anvender dette ved spesielle forhold. Støvplager og høye vedlikeholdskostnader vil ofte føre til at man fraråder å anvende disse løsningene i vegtunneler. Asfaltdekke er den mest anvendte løsningen til dekke i tunneler i Norge. Det velges ofte et høyverdig asfaltdekke for å unngå store vedlikeholdskostnader og hindring av trafikken. Metoden for asfaltering er den samme som for veg i dagen og kostnadene vil være noenlunde de samme. Det som kan bidra til en ekstra utgift er behovet for fresing på grunn av at man må opprettholde nødvendig fri høyde. (NTH-Anleggsteknikk, 1995)

Tabell 3.44 og Tabell 3.45 gjengir en oversikt over henholdsvis veiledning for valg av dekkemateriale og kapasitet ved etablering av asfaltdekke.

Tabell 3.44 Veiledning for valg av dekkemateriale (NTH-Anleggsdrift, 1995, s. 36)

Asfaltdekker	ÅDT	Betongdekker	ÅDT
Skjelettasfalt	> 5 000	Valsebetong C35-C55	3 000-5 000
Asfaltbetong	1 500-15 000	Betong C40-C70	3 000-15 000
Drensasfalt	1 500-15 000	Betong C70-C90	> 5 000
Asfaltgrusbetong	< 3 000	-	-

Tabell 3.45 Kapasitet ved etablering av asfaltdekke (NTH-Anleggsdrift, 1995, s. 98)

Tunnelprofil	T5	T8	T8,5	T9	T10	T11	T12
lm/h	30	20	20	20	20	15	15

Bankett, trekkerør etc.

Tabell 3.46 presenterer informasjon om utførelse av bankett.

Tabell 3.46 Data for bankett (NTH-Anleggsdrift, 1995)

Tverrfall mot kjørebane	Opp mot 15 %
Kantsteinhøyde	Ca. 10 cm
Bankettykkelse	60 mm
Kapasitet for legging på begge sider	25-30 lm/h
Mannskap	6-8 personer
Maskiner	Grusutlegger, glidestøpmaskin

I mange vegtunneler er det behov for etablering av bankett, eller fortau, i tillegg til kjørebane. Banketten kan også fungere som fundament for betongelementer som monteres som en del av vann- og frostsikringen. Tverrfallet skal være enda større enn kjørebane for å sikre at man får god avrenning til grøft. Belegging av bankett kan bestå av drenerende masser, asfalt eller betong. Det er vanlig å støpe bankett og kantstein i en operasjon. Ved nisjer og rundt andre installasjoner må mye av arbeidet gjøres manuelt. (NTH-Anleggsdrift, 1995)

3.8.7 Elektroarbeider

Innebærer montering av fellesanlegg, ventilasjon, belysning, sikkerhetsutstyr, overvåkning og trafikkregulering. (NTNU-Anleggsdrift, 1999)

Det er viftesystemet som representerer den mest strømkrevende av systemene i driftsperioden. Tiltak for å effektivisere strømforbruket er ved å redusere belysning om natta, stoppe viftene og pumpedrensvann om natta. Alle elektriske installasjoner skal ha en oversikt over utstyr og leverandør. Beskrivelse av bruk og oppfølging skal også ligge ved. (NTH-Anleggsdrift, 1995)

I *Hovedprosess 3* i SVV (2012) beskrives rutiner for utførelse av elektroarbeider fra *Kapittel 36 Belysning, ventilasjon og sikkerhetsutrustning*.

Alt utstyr skal være CE merket. Fra produsent skal det være en samsvarserklæring om at utstyr er i henhold til gitte krav. Etter ferdig utrustet tunnel skal det være tilgjengelig tre ledige trekkerør for fremtidig bruk. (SVV, 2010b)

Tabell 3.47 presenterer benevnning og tall fra postene i ekvivalenttidsmodellen.

Tabell 3.47 Elektroarbeider, post 35

Postnr.	Post	Mengde	Enhetstid	Tidsbestemmende faktor
35	Elektroarbeider	m	h/m	0,5

Elektroarbeider

Av hensyn til vanskeligheter med å skille ut de ulike operasjonene som inngår i elektroarbeider vil det være hensiktsmessig å inkludere fellesanlegg, ventilasjon, belysning, sikkerhetsutstyr, overvåkning og trafikkregulering i samme post. Type tunnel er også av interesse. Høytrafikkerte tunneler og undersjøiske tunneler vil ha mer utstyr implementert enn en ordinær vegtunnel. Dermed vil man i disse tilfellene ha høyere tidsforbruk per løpemeter tunnel. (NTH-Anleggsdrift, 1995)

Et besøk til et av Statens vegvesens prosjekter ga nyttige opplysninger om elektroarbeidene på tunnelanlegg. Prosjektet som ble besøkt var *4.1 E39 Vågsbotn-Hylkje - Eikåstunnelen* som er et prosjekt med 2-løps tunnel på en høytrafikkert strekning. Lederne ved anlegget opplyste om at alt av elektriske installasjoner på anlegget hørte sammen (Eide og Eide, 2014). Dette innebar avhengighet mellom de elektriske arbeidene i tunnelen og i dagen. Dermed kan det være vanskelig å skille ut total byggetid for bare tunnelen i slutfasen med komplettering. I

tilsvarende prosjekter, som representerer høy kompleksitet i områder med høy ÅDT, kan disse utfordringene bli ekstra store.

Tabell 3.48 viser en oversikt over kapasiteten til elektroarbeidene.

Tabell 3.48 Kapasitet for elektroarbeider (NTH-Anleggsdrift, 1995, s. 104)

Tunnelprofil	T5	T8	T8,5	T9	T10	T11	T12
Kapasitet (lm/h)	20	16	14	13	13	8	8

3.8.8 Nedrigg, testing og overtakelse

Prosessene i denne delen dekker det som skjer mot slutten av et vegtunnelprosjekt. Etter at alle installasjoner er montert gjenstår siste biten med nedrigging av utstyr og hjelpefunksjoner samt opprydding med klargjøring til testing av fasilitetene, før man avslutter med overtakelsen som markerer slutten på byggeprosessen. Deler av disse prosessene omtales i SVV (2012) i *Hovedprosess 1*. Størrelse på prosjekt, om tunnelen er høytrafikkert eller om tunnelen er undersjøisk er bare eksempler på hva som kan påvirke tidsbruk i sluttfasen av prosjektet.

Tabell 3.49 presenterer benevnning og tall fra postene i ekvivalenttidsmodellen.

Tabell 3.49 Nedrigg, testing og overtakelse, post 36 – 39

Postnr.	Post	Mengde	Enhetstid	Tidsbestemmende faktor
36	Nedrigg	m	m/h	1,0
37	Opprydding	RS	uker	1,0
38	Testing	RS	uker	1,0
39	Overtakelse	RS	uker	1,0

Nedrigg

Omfatter nedrigging av anlegg etablert tidligere i prosjektet. Dette kan være alt fra verkstedtelt til kontorbrakker og boligbrakker. SVV (2012) skiller mellom nedrigg av fasiliteter for hele prosjekt og isolert for byggherre.

Opprydding

Omtales under samme punkt som nedrigging i SVV (2012). Her blir det sagt at oppryddingen omfatter sluttrydding av hele anleggsområdet inkludert riggområder, opplasting, transport, mellomagring samt håndtering av avfall etter forskriftene. Dette kan gjøres ved tildekking av gjenværende materialer og avfall etter at anleggsarbeidene er ferdige.

Testing

Etter nedrigging med opprydding må det gjennomføres tester slik at man kan forsikre seg om at blant annet varslings- og evakueringsprosedyrer fungerer som de skal. Anlegget blir eksponert for diverse scenario som er potensielle risikoer i løpet av driftsfasen. Strømprudd og brann er eksempler på hendelser som bør vurderes i løpet av testfasen. Rømningsveger og alarmsentraler må fungere som de skal. Tidsbruken ved denne prosessen varierer i stor grad fra prosjekt til prosjekt. Det er for eksempel forskjellige scenario som må testes fra en undersjøisk tunnel til en høytrafikkert tunnel i tettbygd strøk, eller en avsides tunnel med liten gjennomfart. Besøket til Sunndalsøra og *2.1 Rv. 70 Oppdølsstranda – Oppdølsstrandtunnelen* ga forklaring på hvordan testfasen i slutten av prosjektet kunne foregå. Ved dette prosjektet er det lagt opp til at Statens vegvesen har en egen testperiode med varighet på fem uker. Det vil si at entreprenøren må ha klargjort for denne testperioden fem uker før ferdigstillelse. I løpet av denne testperioden er det vanlig at sikkerhetsgodkjenningen kommer på plass, slik at anlegget kan åpnes. (Gjelsten et al., 2014)

Overtakelse

Overtakelsen markerer slutten på prosjektet. Tunnelen har gjennomgått tester og skal være skikket til å gå ut i drift. Overtakelsesfasen innebærer gjerne diverse befaringsrunder for å gå over en siste gang å se om det er noe som ikke er utført til tilfredsstillende standard. Byggefeil og byggskader som oppdages i ettertid kan potensielt stille entreprenør ansvarlig, men under

normale forhold slutter engasjementperioden til entreprenør her. All dokumentasjon fra utførelsen skal i tillegg vedlegges ved overtakelse.

4. Resultater

I dette kapitlet presenteres analysen av datagrunnlaget. Dette innledes med et delkapittel som tar for seg rådata som har bidratt til vurderingene omkring design og innhold i beregningsmodellene for grov tidligfase, tidligfase og for ekvivalenttidsmodellen. Videre vises det hvordan disse dataene har blitt strukturert til å bli et representativt utvalg for henholdsvis tidligfasemodellene og ekvivalenttidsmodellen. Til slutt presenteres de ferdig programmerte beregningsmodellene. For tidligfasemodellene er det i tillegg inkludert en brukermanual til hvordan ytterligere prosjekter kan inkluderes i datagrunnlaget. Modellene vil etter stor sannsynlighet gi enda mer nøyaktige resultater for et større utvalg tunneler.

Tabell 4.1 gir en oversikt over alle tunnelene som er tatt med i datagrunnlaget til tidligfasemodellene. Årsaken til at nummereringen hopper over enkelte tall er fordi det underveis i informasjonsinnhentingsprosessen var flere tunneler som var aktuelle som bidrag til datagrunnlaget. Som nevnt i metodekapitlet ble det opprettet et loggesystem som nummererte prosjektene fra starten av informasjonsinnhentingen. Tabell 4.1 inkluderer kun prosjektene som leverte all informasjon som ble etterspurt om tunnelene. Nummereringen i tabellen brukes videre i resultat- og diskusjonsdelen.

TBA4935 Anleggsteknikk, masteroppgave - Byggetid for vegtunneler

Tabell 4.1 Tunneler som er inkludert i datagrunnlaget til tidligfasemodellen

Nr.	Prosjektnavn med tilhørende tunneler	Tunnellengde [m]
1	E136 Tresfjordsbrua-Vågstrandstunnelen og Hjelvikbruene	
<i>1.1</i>	<i>Vågstrandstunnelen</i>	<i>3 665</i>
2	Vossapakko	
<i>2.1</i>	<i>Vangstunnelen</i>	<i>2 360</i>
<i>2.2</i>	<i>Tunsbergstunnelen</i>	<i>4 000</i>
4	E39 Vågsbotn-Hylkje	
<i>4.1</i>	<i>Eikåstunnelen</i>	<i>600 (2 løp)</i>
5	Fv. 391 Tunnel til Laukeland	
<i>5.1</i>	<i>Skoranetunnelen</i>	<i>560</i>
6	Fv. 48 Tunnel bak Tysse	
<i>6.1</i>	<i>Tyssetunnelen</i>	<i>2 300</i>
13	Fv. 78 Halsøya-Leirosen	
<i>13.1</i>	<i>Toventunnelen</i>	<i>10 700</i>
14	Fv. 86 Ballesvikskaret tunnel-Gryllefjord bru	
<i>14.1</i>	<i>Ballesvikskarettunnelen</i>	<i>843</i>
17	Ringveg vest	
<i>17.1</i>	<i>Knappetunnelen (byggetrinn 1)</i>	<i>2 600 (2 løp)</i>
<i>17.2</i>	<i>Knappetunnelen (byggetrinn 2)</i>	<i>3 800 (2 løp)</i>
19	Rv. 150 Ring 3 Ulven-Sinsen	
<i>19.1</i>	<i>Lørentunnelen</i>	<i>900 (2 løp)</i>
20	Rv. 4 Lunner grense-Jaren	
<i>20.1</i>	<i>Granstunnelen</i>	<i>1 700 (2 løp)</i>
21	Rv. 7 Sokna-Ørgenvika	
<i>21.1</i>	<i>Rallerudtunnelen</i>	<i>2 800</i>
<i>21.2</i>	<i>Ørgenviktunnelen</i>	<i>3 600</i>
22	Rv. 70 Oppdølsstranda	
<i>22.1</i>	<i>Oppdølsstrandtunnelen</i>	<i>7 430</i>

Tabellen fortsetter på neste side

TBA4935 Anleggsteknikk, masteroppgave - Byggetid for vegtunneler

Nr.	Prosjektnavn med tilhørende tunneler	Tunnellengde [m]
26	Fv. 42 Gyadalen	
26.1	<i>Bjønnsbergettunnelen</i>	1 024
27	Fv. 456 ny Vågsbygdvei	
27.1	<i>Vågsbygdporten</i>	1 300 (2 løp)
30	Fv. 517 Lovraeidet	
30.1	<i>Hamratunnelen</i>	936
31	Fv. 541 Stokkebekken-Rubbestadneset	
31.1	<i>Raunhidletunnelen</i>	295
34	E16 Filefjell, Smedalsosen-Borlaug	
34.2	<i>Borlaugstunnelen</i>	4 090
35	E16 Valdres, Fønhus-Bagn	
35.1	<i>Bergsundtunnelen</i>	711
39	E6 Ringeby-Otta	
39.2	<i>Hundorptunnelen</i>	4 170
39.3	<i>Teigkampen</i>	3 675
45	E6 Trondheim-Stjørdal	
45.1	<i>Strindheimstunnelen</i>	2 140 (2 løp)
47	Fv. 33 Skreifjella-Totenvika	
47.1	<i>Falkentunnelen</i>	920
49	E134-Stordalstunnelen	
49.1	<i>Stordalstunnelen</i>	1 190

4.1 Presentasjon av data

I denne delen presenteres data som har blitt anskaffet ved forskjellige former for informasjonsinnhenting. Det er fortrinnsvis vektlagt å presentere data som har hatt innvirkning på hvilke forutsetninger og vurderinger som ligger til grunn for modellene. Dermed vil eksempelvis samtaler med nøkkelpersoner fra bransjen kortes ned til sentrale momenter. Begrunnelsen for hvorfor hvert eneste tall og kommentar fra informasjonskildene ikke gjennomgås i dybden diskuteres nærmere i neste kapittel. For øvrig har metodekapittelet beskrevet hvilke valg som ble tatt i forbindelse med informasjonsinnhenting.

I forbindelse med presentasjon av data er det valgt å dele kapittelet i fem deler. Delene går i dybden på hvilken informasjon som danner grunnlaget for modellene:

- data fra fremdriftsplaner
- data fra spørreskjema
- data fra kontraktsgrunnlag
- data fra samtaler med nøkkelpersoner fra bransjen
- data fra analyse av ekvivalenttidsmodell

4.1.1 Data fra fremdriftsplaner

For å få tilstrekkelig informasjonsgrunnlag til å lage representative tidligfasemodeller, basert på statistikk fra reelle prosjekter, ble det ansett som viktig å finne en felles kilde til informasjon om byggetid. I tillegg var tilgjengelighet til materialet en viktig faktor, samt at byggetidsanslagene fra kilden måtte være fra en tidlig fase i prosjektene. Med tanke på tilgjengelighet var det naturlig å bestemme et utvalg basert på hvilke prosjekter som var under utbygging. Første fremdriftsplan som leveres fra entreprenør skilte seg fort ut som det gunstigste alternativet. Det ble bestemt å dele fremdriftsplanenes aktiviteter i faser. Faseinndelingen er den samme som fremgår av tidligfasemodellen. Prinsippet ved bestemmelse av tidsbruk for én aktivitet er å finne totalt antall dager for aktiviteten med en tilhørende tidsbestemmende faktor. Den tidsbestemmende faktoren innføres for å unngå at addering av aktivitetene ikke skal overgå faktisk estimat av total byggetid. For å danne samme premiss for denne avlesingen for alle prosjektene ble det besluttet at bestemte aktiviteter skulle foretrekkes som tidsbestemmende foran andre. Resultatet av denne forutsetningen fremgår i Tabell 4.2. Dersom man legger sammen den tidsdimensjonerende delen av alle aktivitetene får man total byggetid for prosjektet.

TBA4935 Anleggsteknikk, masteroppgave - Byggetid for vegtunneler

Tabell 4.2 Inndelingen i aktiviteter hentet ut fra fremdriftsplanene

Aktivitet	Beskrivelse	Tidsbestemmende faktor
Samhandlingsprosess	I alle tilfeller ble samhandlingsperioden plassert i sin helhet på kritisk linje.	1,00
Forskjæring, før driving	Forskjæring og arbeider før driving fikk tidsbestemmende faktor justert etter hvor stor del av aktiviteten som var dimensjonerende mellom samhandlingsprosess og driving og sikring.	0,00-1,00
Driving og sikring	I alle tilfeller ble driving og sikring plassert i sin helhet på kritisk linje.	1,00
Grunnarbeider	Grunnarbeider måtte alltid vike for driving og sikring og vann- og frostsikring. Tidsdimensjonerende del for aktivitetene under grunnarbeidene innebar i mange prosjekter en liten del av dimensjonerende byggetid, mens andre prosjekter hadde hele aktiviteten på kritisk linje.	0,00-1,00
Vann- og frostsikring	Vann- og frostsikring var i de aller fleste tilfellene tidsdimensjonerende. Unntakene var i tilfeller hvor driving og sikring og vann- og frostsikring overlappet. Dette var tilfellet i lange tunneler med forskjøvet inndeling av tidsbestemmende stuff, og tunneler med to løp.	1,00 (0,00-1,00)
Elektro og komplettering	Elektro og komplettering er i alle tilfeller tidsdimensjonerende. For å gi disse aktivitetene en felles referanse ble det besluttet å regne denne aktiviteten fra tidspunktet vann- og frostsikring avsluttes. Fremdriftsplanene viste i de fleste tilfellene kun hovedentreprisen med tunnelarbeider. Da ansvaret for elektro i de fleste prosjekter er hos underentreprenør var det ikke like enkelt å tolke varigheten kun ved å se på fremdriftsplaner.	1,00
Testing	Testing vil i alle tilfeller være tidsdimensjonerende for byggetiden. De samme problemene som for elektro og komplettering med tanke på varighet og start- og sluttidspunkt var også her et problem.	1,00

Det var en annen viktig forutsetning som måtte inkluderes i arbeidet med å tolke fremdriftsplanene for at fremstillingen av tidsbruk skulle samsvare. Det var ikke samsvar mellom fremdriftsplanenes tidsbenevnelser. Enkelte hadde valgt å uttrykke tidsbruk i uker og de resterende i antall dager. I grovanalysen av fremdriftsplanene ble det besluttet å gjøre alt om til antall dager. I tilfellene hvor tiden var uttrykt i uker viste det seg at tidsbruken tilsvarte fem fulle dager. Dermed var det ingen omfattende prosess å regne om til antall uker. Den neste delen beskriver hvordan manglende eller uklar informasjon i fremdriftsplanene ble supplert med annen informasjonsinnhenting.

4.1.2 Data fra spørreskjemaer

Analysen av fremdriftsplanene klargjorde behov for ekstra informasjon. Dette dersom datagrunnlaget til tidligfasemodellene skulle bli tilstrekkelige til å dekke byggetiden fra start til slutt. Fremdriftsplanene alene ga ikke god nok informasjon om sluttfasen av prosjektene. Til dette ble et spørreskjema sendt ut til alle som sendte inn fremdriftsplaner for prosjektene sine. Sammen med utsendingen av spørreskjema ble det etterspurt mulighet for å oversende konkurransegrunnlag for prosjektene. Dette omtales nærmere i neste delkapittel.

Noe av informasjonen fra svarene på spørreskjemaene har vist seg ikke å være så nyttige som først antatt, men det aller meste har bidratt til å få frem informasjon som fremdriftsplanene ikke ga. Dette muliggjorde at tunnelene stod med samme premisser til videre analyser. Spørsmålene som har blitt brukt til tidligfasemodellenes datagrunnlag presenteres i Tabell 4.3. I Vedlegg B ligger spørreskjemaet slik det ser ut for brukeren, mens alle svarene ligger i Vedlegg G.

TBA4935 Anleggsteknikk, masteroppgave - Byggetid for vegtunneler

Tabell 4.3 Spørsmål som ble stilt kontaktpersoner ved hjelp av spørreskjema

Spørsmål	Beskrivelse
Tunnellengde	Brukes til å sette opp forventet tidsbruk for aktiviteter ved grunnarbeider, vann- og frostsikring og elektro og komplettering.
Antall tunnellop	Brukes til å skille mellom datagrunnlag for tunnelstrekninger med henholdsvis ett og to løp.
Tunneltype	Brukes til å skille mellom datagrunnlag for tunnelstrekninger i forbindelse med henholdsvis undersjøiske eller normale prosjekter.
Tunnelprofil	Brukes til å skille mellom tunneler med forskjellig profilstørrelse. Dette er særlig aktuelt i forbindelse med driving og sikring.
Tunnelklasse	Brukes til å skille mellom tunneler med forskjellig tunnelklasse. Dette er særlig aktuelt i forbindelse med aktivitetene som ikke innebærer driving og sikring.
Geologiske forhold	Brukes til å skille mellom tunneler med forskjellig geologiske forhold. Dette er særlig aktuelt i forbindelse med driving og sikring. Grunnet fraværende utvalg av tunneler med dårlig forhold, og et vesentlig mindretall av tunneler med middels forhold, minsket verdien av geologiske forhold som en parameter til å skille mellom tunnelene i tidligfasemodellen.
Antall angrepspunkter	Brukes til å se hvor mange stuffer som er i drift under driving og sikring.
Lengde på tidsbestemmende stuff (stuff på kritisk linje)	Brukes til å se hvilken av angrepspunktene (stuffene) som ligger på kritisk linje for driving og sikring.
Arbeidstimer per uke	Brukes til å standardisere alle prosjektene hvor det ble spurt om arbeidstimer per uke for henholdsvis driving og sikring, grunnarbeider, vann- og frostsikring og elektro og kompletteringsarbeider.
Dato for byggestart i tunnel	Noen prosjekter hadde ikke denne informasjonen i fremdriftsplanene. Dermed hjalp denne informasjonen å bekrefte eller avkrefte antakelsene omkring dette.
Dato for ferdigstilling av tunnelarbeider	Brukes som hovedkilde til å bestemme når prosjektene sluttet. Denne informasjonen var vanskelig å tyde kun ved studier av fremdriftsplanene.
Dato for start elektroentreprise	Brukes som kilde til å bestemme når aktiviteten elektro og komplettering starter. Slik forenkler det også prosessen med å estimere varigheten til elektro- og kompletteringsarbeidene.

4.1.3 Data fra konkurransegrunnlag

Det har blitt mottatt tolv fullstendige konkurransegrunnlag og åtte separate mengdebeskrivelser, det vil si til sammen 20 mengdebeskrivelser. Det er forskjell i konkurransegrunnlagenes mal, hvor den nyeste utgaven av Statens vegvesens *Håndbok 066 – Konkurransegrunnlag* ble utgitt i 2010. Det er i tillegg gjort flere små endringer i ettertid. Mengdebeskrivelsene er utformet ved hjelp av *Håndbok 025 – Prosesskode 1* og *Håndbok 026 – Prosesskode 2*. Kapittelet som omhandler tunnelarbeider finnes i førstnevnte. De brukte utgavene av *Håndbok 025 – Prosesskode 1* varierer mellom den nyeste fra 2012, og eldre utgaver fra henholdsvis 2007 og 1994. Det vises en oversikt over overleverte konkurransegrunnlag og mengdebeskrivelser i Tabell 4.4.

Tabell 4.4 Overleverte konkurransegrunnlag og mengdebeskrivelser

Konkurransegrunnlag		Mengdebeskrivelser	
Antall overlevert	12	Antall overlevert	20
Andel nye (etter 2010)	7	Andel: <i>Prosesskode 2012</i>	2
Andel eldre (før 2010)	5	Andel: <i>Prosesskode 2007</i>	16
		Andel: <i>Prosesskode 1994</i>	2

I analyse av konkurransegrunnlagene har det kun blitt sett på de nye, altså syv stykker. Ved analyse av mengdebeskrivelsene har det kun blitt sett på de fra 2007 og 2012. Én av mengdebeskrivelsene fra 2007 var ikke søkbar, og ble derfor ikke brukt. Dette gjorde at det til sammen ble sett på 17 mengdebeskrivelser.

Etttersom det er ekvivalenttidsmodellen disse resultatene skal bidra til å forbedre, er det tatt utgangspunkt i modellens poster.

Konkurransesgrunnlag

Samhandlingsprosess

Punktet som omtaler samhandlingsprosessen blir ikke gitt i eldre utgaver av konkurransegrunnlagets mal. Derfor er det kun blitt sett på de syv kontraktene som har brukt 2010-utgaven av konkurransegrunnlagets mal. Tabell 4.5 viser tidsbruken for samhandlingsprosessen ved disse, funnet i *Punkt 1* i *Kapittel C3*.

Tabell 4.5 Tidsbruk i samhandlingsprosess

Prosjektnr.	6	12	14	30	32	34	49
Tid [uker]	4	4	2	2	3	2	3

Gjennomsnittet for varighetene gitt i Tabell 4.5 er omtrent tre uker.

Mengdebeskrivelse

Her gis resultater funnet ved analyse av *Prosesskoden* og aktuelle mengdebeskrivelser. Underkapitlene angis her med punktnummer, punktnavn og i samme rekkefølge som i mengdebeskrivelsen. Det er tatt utgangspunkt i postene gitt i ekvivalenttidsmodellen. Videre undersøkes det om mengder som behøves til postene i modellen kan finnes igjen i mengdebeskrivelsen. Dersom de finnes i mengdebeskrivelsen må det vurderes om de kan brukes i modellen. Hovedsakelig innebærer dette å kartlegge i hvilken benevning punktet gis, både i teori og praksis. Med teori menes *Prosesskoden*, og de mottatte mengdebeskrivelsene menes som praksis. Det har vist seg i noen tilfeller at mengdebeskrivelsene tar i bruk punkter som ikke er gitt i *Prosesskoden* og gir andre benevninger. Det er derfor nødvendig å undersøke disse.

Detaljert utgave av kartleggingen er gitt i Vedlegg H.

31.1 Sondérboring ved slaghammerboring

Punkt 31.11 gir mengde for sondérboring ved slaghammerboring, og benevnningen er i meter. Denne gikk igjen i de fleste mengdebeskrivelsene. I 8 av 13 mengdebeskrivelser der sondérboring var gitt ble det også brukt følgende underpunkter for en grundigere beskrivelse:

- *31.111 Sondérboring ved stoff med hullengde fra 0 til 12 m*
- *31.112 Sondérboring ved stoff med hullengde fra 12 til 24 m*
- *31.113 Sondérboring ved stoff med hullengde fra 24 til 36 m*

31.2 Kjerneboring som sondérboring

Punkt 31.21 Kjerneboring, lengdebasert gir totalt antall meter for kjerneboring. I tillegg er det sett på *Punkt 31.24 Ventetid ved stoff ved kjerneboring* som gis i totalt antall timer. I 4 av 5 mengdebeskrivelser der kjerneboring ble oppgitt, ble de gitt i lengdebaserte underpunkter:

- *31.221 Kjerneboring, lengdebasert 0-25 m*
- *31.222 Kjerneboring, lengdebasert 25-50 m*
- *31.223 Kjerneboring, lengdebasert 50-100 m*
- *31.224 Kjerneboring, lengdebasert 100-200 m*

4 av 5 mengdebeskrivelser ga mengde under både *Punkt 31.21* og *31.24*.

31.6 Injeksjonsarbeid

Punkt 31.63 gir mengde av injeksjonsmiddel i kilogram. Vanligvis er den delt inn i underpunkter, slik at for eksempel standard injeksjonssement, mikrosement, spesialsement, epoxy og polyuretan alle har sine egne punkter. Videre finnes også injeksjonsarbeidet i timer i *Punkt 31.64*.

Ved undersøkelse av mengdebeskrivelsene viste det seg at disse punktene var gitt i 10 av 17 mengdebeskrivelser. I samtlige av disse ti var både *Punkt 31.63* og *31.64* gitt. Vanligvis var *Punkt 31.63* gitt i flere underpunkter.

32.1 Sprengning av tunnel

Prosesskodens (2012) Punkt 32.1 sier noe om hva punktet omfatter: ”Omfatter sprengning av tunnellop med nisjer, bergrom, grøfter, kumutvidelser og sjakter, inkludert boring, lading, sprengning og driftsrensk med maskin.”.

Punktene i Tabell 4.6 oppgir mengder ved forskjellige drivemåter. Disse ble brukt i samtlige mengdebeskrivelser. I syv av mengdebeskrivelsene ble også *Punkt 32.13 Bergrom for tekniske anlegg, tverrforbindelser, pumpesump etc. (32.3 i Prosesskode 2007)* tatt i bruk. Her skilles visse deler av drivingen ut av punktene gitt i Tabell 4.6, og vises mer detaljert gjennom *Punkt 32.13 (32.3)*.

Tabell 4.6 Driving i Prosesskoden

Punkt i Prosesskode 2012 (2007)	Enhet
32.111 (32.11) Fullt tverrsnitt-normal salvelengde	m ³
32.112 (32.12) Fullt tverrsnitt-halv salvelengde	m ³
32.113 (32.13) Todelt tverrsnitt-normal salvelengde	m ³
32.114 (32.14) Todelt tverrsnitt-halv salvelengde	m ³

33.1 Rensk

Samtlige mengdebeskrivelser inneholdt mengde ved *Punkt 33.11 Driftsrensk med spett*. Mengden var her gitt i antall timer.

33.2 Sikringsbolter

Dette punktet omhandler sikringsbolter, både når det gjelder de som blir brukt til forbolting, arbeidssikring og permanent sikring. *Prosesskoden* gir fire underpunkter til 33.2:

- 33.21 Sikringsbolter ved stoff og ved tunnelpåhugg
- 33.22 Sikringsbolter ved stoff
- 33.23 Sikringsbolter bak stoff
- 33.24 Sikringsbolter ved og bak stoff ved bergtrykksproblemer

Ved å se på mengdebeskrivelsene ble det oppdaget at de fire punktene nevnt ovenfor inneholder flere underpunkter. Underpunktene beskriver boltetyper og lengder, og gir mengde

i antall bolter. Som et eksempel belyses mengdebeskrivelse 39.3, hvor det finnes 19 punkter som gir mengde for forskjellige typer sikringsbolter.

33.4 Sikring med sprøytebetong

Dette punktet omhandler sprøytebetong. *Prosesskoden* gir to underpunkter til 33.4:

- 33.41 *Sprøytebetong ved stuff*
- 33.42 *Sprøytebetong bak stuff*

Ved å se på mengdebeskrivelsene ble det oppdaget at de to punkter nevnt ovenfor inneholder flere underpunkter. Underpunkter beskriver sprøytebetongens egenskaper (fibertilsetting, fasthets- og bestandighetsklasse etc.), og gir sprøytebetongmengde i kubikk. Som et eksempel belyses mengdebeskrivelse 39.3, hvor det finnes seks punkter som gir mengde for forskjellige typer sprøytebetong.

33.44 Sikringsbuer av sprøytebetong

Det står i prosesskodens *Punkt 33.44* at ”mengden måles som prosjektert lengde av bue målt i teoretisk sprengningsprofil. Enhet: m”. Denne mengden ble ikke gitt i noen av mengdebeskrivelsene. Derimot ga fire av mengdebeskrivelsene en mengde under dette punktet i form av antall sprøytebetongbuer.

Punkt 33.442, Øvrige kostnader ved utførelse av sikringsbuer av sprøytebetong sier ”mengden måles som tillegg per utført lengde av bue målt i teoretisk sprengningsprofil”. Det tolkes dit hen at denne verdien gir totalt antall buemeter. Denne verdien ble gitt i de 13 resterende mengdebeskrivelsene.

33.53 Betongutstøping

Punkt 33.531 og *33.532* gir totalt antall meter med betongutstøping, henholdsvis ved stuff og bak stuff. I 7 av 8 mengdebeskrivelser der betongutstøping ble brukt, var mengden i meter gitt i *Punkt 33.531* og/eller *33.532*. I ett tilfelle ble antall meter gitt direkte i *Punkt 33.53*.

33.6 Registrering og kartlegging av bergmassekvalitet

Tabell 4.7 viser de aktuelle punktene forbundet med registrering og kartlegging av bergmassekvalitet.

Tabell 4.7 Registrering og kartlegging av bergmassekvalitet i mengdebeskrivelsene

Punkt	Enhet	Andel
<i>33.61 Byggherren utfører registrering og kartlegging</i>	time	16 av 17
<i>33.62 Entreprenøren utfører registrering og kartlegging</i>	time	7 av 17

34.3 Hvelv av sprøytebetong

Tabell 4.8 viser de kartlagte punktene for hvelv av sprøytebetong og hvor mange mengdebeskrivelser de var representert i.

Tabell 4.8 Hvelv av sprøytebetong i mengdebeskrivelsene

Punkt	Enhet	Andel
<i>34.31 Isolert vanntett hvelv av sprøytebetong</i>	m ²	12 av 17
<i>34.311 PE-skum</i>	m ²	4 av 17

Det legges til at begge mengdebeskrivelsene utformet med 2012-versjon av *Prosesskoden* oppga mengden i *Punkt 34.31*.

34.4 Betonghvelv

Tabell 4.9 viser de kartlagte punktene for denne aktiviteten og hvor mange mengdebeskrivelser de var representert i.

Tabell 4.9 Betonghvelv i mengdebeskrivelsene

Punkt	Enhet	Andel
34.41 Hvelv av betongelementer	m ²	3 av 17
34.411 Veggelementer med fundament	m ²	5 av 17

Det er gitt at *Punkt 34.411* gir en løsning hvor takelementer ikke er en del av løsningen. Det bør derimot ikke antas at løsningen, det er gitt mengde for i *Punkt 34.41*, inkluderer takelementer. Detaljert beskrivelse av løsningen vil være gitt i teksten under punktet.

Kombinerte løsninger

Det kan kalles en kombinert løsning dersom det benyttes hvelv av sprøytebetong (*Punkt 34.31* eller *34.311*), samt en betonghvelvløsning (*Punkt 34.41* eller *34.411*) som ikke inkluderer takelement. I tillegg ble to punkter kartlagt i mengdebeskrivelsene som gir mengde for akkurat slike løsninger; *34.311 PE-hvelv i kombinasjon med veggelementer* og *34.413 Veggelementer i kombinasjon med PE-hvelv*. Disse punktene var kun representert i én mengdebeskrivelse hver.

4.1.4 Data fra samtaler med nøkkelpersoner fra bransjen

Denne delen presenterer tre anledninger der det ble utført samtaler med nøkkelpersoner fra bransjen. Intervjuguide og transkripsjon av intervju ligger vedlagt i henholdsvis Vedlegg A og F. Videre inkluderes kun momentene fra samtalene som har klargjort usikkerhetsmomenter og påvirket utformingen av modellene.

Den første samtalen foregikk den 11. november 2013 med Trygve Sæbø, representant fra NCC ved 2.1 *Vossapakko – Vangstunnelen*. Sæbø hadde i forkant av møtet forsøkt å bruke ekvivalenttidsmodellen fra instituttet. Viktige innspill om modellen fra denne samtalen var som følger (Sæbø, 2013):

- Ved innsetting av mengder fra kontraktsgrunnlag ga modellen 152 uker.
- Reell tid for prosjektet viste seg å være 71 uker.
- Modellen hadde vært tilfredsstillende om den hadde gitt omkring 100 uker. Dette på grunn av høy effektivitet ved arbeidene, som gjorde at Vangstunnelen ble ferdigstilt i god tid før frist.
- Et uttrykt ønske var at det bør utvikles en todelt modell.
 - En enkel tidsmodell med et overordnet perspektiv, til bruk i forprosjekt.
 - En detaljert modell til anbud og etterarbeid, basert på *Prosesskoden*.
- Modellen som den er i dag er lite intuitiv og samsvarer ikke med foreliggende informasjon i reelle prosjekter. Punkter i kontrakt samsvarer sjelden med poster i ekvivalenttidsmodellen. Innsetting er knotete og tidkrevende.
- Prosessene før driving og etter vann- og frostsikring i modellen var mye enklere å fylle inn, enn øvrige poster. Det er driving, sikring og vann- og frostsikring som synes å være hovedproblemene med modellen.
- Jernbaneverket har en modell som er enkel å bruke og gir mer nøyaktig byggetid.
 - Denne er for unøyaktig på driving og injeksjon, gir for lang tid.
 - Denne er for unøyaktig på etterarbeid, gir for kort tid. Etterarbeidet puttes i en bolk.
- Tidsbestemmende faktor bør ikke overlappe for mye under driving og sikring.
- En del poster på sikring i eksisterende modell er fraværende, eksempelvis bånd og nett.

Den andre samtalen foregikk den 10. mars 2014 med Per Bjørn Gjelsten, Odd Helge Innerdal, Carsten Kofoed og Carina Farstad, representanter fra Statens vegvesen ved 22.1 Rv. 70 *Oppdølsstranda – Oppdølsstrandtunnelen*. Besøket til anlegget ved Sunndalsøra ble gjennomført etter invitasjon fra kontaktperson på anlegget. Intervjuguide og transkripsjon av samtalen ligger vedlagt i Vedlegg A og F. Viktige innspill fra samtalen følger (Gjelsten et al., 2014):

- Varighet på samhandlingsprosessen varierer med både kontraktstørrelse og kompleksitet, men fire uker er ikke så uvanlig. Når samhandlingen foregår skal det helst ikke foregå andre aktiviteter på anlegget.
- Klarsignalet for at entreprenøren kan starte arbeidene sine er gjerne oppstartsmøtet.
- Oppdatert fremdriftsplan skal leveres en gang i måneden. Første fremdriftsplan skal levere senest fire uker etter kontraktsinngåelse.
- Statens vegvesen har en egen testperiode på fem uker. Her foregår egentesting og sikkerhetsgodkjenning.
- Det er vanlig at det er en overgang mellom slutt vann- og frostsikringsarbeider og start elektroarbeider. Dersom elektroarbeidene skal starte før må det være lagt til rette for dette. En av endene i tunnelen må være klar da det ikke kan foregå gjennomgangstrafikk samtidig som elektro. Det er uheldig dersom det blir en luke mellom disse aktivitetene.
- Elektroarbeidene er gjerne en del av en annen entrepris enn hovedentreprisen med de øvrige arbeidene. Dette er nok grunnen til at de fleste fremdriftsplanene fra prosjektene ikke har med elektroarbeider. Hovedentreprenør kontraherer ikke elektroentreprenør selv.
- Grunnarbeider går ofte en del parallelt med andre aktiviteter, men det er viktig at asfalten er på plass før montering av veggelementer til vann- og frostsikring.
- I Oppdølsstrandtunnelen har det vært fokus på å gjennomføre permanent sikring underveis i driveperioden. Mange andre steder er det vanlig med arbeidssikring under driving med påfølgende ettersikring i ukene etter gjennomslag. Representantene fra prosjektet uttrykte tilfredshet med permanent sikring som anvendt metode under driving.
- Ekvivalenttidsregnskap opprettes ved behov. I prosjekter med delfrister blir dette trolig mer brukt.
- Erfaringen med en tunnel på 7 500 meter med tverrslag viste seg å være meget positiv. Tunneler på denne lengden mente kontaktpersonene at det, dersom forholdene tillot det, kunne være lurt å drive et tverrslag for å effektivisere drivingen.
- Driving og sikring tar omtrent halve tida i prosjektet. Den andre halvparten går til kompletteringsarbeider.

Den tredje samtalen foregikk den 25. mars 2014 med Steinar Eide og Henriette Djønn Eide, representanter fra Statens vegvesen ved 4.1 E39 Vågsbotn-Hylkje – Eikåstunnelen. Besøket til anlegget ved Åsane ble gjennomført etter invitasjon fra kontaktperson på anlegget. Intervjuguide for samtalen ligger vedlagt i Vedlegg A. Viktige innspill fra samtalen følger (Eide og Eide, 2014):

- I et prosjekt som dette som har så store arbeider utenom tunnelen er det vanskelig å skille ut elektroarbeidene som gjelder kun for tunnelen. Elektroen på hele anlegget henger sammen og er tidsmessig avhengig.
- Tunnelen er såpass kort, 600 meter, at det kun har vært drevet fra den ene siden. Da det er en 2-løps tunnel har det blitt drevet med vekseldrift mellom løpene. Dette tillater god utnyttelse av maskiner og personell.

4.1.5 Data fra analyse av ekvivalenttidsmodell

Denne delen presenterer resultatet fra analysen av ekvivalenttidsmodellen som ble overlevert fra Institutt for bygg, anlegg og transport høsten 2013. Analysen tar for seg hvordan modellen er bygd opp og hvilke forutsetninger som ligger til grunn for sammensetningen av poster. Analysen blir presentert i tabeller hvor hver enkelt post i hovedarket *Modell*, fra den opprinnelige modellen, blir utdypet. Se Vedlegg E. Tabell 4.10 viser et eksempel på én av disse tekstboksene. Formålet med å gjennomføre denne typen analyse av modellen var å få en fullstendig forståelse av innholdet i modellen. Slik ville det bli enklere å foreta endringer som ikke var begrunnet i misforståelser og antakelser.

Tabell 4.10 Forklarer hvordan byggetidsestimeringen for kjerneboring gjøres i modellen

20 Kjerneboring
<p>- Tiden som fremkommer i modellen inkluderer rigg, boring, inn- og utkjøring av borestreng, tid til avviksmåling, spyling, montering og tømning (NTNU-Anleggsdrift, 1999).</p>
<p>Detaljark: 20. Kjerneboring</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inndata <ul style="list-style-type: none"> - Totalt antall boremeter [bm] - Lengde på hvert hull [m] (17-120 meter) - Avviksforhold [Enkle, Normale, Kompliserte] • Utdata <ul style="list-style-type: none"> - Enhetstid kjerneboring [h/bm] (finnes ved å bruke verdien for Lengde på hvert hull [m] og Avviksforhold i en tabell. Tabellen er en omforming av Figur 3.6 fra NTNU-Anleggsdrift (1999))
<p>Hovedark: Modell</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengde [bm] Mengden er Totalt antall boremeter [bm]. • Enhetstid [h/bm] Enhetstiden er Enhetstid kjerneboring [h/bm]. • Tidsbestemmende faktor [tbf] Verdien er 0,2 (NTNU-Anleggsdrift, 1999). • Byggetid [uker] <ul style="list-style-type: none"> - Mengde [bm] - Enhetstid [h/bm] - Tidsbestemmende faktor - Arbeidstid [h/uke] $\text{Byggetid [uker]} = \frac{[bm] * \left[\frac{h}{bm}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$

4.2 Sammenstilling av data

Denne delen tar for seg hvordan dataene fra forrige delkapittel bearbeides til å være gode kilder for utvikling av tidligfasemodellene og ekvivalenttidsmodellen. Tidligfasemodellene er hovedsakelig avledet fra data innhentet i forbindelse med fremdriftsplaner og spørreskjemaer. I tillegg har innspill fra nøkkelpersoner fra bransjen bidratt til dimensjoneringen av noen av variablene i modellene. Endringene for ekvivalenttidsmodellen er i stor grad basert på mengdebeskrivelser, studier av teori og refleksjoner omkring hva som er tidsbestemmende aktiviteter gjennom et prosjekt. Det er valgt å dele dette kapittelet i to, ett for sammenstilling av data for tidligfasemodellene og ett for sammenstilling av data til ekvivalenttidsmodellen. Dette for ikke å blande hva som ledet opp til tidligfasemodellene med hva som ledet til modifisert utgave av ekvivalenttidsmodellen. Dette har nemlig vært to separate prosesser.

4.2.1 Tidligfasemodell

Tidligfasemodellen finnes i Vedlegg K. Denne er designet med formål om at bruker av modellen kun trenger å bruke første arket i Excel-fila. Resterende ark i modellen er nødvendige som hjelpeark til utregninger eller til videre utvikling av modellen. En manual til hvordan man kan legge til flere tunnelprosjekter i det statistiske grunnlaget presenteres i Kapittel 4.3.1.

Til å beskrive hvordan modellen er bygd opp og hvilken informasjon som ligger til grunn for utregningene tas det utgangspunkt i de forskjellige aktivitetene modellen deles opp i:

- samhandlingsprosess
- forskjæring
- driving og sikring
- grunnarbeider
- vann- og frostsikring
- komplettering og elektro
- testing

I tillegg utdypes forutsetninger og valg som er tatt i forbindelse med oppsett av inndata til modellen. Arket i modellen som kalles *Prosjektdata* er hvor data fra fremdriftsplaner og spørreskjemaer inkluderes. Dette arket er første ledd i behandlingen av dataen fra disse kildene.

Generelt

Flere av hjelpearkene i modellen inneholder lineære grafer som uttrykker byggetid i uker. Noen inneholder et større utvalg enn andre. Modellen gir ikke noe presist anslag for tunneler under 500 meter. Det er flere faktorer som bidrar til den slutningen:

- Valget med å ha en lineær utvikling.
- At det bare er én tunnel i datagrunnlaget under 500 meter.
- Når man nærmer seg null meter på x-aksen vil det i virkeligheten ikke tilsi at antall uker som trengs til byggingen også går mot null.

Den lengste tunnelen i datagrunnlaget er på 10 700 meter. En annen tunnel er på 7 430 meter. Resterende tunneler er under 5 000 meter. Dette betyr at modellen også blir mer usikker jo lengre man beveger seg over 5 000 meter. Både for korte og veldig lange tunneler vil det derfor være vanskelig å si hvilken utvikling man skal velge for trendlinjene for de ulike aktivitetene.

På et av hjelpearkene i tidligfasemodellen er det innført et testesystem for å kontrollere hvilket avvik innsetting av alle tunnelene i datagrunnlaget gir. Dette uttrykkes i prosent av den korrekte byggetiden. Til slutt får man et gjennomsnitt av alle avvikene. Avviket med de til nå 25 innsatte tunnelene viste seg å være ca. 10,6 %. Dette tallet vil justeres etter hvert som flere tunneler legges til datagrunnlaget til modellen.

Enkelte av trendlinjene i hjelpearkene til modellen er avledet av kun ett eller to reelle prosjekter. Her er det lagt til hjelpepunkter for å kunne lage trendlinjene. Disse punktene er avledet fra gjennomsnittet av den korrigerede kapasiteten i m/uke fra arket *Prosjektdata*. Ved innsetting av flere prosjekter vil disse punktene etter hvert kunne fjernes.

I utgangspunktet vil innsetting av *ÅDT* og lengde på tunnel medføre at modellen foreslår *Tunnelklasse*, *Tunnelprofil*, *Antall løp* og *Tidsbestemmende stuff*. Dette er mulig å justere dersom ønskelig. Ved innsetting i blått felt overstyres foreslått verdi.

For *Undersjøiske tunneler* og *Sårbare omgivelser* er det innført en faktor for hva som tillegges total byggetid. Disse faktorene er basert på et lite utvalg og vil sannsynligvis gi bedre samsvar med reell byggetid dersom disse tallene oppdateres, ved inkludering av nye tunneler. Det er tillagt to hjelpeark, ett for *Sårbare omgivelser* og ett for *Undersjøiske tunneler*. Oppdateringen foregår eventuelt i disse arkene.

Tidligfasemodellen forutsetter arbeidstider for de forskjellige aktivitetene i prosjektene:

- driving og sikring: 101 t/uke
- grunnarbeider: 37,5 t/uke
- vann- og frostsikring: 101 t/uke
- komplettering og elektro: 37,5 t/uke

I hjelpearket *Prosjektdata* omgjøres eventuelle andre arbeidstider for tunnelene til disse standardverdiene. Dette er viktig å merke seg dersom man benytter seg av modellen. Dersom man forutser, eller føler seg sikker på at det vil være andre arbeidstider i et prosjekt, er dette også mulig å endre på i hovedarket for tidligfasemodellen.

Samhandlingsprosess

Denne posten har tatt utgangspunkt i gjennomsnittet av varigheten på samhandlingsprosessene for syv prosjekter. I Kapittel 4.1.3 er denne utregningen presentert. Denne verdien er tre uker uansett hvilke innparametre man velger. Det er mulig å endre denne tiden dersom bruker har en formening om at denne varigheten ikke vil være representativt for aktuelt prosjekt. Formålet er at nye prosjekter, som inkluderes i det statistiske grunnlaget til modellen, oppgir tidsbruk avsatt til samhandlingsprosess. Slik kan flere prosjekter bli en del av dette anslaget.

Forskjæring

For å sette opp et estimat for tidsbruk på forskjæring ble det regnet ut et gjennomsnitt for tidsbestemmende tid for forskjæring for alle tunnelene i datagrunnlaget til modellen. Det skilles mellom forskjæringsarbeider for 1-løps- og 2-løps tunneler, med henholdsvis 4,8 og 7,6 uker. 1-løps tunneler og 2-løps tunneler skilles fra hverandre grunnet den økte arbeidsmengden med å etablere flere påhugg. I Vedlegg K heter et av hjelpearkene *Forskjæring*. Her er det mulig å legge til flere tunneler etter hvert som de legges inn i datagrunnlaget slik at også tid for forskjæring oppdateres.

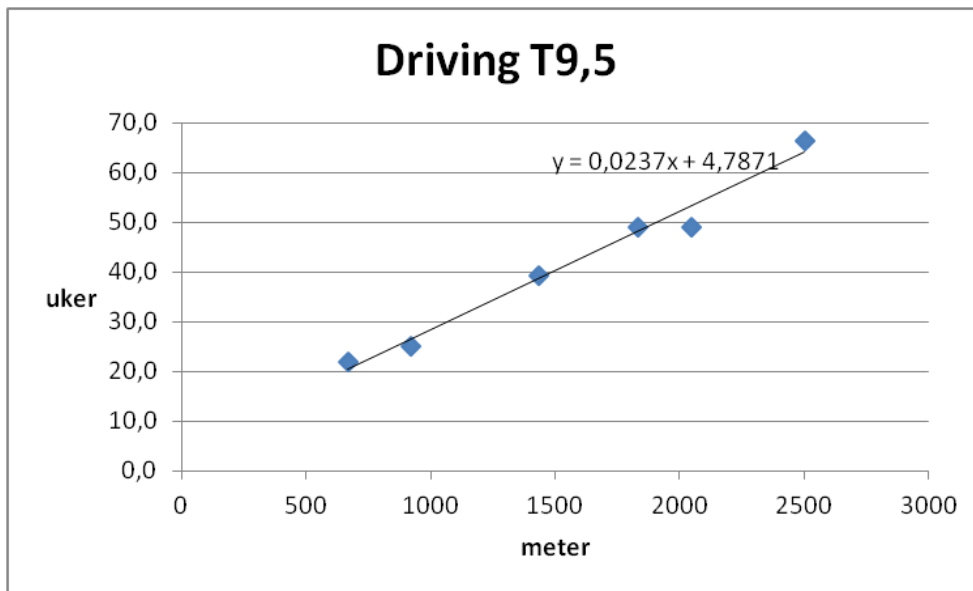
Driving og sikring

Estimeringen for driving og sikring har som utgangspunkt at tidsbestemmende faktor for aktiviteten alltid er lik én. Det stod mellom å presentere trendlinjer med å stille opp:

1. tidsbestemmende stuff med trendlinje for hvert tunnelprofil
2. tidsbestemmende stuff med trendlinje for hvert tunnelprofil, med ytterligere skille på geologiske forhold

Alternativ to viste seg vanskelig å gjennomføre. Dette fordi tunnelene i datagrunnlaget var oppgitt med gode og middels tunnelforhold. Ingen tunneler med geologiske forhold av dårlig kvalitet var representert. Ut i fra dette var det ikke grunnlag for å finne en relasjon mellom geologiske forhold og tidsbruk. Dersom brukere av modellen ved en senere anledning ønsker å skille med geologiske forhold finnes informasjonen i hjelpearket *Prosjektdata* i modellen.

Figur 4.1 er hentet fra hjelpearket *T9,5 Driving* i tidligfasemodellen. Denne viser hvordan byggetiden for driving og sikring utvikler seg etter hvert som lengden på tidsbestemmende stuff i tunnelen øker. Byggetiden uttrykkes i antall uker på y-aksen, mens tidsbestemmende stuff uttrykkes i antall meter på x-aksen. Tallene er hentet fra et utvalg på seks tunneler. Formelen til linjen gir byggetid for driving og sikring med antall meter tidsbestemmende stuff som inndata. Trendlinjer for andre tunnelprofil finnes i Vedlegg D.



Figur 4.1 Trendlinje for driving og sikring av tunnelprofil T9,5, hentet fra Vedlegg K

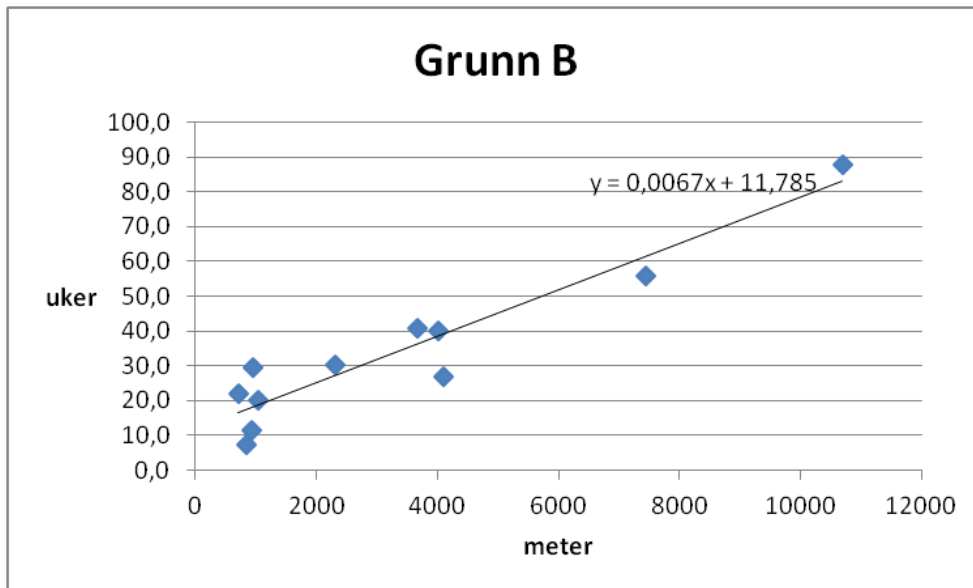
Grunnarbeider

Grunnarbeidene inkluderer oppbygging av vegbane og drens-system. Disse aktivitetene var ikke tidsbestemmende for de fleste tunnelene. Derfor er det for hver trendlinje avledet en samlet tidsbestemmende faktor for tunnelene med like forutsetninger. Hvordan dette er utregnet går frem av hvert hjelpearke for *Grunn*.

I motsetning til driving og sikring sorteres ikke tunnelene etter tunnelprofil. Det er tunnelklasser som bestemmer hvilken trendlinje en tunnel skal bli en del av. Dette fordi det stilles ulike krav til utførelse for hver av tunnelklassene. Samtidig er det ikke stor forskjell i tverrsnitt mellom tunnelene innenfor samme klasse.

Tidsbestemmende stuff er ikke dimensjonerende for grunnarbeider. Hele tunnallengden virker å gi en riktigere fremstilling når det kommer til grunnarbeider, vann- og frostsikring og elektroarbeider og komplettering.

Figur 4.2 er hentet fra hjelpearkeet *Grunn B* i tidligfasemodellen. Denne viser hvordan byggetiden for grunnarbeider utvikler seg etter hvert som lengden på tunnelen øker. Byggetiden uttrykkes i antall uker på y-aksen, mens tunnallengde uttrykkes i antall meter på x-aksen. Tallene er hentet fra et utvalg på elleve tunneler. Formelen til linjen gir byggetid for grunnarbeider med total tunnallengde som inndata. Trendlinjer for andre tunnelklasser finnes i Vedlegg D.



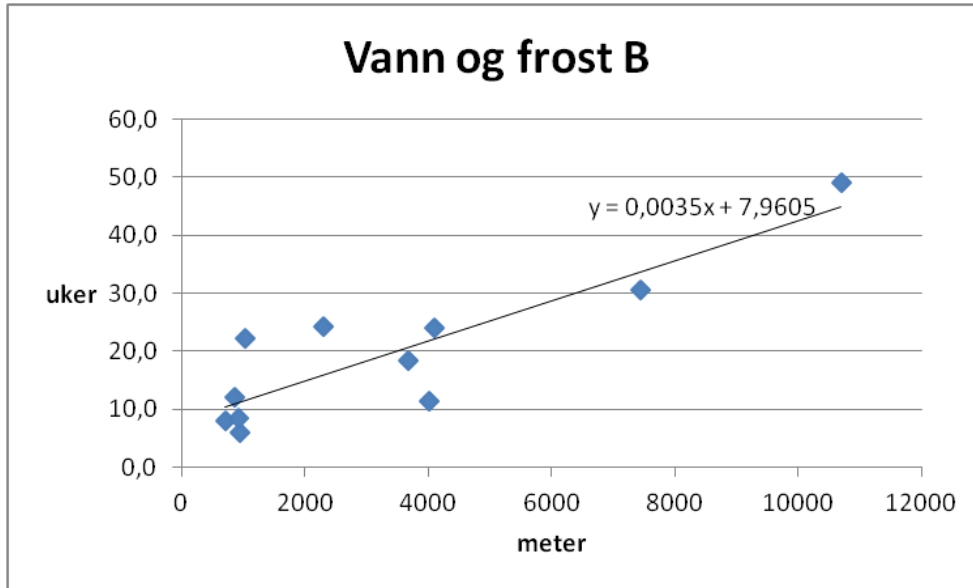
Figur 4.2 Trendlinje for grunnarbeider av tunnelklasse B, hentet fra Vedlegg K

Vann- og frostsikring

På samme måte som for grunnarbeider var ikke vann- og frostsikring tidsdimensjonerende i sin helhet for alle tunneler. Det var særlig for 2-løps tunnelene at deler av vann- og frostsikringen overlappet med driving og sikring. Dette kommer sannsynligvis av muligheten for å jobbe på flere ulike stuffer samtidig. Den tidsbestemmende faktoren til modellen er regnet ut på samme måte som for grunnarbeidene.

Av samme grunn som for grunnarbeidene brukes total tunnellengde til å fremstille byggetid med trendlinjer. Det er også for vann- og frostsikringsarbeider valgt å lage en trendlinje for hver tunnelklasse. Dette grunnet ulike krav til oppbygning av vann- og frostsikring i tunnelene.

Figur 4.3 er hentet fra hjelpearket *V&F B* i tidligfasemodellen. Denne viser hvordan byggetiden for vann- og frostsikring utvikler seg etter hvert som lengden på tunnelen øker. Byggetiden uttrykkes i antall uker på y-aksen, mens tunnellengde uttrykkes i antall meter på x-aksen. Tallene er hentet fra et utvalg på elleve tunneler. Formelen til linjen gir byggetid for vann- og frostsikring med total tunnellengde som inndata. Trendlinjer for andre tunnelklasser finnes i Vedlegg D.

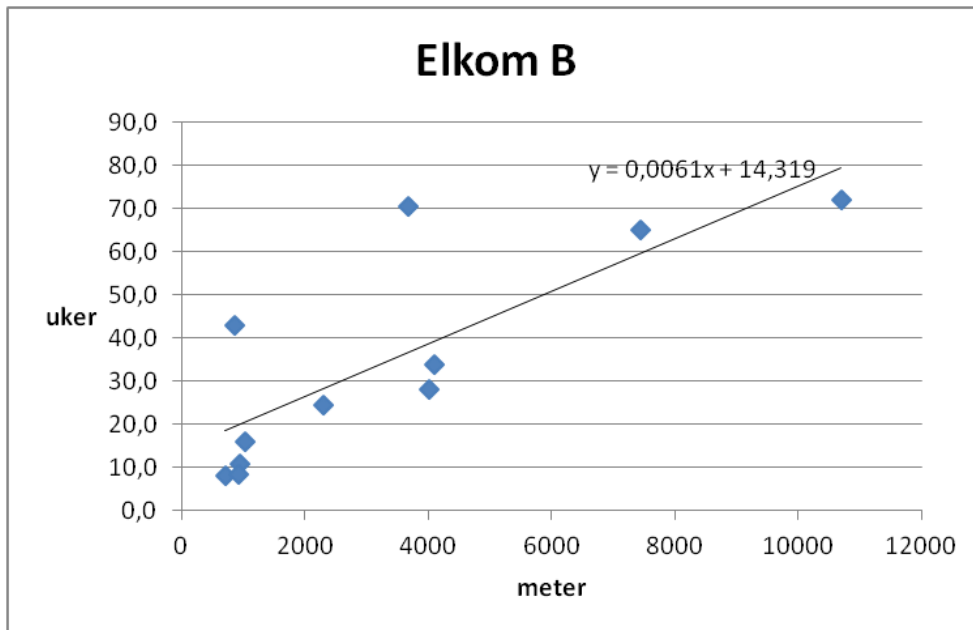


Figur 4.3 Trendlinje for vann- og frostsikring av tunnelklasse B, hentet fra Vedlegg K

Komplettering og elektro

Alle arbeider etter fullført vann- og frostsikring inkluderes i en post som kalles komplettering og elektro. Denne posten er tidsdimensjonerende for byggetiden for alle de aktuelle tunnelene i datagrunnlaget. Det lages en trendlinje for hver tunnelklasse. Ulike krav til utførelse er årsaken til dette.

Figur 4.4 er hentet fra hjelpearket *Elkom B* i tidligfasemodellen. Denne viser hvordan byggetiden for komplettering og elektro utvikler seg etter hvert som lengden på tunnelen øker. Byggetiden uttrykkes i antall uker på y-aksen, mens tunnallengde uttrykkes i antall meter på x-aksen. Tallene er hentet fra et utvalg på elleve tunneler. Formelen til linjen gir byggetid for komplettering og elektro med total tunnallengde som inndata. Trendlinjer for andre tunnelklasser finnes i Vedlegg D.



Figur 4.4 Trendlinje for komplettering og elektro av tunnelklasse B, hentet fra Vedlegg K

Testing

Testing er aktiviteten som foregår på slutten av prosjektene. Den gjelder avsatt tid til Statens vegvesens egentesting og sikkerhetsgodkjenning. Aktiviteten er i sin helhet tidsbestemmende. Modellens forslag på fem uker er avledet av innspill fra nøkkelpersoner fra bransjen. Det var særlig informantene ved 22.1 Rv. 70 *Oppdølsstranda – Oppdølsstrandtunnelen* som uttrykte at dette var vanlig praksis i prosjekter i regi av Statens vegvesen. I modellen er det avsatt et eget felt markert blått. Dette er også tilfellet for alle de andre aktivitetene. Dersom bruker mener at en av aktivitetene i modellen foreslår for kort eller for lang tid, kan dette justeres ved å overstyre i det blå feltet.

4.2.2 Grov tidligfasemodell

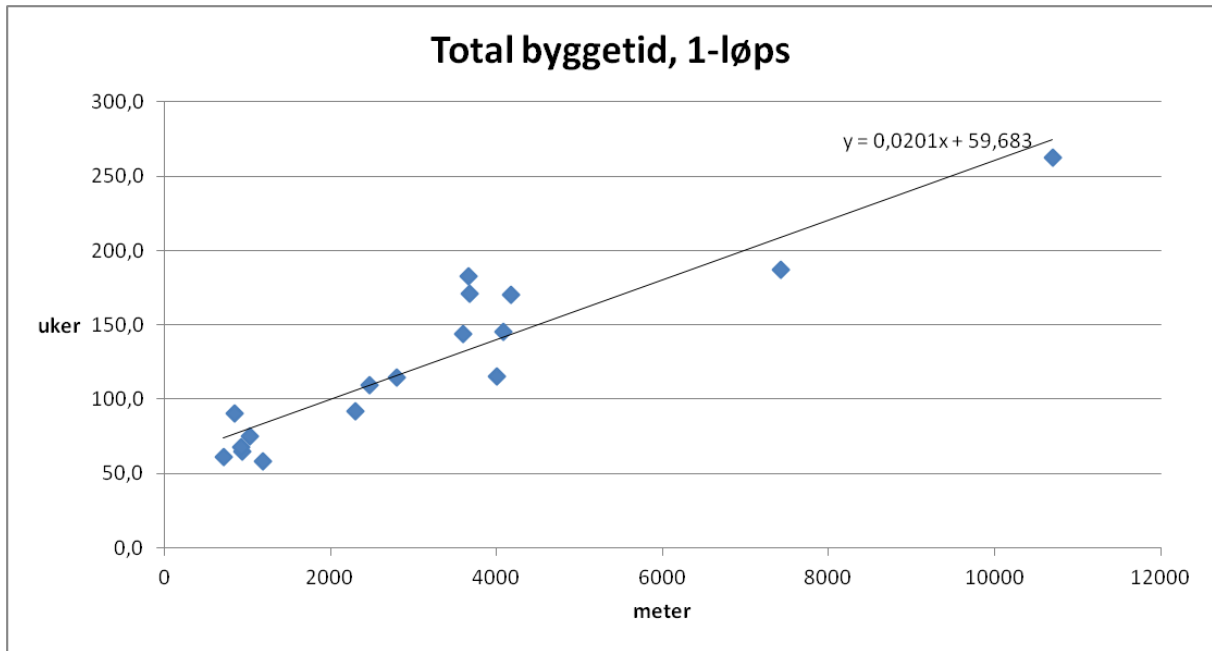
Denne delen forklarer kort om en forenklet versjon av tidligfasemodellen. Denne modellen finnes i Vedlegg I. Da denne bare er en forenkling av tidligfasemodellen har den ikke blitt behandlet som en separat modell underveis i arbeidet med denne rapporten. Det ble mot slutten av arbeidet med rapporten forespurt om en modell med bare tunnellengde og eventuelt én eller to andre parametre kunne konstrueres. Dette endte med en modell som kun tar inn antall tunnelmeter og antall tunnellop. Ved hjelp av disse gir modellen total byggetid i uker. Det vil si at henholdsvis alle 1-løps- og 2-løps tunneler har blitt illustrert med hver sin trendlinje.

I Figur 4.5 og Figur 4.6 vises trendlinjene for ett og to løp. Figur 4.5 viser utviklingen for 1-løps tunneler. Figur 4.6 viser utviklingen for 2-løps tunneler. Begge er hentet fra Vedlegg I som inneholder den grove tidligfasemodellen. Langs y-aksen gis antall uker det tar å bygge antall meter tunnel på x-aksen.

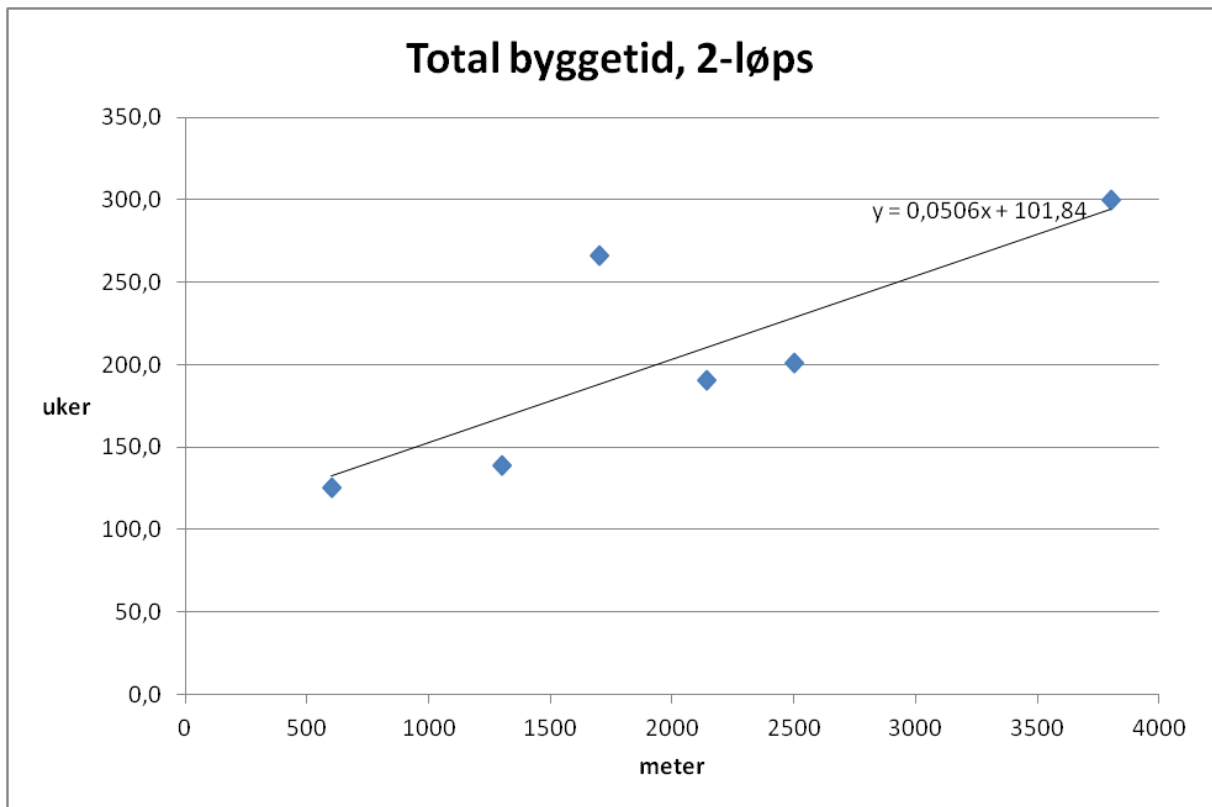
Det ble gjennomført testing av avvik på samme måte som for tidligfasemodellen. Det viste seg at avviket ved forenklingen fra tidligfasemodell til grov tidligfasemodell gikk fra 10,6 % til 14,6 %. Dette er en ikke veldig stor forskjell, men likevel av betydning dersom man har nok informasjon til å kunne bruke tidligfasemodellen.

I tilfellet hvor testen ga 14,6 % hadde det vært behov for å ekskludere tunnelen med sårbare omgivelser og tunnelen av tunnelklasse A. Disse viste seg å være langt unna hva som kunne anses som representativt for det øvrige utvalget. Med disse to prosjektene inkludert økte avviket fra testen til hele 21,3 %.

For 1-løps tunnelene er utvalget på 17 tunneler. For 2-løps tunnelene er utvalget på seks tunneler.



Figur 4.5 Trendlinje for total byggetid for 1-løpstunneler, hentet fra Vedlegg I



Figur 4.6 Trendlinje for total byggetid for 2-løpstunneler, hentet fra Vedlegg I

4.2.3 Ekvivalenttidsmodell

Her omtales endringer som er gjort i modellen, og på hvilke grunnlag endringene er gjort. Hovedsakelig har informasjon fra Vedlegg E, resultater fra Kapittel 4.1.3 og teori blitt sammenstilt.

Hovedark: Tunneldata

- Utseendet er forandret, og hjelpetall er blitt flyttet til et hjelpeark for å redusere potensiell forvirring for bruker. Flytting av hjelpetall har krevd endringer i formlene.
- Arket er nå helt tomt for verdier når bruker åpner modellen.
- Følgende inndataposter er lagt til (årsaker for dette blir forklart i senere poster):
 - *Total tunnellengde*
- Følgende inndataposter er fjernet (årsaker for dette blir forklart i senere poster):
 - *Tunnellengde med sprøytebetong*
 - *Sondérboring*
 - *Luftport eller annen port*
 - *Geologi*
- Det er lagt til et system som viser bruker hvilke inndata som må fylles inn. Etter hvert som nødvendig inndata fylles inn forsvinner kravene. Dette er lagt til for å gjøre innfyllingen mer intuitiv.

Hovedark: Modell

- Arket har fått nytt navn: *Byggetid*.
- Utseendet er gjort mer oversiktlig og rent. Samt er hjelpetall fjernet for å redusere potensiell forvirring for bruker. Fjerning av hjelpetall har krevd endringer i formlene.
- Det er gjort endringer i formlene slik at arket viser færre tall som standard, og dermed er mer oversiktlig for bruker.
- Det er lagt til merknader ved bortimot samtlige poster. Dette for å gi veiledning til bruker når det gjelder innfylling av postene. Disse inneholder blant annet kobling av postene i modellen mot punkter i mengdebeskrivelsen.

Videre berettes endringer som er gjort i hovedarket *Modell*, samt postenes tilhørende detaljark. Grunnlaget for endringer som tar i bruk informasjon fra *Prosesskoden* og mengdebeskrivelser er gitt i Kapittel 4.1.3.

1. Kontraktsinngåelse

- Posten er fjernet ettersom modellen skal vise tidsbruk fra og med kontraktsinngåelse.

2. Samhandlingsperiode

- Posten heter nå: *1. Samhandlingsprosess*.
- Tidsbruk for denne posten angis eksplisitt i konkurransegrunnlagets *Kapittel C3, Punkt 1*. Det er ikke nødvendig at modellen foreslår verdi.

3. Driftsplanlegging, 4. Mobilisering og 5. Nødvendige offentlige tillatelser

- Disse tre postene er nå samlet til én post: *2. Andre forberedende arbeider*. Samtaler med bransjen og analyse av fremdriftsplaner har gitt en indikasjon på at disse ikke er tidsbestemmende, og at de foregår før og parallelt med samhandlingsprosessen og forskjæring. Det ses derfor ikke nødvendig med tre individuelle poster. Her kan også tidsbruk for andre liknende aktiviteter fylles inn dersom nødvendig.

6.1 Anleggsveg, 6.2 Riggområde og 7. Tilrigging

- Disse tre postene er nå samlet til én post: *3. Riggarbeider*. Samtaler med bransjen og analyse av fremdriftsplaner har gitt en indikasjon på at disse ikke alltid ligger på kritisk linje i fremdriften. Det ses derfor ikke nødvendig med tre individuelle poster. Her kan også tidsbruk for andre liknende aktiviteter fylles inn dersom nødvendig.

6.4 Annet

- Posten er fjernet. Tid som tidligere ble ført inn her kan nå inkluderes i den nye posten *3. Riggarbeider*.

6.3 Forskjæring inkludert sikring

- Har blitt flyttet til en egen post: *4. Forskjæring*. Analyse av fremdriftsplaner og samtaler med personer i bransjen har indikert at denne posten er av betydning for fremdriften.
- Modellen ga tidligere et anslag på fire uker. Modellen gir nå et anslag avhengig om det er en 1-løps tunnel eller en 2-løps tunnel. Verdiene er henholdsvis 4,8 og 7,6 uker. Beregning av verdiene er gitt i Vedlegg K.

8. Igangkjøring med tilhørende detaljark

- Det er ikke funnet grunnlag for fastsettelse av verdiene gitt i detaljarket (2-4 uker). NTNU-Anleggsdrift (1999) sier at typisk verdi ved igangkjøring er 3-6 uker.
- Posten og tilhørende detaljark er fjernet ettersom tidsbruk knyttet til igangkjøring er inkludert i posten for driving. Dette er beskrevet i merknad i mottatt utgave av modellen.

9. Driving med tilhørende detaljark og underposter

- Posten har fått *Postnummer 5*.
- Det er gjort endringer i underpostene. De ser nå slik ut:
 - *5.1 Fullt tverrsnitt – normal salvelengde*
 - *5.2 Fullt tverrsnitt – halv salvelengde*
 - *5.3 Todelt tverrsnitt – normal salvelengde*
 - *5.4 Todelt tverrsnitt – halv salvelengde*
 - *5.5 Driving på synk*
 - *5.6 Vekseldrift*
 - *5.7 Tverrforbindelser*
 - *5.8 Pumpesump*
- *Post 5.1 – 5.4* er blitt etablert etter resultater fra undersøkelser i mengdebeskrivelser. Her kom det frem at disse gis i mengdebeskrivelsens punkter *32.111 – 32.114 (Prosesskode 2012)* og *32.11 – 32.14 (Prosesskode 2007)*. Mengdene fra disse punktene kan nå fylles inn i tilhørende detaljark, og der blir de gjort om til prosenter av tunnallengden. Modellen beregner deretter resten.
- Resterende underposter omhandles i egne kapitler.
- Detaljarket ser nå ryddigere ut. Tabeller som før var synlige på arket er nå skjult. Innsettingstabellen som før var gitt i detaljarket, er nå fjernet. Utrekningene denne tok for seg er nå inkludert i hovedarket utregninger.

10. Tillegg vekseldrift

- Posten heter nå *5.6 Vekseldrift*.
- Ingen endringer er gjort.

11. Byggherrens tid til kartlegging

- Posten har fått *Postnummer 6*.
- Tidsbruken for denne aktiviteten er gitt i *Punkt 33.61* og *33.62* i mengdebeskrivelsen, og her er standard benevning: time. Timeantall gitt i disse postene kan nå fylles direkte inn i hovedarket *Byggetid*. Deretter omgjør modellen totalt antall timer til antall timer knyttet til tidsbestemmende stuff.

- Den tidligere utregningen basert på beregning av antall salver er fjernet.

12. Nisjer med tilhørende detaljark og underposter

- Posten og tilhørende detaljark er fjernet. Dette kommer av at de nye postene under *Driving* ”Omfatter sprengning av tunnellop med nisjer, bergrom, grøfter, kumutvidelser og sjakter, inkludert boring, lading, sprengning og driftsrensk med maskin” SVV (2012). Altså er sprengning av nisjer inkludert i de nye postene 5.1-5.4.

13. Tverrforbindelser med tilhørende detaljark

- Posten har fått *Postnummer 5.7*.
- Tilhørende Detaljark 12-13. *Nisjer og tverrforbindelser* er fjernet, som nevnt i forrige post. Tidligere mengdeforslag gjort av modellen er også fjernet, ettersom mengden gis i mengdebeskrivelsens *Punkt 32.13 (Prosesskode 2012)* og *32.3 (Prosesskode 2007)*.
- Kapasiteten er omgjort til en tilleggsprosent.

14. Pumpesump

- Posten har fått *Postnummer 5.8*.
- Tidligere mengdeforslag gjort av modellen er fjernet, ettersom mengden gis i mengdebeskrivelsens *Punkt 32.13 (Prosesskode 2012)* og *32.3 (Prosesskode 2007)*.

15. Manuell rensk, ekstra rensk

- Posten har fått *Postnummer 7*.
- Tidsbruken for denne aktiviteten er gitt i mengdebeskrivelsens *Punkt33.11*, oppgitt i totalt antall timer. Timeantallet gitt i punktet kan nå fylles direkte inn i modellen. Deretter omgjør modellen totalt antall timer til antall timer knyttet til tidsbestemmende stuff.
- Tidligere utregning basert på lengde av tidsbestemmende stuff og en ubegrunnet enhetstid, er nå fjernet.

16. Bolting med tilhørende detaljark

- Posten har fått *Postnummer 8*.
- Tidligere utregning for antall bolter var avhengig av geologiforholdene. God geologi ga tre bolter per meter, middels geologi ga seks bolter per meter og dårlig geologi ga ti bolter per meter. Denne antakelsen ligger nå kun som et forslag til bruker.
- Den nye utregningen er basert på boltemengdene oppgitt i mengdebeskrivelsen. Disse kan nå fylles inn i detaljarket, fra mengdebeskrivelsens *Punkt 33.2*. Her fylles først punktnummeret fra mengdebeskrivelsen inn, deretter antall bolter og lengde. Videre blir totalt antall bolter dividert på den totale tunnallengden. Derfor er det innført en ny post på hovedarket *Tunneldata: Total tunnallengde*. Ut i fra antallet og lengdene finnes også gjennomsnittlig lengde.
- Posten som tar inn geologiske forhold i hovedarket *Tunneldata* er nå fjernet, ettersom den ikke brukes i modellen lenger.
- Detaljarket ser nå ryddigere ut. Hjelpetall er fjernet.

17. Sprøytebetong med tilhørende detaljark

- Posten har fått *Postnummer 9*.
- Den nye utregningen for denne posten er kraftig modifisert, men fortsatt basert på de samme forskningstallene. I stedet for at en stor mengde med inndata må fylles inn på detaljarket, kan det nå fylles inn direkte fra *Punkt 33.4* i mengdebeskrivelsen. De forskjellige underpunktene med sprøytebetongmengder fylles inn i en tabell etter punktnummer og antall m³. Deretter beregner modellen total mengde sprøytebetong, og gir til slutt den mengden med sprøytebetong som brukes på tidsbestemmende stuff.
- I følge med den nye beregningen er det blitt fjernet én post fra hovedarket *Tunneldata: Tunnallengde med sprøytebetong [m]*. Denne er ikke lenger nødvendig.
- Minimumskravet til sprøytebetongtykkelse er blitt økt til åtte cm, etter krav gitt i *Prosesskoden*.
- I følge med ny beregning er det fjernet mange poster fra detaljarket, samt hjelpetall. Tabeller til utregning av verdier er skjult for et renere utseende.

18. Forbolting med tilhørende detaljark

- Posten har fått *Postnummer 10*.
- Den nye utregningen for denne posten er noe forskjellig fra den gamle. Det er innført en tabell lik som i posten for bolting. Her kan brukeren fylle inn antall og lengde for forbolter, slik som beskrevet i mengdebeskrivelsens *Punkt 33.2*. Deretter vil modellen finne totalt antall bolter og gjennomsnittslengde for boltene. Videre gir brukeren et anslag for antall forbolter per salve. Deretter utfører modellen resterende operasjoner.
- Grunnet ny beregningsmetode er noen poster fjernet fra detaljarket.
- Det er fjernet hjelpetall i detaljarket.

19. Sondérboring med tilhørende detaljark

- Posten har fått *Postnummer 11*.
- Verdi for sondérboring gis i antall meter i mengdebeskrivelsens *Punkt 31.11*.
- Utregningen for kapasiteten krever at bruker fyller inn andelen av tunnallengden som skal sondérbores. Sondérboringen kan bestå av et varierende antall hull, med varierende lengde og overlapp. Det er vanskelig å bruke verdien som er gitt i mengdebeskrivelsen ettersom den kun gir antall meter som bores, samlet for alle hull. Det er derfor ikke gjort forandringer i denne posten.
- Posten kan fortsatt brukes, men det vil kreve detaljkunnskaper av bruker for å fylle den inn.
- Detljarket er gjort mer oversiktlig, ved å fjerne hjelpetall og skjule tabeller til bruk i beregning.
- Inndatapost om sondérboring er fjernet fra hovedarket *Tunneldata*. Dette ble sett på som overflødig inndata. Dersom tunneltypen er undersjøisk vil modellen fortsatt foreslå 20 % i detaljarkets post: *Andel tunnallengde som skal sondérbores*.

20. Kjerneboring med tilhørende detaljark

- Posten har fått *Postnummer 12*.
- Mengden for kjerneboring gis i antall meter i mengdebeskrivelsens *Punkt 31.21* med tilhørende underpunkter og kan fylles direkte inn i detaljarket. Her beregnes enhetstid for hvert enkelt lengdeintervall (mengdebeskrivelsens *Punkt 31.211 – 31.214*). Det brukes en gjennomsnittlig lengde for hver av underpunktene for å kunne finne enhetstid. For lengden 0-25 meter burde den vært 12,5 meter, men beregningen tillater 17 meter som laveste. For 25-50 meter og 50-100 meter er middelveiden brukt, henholdsvis 38 meter og 76 meter (beregningen tillater ikke desimaltall). For lengden 100-200 meter er det brukt 120 meter som gjennomsnitt, ettersom dette er det største tallet i beregningens tabell.
- Hjelpetall er fjernet og tabeller brukt i beregning er skjult.

21. Injeksjonsarbeid med tilhørende detaljark

- Posten har fått *Postnummer 13*.
- Kapasiteten regnes ut på samme måte som før, men det er nå lagt inn et ekstra ledd i detaljarket. Dette leddet heter *Total mengde tørrsement*, og er lagt til slik at bruker kan fylle inn mengder direkte fra mengdebeskrivelsens *Punkt 31.63*. Dette er delt inn i de samme underpunktene som *31.63* er i mengdebeskrivelsen. Deretter gjør modellen dette om til *Gjennomsnittlig mengde tørrsement per løpometer tunnel*.
- Prosesskodens *Punkt 31.6 c)* krever minimum tre separate pumpelinjer. Derfor er det ikke lenger mulig å velge to pumpelinjer.
- Hjelpetall er fjernet og tabeller brukt i beregning er skjult.

22. Armerte sprøytebetongbuer med tilhørende detaljark

- Posten har fått *Postnummer 14*, og navn på detaljark er byttet fra *RRS* til *Armerte sprøytebetongbuer*.
- Resultatene fra konkurransegrunnlaget viser at verdier for armerte sprøytebetongbuer kan bli gitt som stk. i *Punkt 33.44*, men mest vanlig som antall buemeter i *Punkt 33.442*. Muligheten til å beregne kapasiteter for disse mengdene ligger allerede i detaljarkets beregning. Det er derfor kun laget en liten tilleggstabell hvor bruker kan fylle inn ønsket mengde, antall eller meter. Deretter bruker modellen den innfylte verdien som mengde, og velger riktig kapasitet.
- *Enhetstid per meter tunnel med buer* er nå fjernet, ettersom det ikke er behov for denne verdien.
- Hjelpetall er fjernet og tabeller brukt i beregning er skjult.

23. Full utstøping med tilhørende detaljark

- Posten har fått *Postnummer 15*.
- Resultater når det gjelder mengdebeskrivelsene viser at verdier for full utstøping blir gitt i meter under *Punkt 33.53*. Nærmere bestemt blir full utstøping ved og bak stoff som oftest gitt i henholdsvis punktene *33.531* og *33.532*. Verdien, som gis i meter, er godt egnet for den eksisterende beregningen. Derimot kunne ikke beregningen i modellen skille full utstøping ved stoff og bak stoff. Den er nå utformet slik at det er en individuell beregning for de tre alternativene; *enkel utstøping på stoff*, *enkel utstøping bak stoff* og *kontinuerlig utstøping bak stoff*. Disse blir deretter summert og korrigert mot arbeidstid og tidsbestemmende faktor før de gir en byggetid i modellen.
- Hjelpetall er fjernet og tabeller brukt i beregning er skjult.

24. Frysing

- Posten har fått *Postnummer 16*.
- *Prosjektrapport 2F-99* gir verdier til tidsbruk når det gjelder frysing. Disse er nå lagt som informasjon til bruker, i form av en merknad.

25. Svakhetssoner

- Posten er fjernet.
- Gjennom fordypningsprosjektet ble det ikke avdekket hvor modellens anbefalte enhetstid i denne posten kommer fra, og hvilke aktiviteter den gjelder. I et tilfelle hvor det drives i en svakhetszone vil poster som inneholder reduserte salvelengder etc. økes, samt vil diverse sikringsposter øke, slik som full utstøping. Det antas altså at tilleggstid som følge av driving i en svakhetszone, vil dekkes av andre poster.

26. Omrigg fra driving til komplettering

- Posten har fått *Postnummer 17*.
- Bruker fyller nå direkte inn antall uker, etter egen antakelse.
- Tidligere forslag til enhetstid fjernes fra modellen, ettersom det ikke er funnet et grunnlag for denne.

27. – 29. Vann- og frostsikring med tilhørende detaljark

- Postene har fått postnumrene 22-24.
- Beregningene for kapasitetene ved de tre vann- og frostsikringsløsningene er de samme som før.
- Beregningene for mengder ved de tre løsningene tilpasset mengdebeskrivelsen er lagt til. For dette er det lagt til tabeller i det tilhørende detaljarket, med følgende poster:
 - *Valg av mengdebetegnelse*. Bruker velger om det benyttes m^2 ut i fra mengdebeskrivelsens punkter, eller om mengden gis i antall tunnelmeter.
 - *Påført buelengde*. Dersom det benyttes verdi fra mengdebeskrivelsen må bruker også oppgi på hvor mange meter av buelengden løsningen benyttes.
 - *Andel av total tunnallengde*. Dersom m^2 er benyttet, divideres denne med påført buelengde. Deretter finner modellen hvor stor andel av den totale tunnallengden løsningen skal brukes på.
 - *Påført lengde i henhold til tidsbestemmende stoff*. Tidsbestemmende stoff multipliseres med andel av total tunnallengde.
- Det er valgt å basere beregningen på tidsbestemmende stoff, men dette er ikke nødvendigvis riktig. Dette avhenger av valgte arbeidsmetoder, og kan derfor overstyres av bruker.

- Del av postnavnet i *Post 29, (Ekeberghvelv o.l.)*, er fjernet. Dette grunnet at posten kun håndterer løsning hvor det inngår PE-skum med sprøytebetong og veggelementer av betong med tilhørende fundament.
- Hjelpetall er fjernet og tabeller brukt i beregning er skjult.

30. Luftport eller annen port

- Posten har fått *Postnummer 25*.
- Inndataposten i hovedarket *Tunneldata* som omhandler luftport er fjernet. Luftport er meget sjeldent brukt i tunnelprosjekter, og behøver derfor ikke å være et spørsmål til bruker på dette hovedarket. Tidligere ga modellen et forslag om fire uker byggetid (*Prosjektrapport 2F-99*) dersom bruker svarte ja til denne posten. Anbefalingen om fire uker byggetid ligger nå som en merknad ved posten.

31. - 34. Vegkropp

- Postene har fått postnumrene *18-21*.
- Det er lagt til informasjon i form av merknader ved hver post, som gir veiledning til bruker og oppgir typiske kapasiteter fra forskning etc.
- Posten *Frostsikring i vegkroppen* gir nå et forslag om 500 meter med frostsikring kontra 300 meter i tidligere utgave.
- Hjelpetall er fjernet og tabeller brukt i beregning er skjult.

35. Elektroarbeider med tilhørende detaljark

- Posten har fått *Postnummer 26*.
- Beregning av enhetstid er den samme som tidligere, men korreksjonsfaktor for undersjøisk og høytrafikkert tunnel er noe endret. Korreksjonsfaktoren stilles nå også opp dersom det er tunnelklasse F, altså $\text{ÅDT} > 50\ 000$.
- Hjelpetall er fjernet og tabeller brukt i beregning er skjult.

36. Nedrigg og 37. Opprydding

- Disse to postene er nå samlet til én post: *27. Nedrigg og opprydding*. Samtaler med bransjen har gitt en indikasjon på at disse ikke er tidsbestemmende, og at de utføres parallelt med elektroarbeidene og testingen. Det ses derfor ikke nødvendig med to individuelle poster.
- Bruker fyller nå inn antall uker og tidsbestemmende faktor.

38. Testing og 39. Overtakelse

- Disse to postene er nå samlet til én post: 28. *Testing og overtakelse*. Samtaler med bransjen har gitt en indikasjon på at overtakelsen skjer direkte etter godkjent testing.
- Samtaler med bransjen indikerte at testing vanligvis tok fem uker for et tunnelanlegg, og dette er fremmet som et forslag i modellen. Bruker kan overstyre om ønskelig.

4.3 Presentasjon av beregningsmodeller

Denne delen av resultatene legger frem hvordan modellene blir seende ut. Mellom tidligfasemodellene og ekvivalenttidsmodellen er det forskjell på hvilken type datagrunnlag som har blitt brukt. Parametrene som brukes til å regne ut byggetid vil dermed være forskjellige. Det vil derfor ved eventuell videreutvikling av modellene være forskjellige fremgangsmåter. For hver av modellene skilles det mellom brukermanual og manual til hvordan modellene kan videreutvikles. Det siste er spesielt interessant for tidligfasemodellene som formodentlig gir økende treffsikkerhet med økende innsetting av prosjekter i datagrunnlaget. Modellene er forsøkt å gjøre så brukervennlige som overhodet mulig, uten at det har gått på bekostning av treffsikkerheten til estimatene. I tillegg har det blitt etterstrebet å tilpasse modellene tidspunktene i prosjektene hvor de skal brukes. Likevel kan en brukermanual bidra til å gi klarhet i eventuelle uoverensstemmelser mellom bruker og modellene.

4.3.1 Tidligfasemodell

For tidligfasemodellen stilles det opp to manualer for bruk og videre arbeid med modellen. Manualene kan anses som sjekklister i arbeid med å bruke, og forstå seg på oppbygningen til modellen. I Vedlegg K finnes modellen i sin helhet. De fleste hjelpearkene i modellen trenger ikke være der for at modellen skal fungere. De er der for å gjøre det enkelt å videreutvikle modellen med innføring av data fra flere prosjekter.

Manual for bruk av modell

Tabell 4.11 gir en oversikt over hvilke steg som må tas ved bruk av modellen for å få estimat på total byggetid. For denne manualen er det kun hovedarket i modellen som omtales.

Tabell 4.11 Brukermanual for tidligfasemodell

Inndata	Aksjon
Tunnellengde i meter	Denne informasjonen er helt nødvendig for at modellen skal gi et tidsestimat. Anslag gis i antall meter, med total tunnellengde.
ÅDT	Denne informasjonen er ikke nødvendig dersom man kjenner til <i>Tunnelklasse</i> , <i>Antall løp</i> og <i>Tunnelprofil</i> . Posten gir derimot et forslag til hva de tre postene kan være, basert på <i>Figur 4.4</i> i Statens vegvesens <i>Håndbok 021 – Vegtunneler</i> , side 29.
Tunnelklasse, Antall løp og Tunnelprofil	Denne informasjonen er valgfri dersom man besitter tallet for ÅDT. I spesialtilfeller kan det være at veiledningen fra vegvesenets figur ikke gjelder. Innsetting i brukerkolonnen overstyrer eventuelt anslag avledet fra ÅDT.
Undersjøisk tunnel og sårbare omgivelser	Denne informasjonen er aktuell for tunneler av henholdsvis undersjøisk og sårbar art. Hva som legges i sårbar utdypes dersom man holder musepeker over rødt punkt i hjørnet av cellen. Dersom man markerer for undersjøisk er det en faktor som justerer tiden for driving og sikring til å gjelde for undersjøiske forhold. For sårbare omgivelser er det en faktor som justerer total byggetid til å gjelde for sårbare forhold.
Tidsbestemmende stuff	Denne informasjonen avledes automatisk med et forslag fra innsatt tunnellengde i meter. Forslaget til tidsbestemmende stuff er avledet fra stoffinndeling for driving og sikring fra tunnelene i datagrunnlaget til modellen. Dette tallet kan også justeres av bruker dersom ønskelig.
Arbeidstider	Arbeidstider for driving og sikring, grunnarbeider, vann- og frostsikring og komplettering og elektro foreslås av modell. Bruker kan endre disse forutsetningene i brukerkolonnen dersom det er grunnlag for å anta andre arbeidstider.
Estimering av byggetid	De tidligere forklarte inndataene estimerer byggetid for syv faser i et prosjekt. Det er den tidsbestemmende delen av fasene som vises i dette estimatet. Brukeren kan gå inn på hver av fasene og justere om ønskelig. Dette vil ikke endre annet enn total byggetid.

Manual for forståelse eller endring av modell

Denne delen skal forsøke å beskrive hva som må gjøres dersom man ønsker å utvikle tidligfasemodellen videre ved å tilføre flere tunnelprosjekter i datagrunnlaget. Hjelparkene i modellen er sentrale i denne sammenheng. Som for brukermanualen settes betraktningene opp i tabellformat med utgangspunkt i arkene fra Excel-fila som inneholder modellen.

Tabell 4.12 beskriver hvordan loggingen av en tunnel med tidsbruk og tidsbestemmende faktor for aktivitetene foregår. Dette skjer i hjelparket *Prosjektdata*. Navngivingen på de forskjellige inndata i tabellen tar utgangspunkt i kolonneoverskriftene fra venstre mot høyre i tabellen i arket *Prosjektdata*.

TBA4935 Anleggsteknikk, masteroppgave - Byggetid for vegtunneler

Tabell 4.12 Manual for forståelse eller endring av modellen

Inndata	Aksjon
NR	<p>Dette tallet nummererer tunnelen til videre gjenkjennelse i neste ledd av dataanalysen.</p>
Samhandling - Testing	<p>Disse syv punktene krever innsetting av totalt antall dager for aktiviteten, og tidsbestemmende faktor for tid som befinner seg på kritisk linje i forhold til de andre aktivitetene. Tabell 4.2 beskriver hvilken overlappende aktivitet som skal være tidsbestemmende over den andre.</p>
Sum [dager]	<p>Denne kolonnen gir en summering av postene <i>Samhandling-Testing</i> med total byggetid for tunnelen</p>
Lengde [m] - Elektro, mekanisk [t/uke]	<p>Disse kolonnene krever innsetting av data for tunnelprosjektene til videre analyser. Tallene som ligger inne ved slutten av arbeidet med masteroppgaven er informasjonen som ble oppgitt fra hvert enkelt prosjekt. Eksempelvis ligger geologi inne som en parameter dersom det ved en senere anledning ønskes å bruke dette som en parameter til å skille prosjektene i videre analyser.</p>
Injeksjon	<p>Denne kolonnen har ingen videre betydning for databehandlingen som leder til designet av modellen. På samme måte som for geologi er det tiltenkt at andre kanskje måtte ønske å benytte informasjonen senere. Tallene er hentet fra aktuelle konkurransegrunnlag.</p>
Sum tid [uker]	<p>Denne kolonnen regner om <i>Sum [dager]</i> til antall uker. Dette er nyttig til videre betraktninger.</p>
Samhandling [uker] - Komplettering kor. [m/uke]	<p>Disse kolonnene korrigerer byggetiden for hver enkelt aktivitet til å gjelde for arbeidstidene som forutsettes i hovedarket. Det vises også til en kapasitet på meter per uke (for driving og sikring med hensyn på tidsbestemmende stuff, ellers på tunnellengde). Denne kapasiteten kan brukes til å dimensjonere hjelpepunkter for trendlinjer med lite datagrunnlag, se Tabell 4.13.</p>
Samhandling [uker] – Total [uker]	<p><i>Samhandling [uker]</i> er ikke den samme som i forrige punkt, men første kolonne etter <i>Komplettering kor. [m/uke]</i>. Disse kolonnene er korrigert byggetid for hver enkelt aktivitet med tidsbestemmende faktor inkludert. Kolonnen for <i>Total [uker]</i> gir dermed total byggetid for prosjektet i uker. Denne verdien brukes videre som referanse i hjelpearket <i>Avvikstest</i>.</p>

Trendlinjearkene og arkene for tidsbestemmende stuff, forskjæring, undersjøiske tunneler og sårbare omgivelser bygger videre på dataene som settes inn i hjelpearket *Prosjektdata*.

Tabell 4.13 presenterer en manual for hvordan disse arkene kan suppleres med flere tunnelprosjekter. Foreløpig må formler som gis av trendlinjene settes manuelt inn i hjelpearket *Hjelpeark*. Deretter brukes de til estimering i hovedarket. Automatiske koblinger kan gjøre at prosessen med å sette inn nye tunneler i datagrunnlaget blir mindre tidkrevende.

Tabell 4.13 Manual for forståelse eller endring av modellen

Inndata	Aksjon
Tidsbestemmende stuff	Hjelpearket <i>Tidsbestemmende stuff</i> er grunnlaget for modellens forslag til tidsbestemmende stuff i hovedarket. Informasjon om stuffinndelingen for prosjektene i datagrunnlaget er det statistiske grunnlaget for dette forslaget.
Forskjæring	På samme måte som for tidsbestemmende stuff er det tallene fra prosjektene i datagrunnlaget som danner grunnlaget for dette estimatet. Det er den tidsbestemmende delen av forskjæringen av hvert prosjekt som er inkludert i utregningen av tid til forskjæring for henholdsvis 1-løps- og 2-løps tunneler.
Faktor for undersjøisk tunnel og sårbare omgivelser	Faktoren for disse tilfellene tar utgangspunkt i tunnelene i datagrunnlaget som faller inn under disse kategoriene. Deres byggetid i forhold til de normale tunnelene med samme tunnelprofil eller klasse er dimensjonerende for denne faktoren. Faktoren for begge tilfellene må oppdateres dersom flere tunneler med disse forutsetningene inkluderes i datagrunnlaget.
Trendlinjer driving og sikring, grunnarbeider, vann- og frostsikring og komplettering og elektro	Trendlinjene baseres på tall fra arket <i>Prosjektdata</i> . Her hentes korrigert byggetid manuelt og settes inn i det aktuelle trendlinjearket. Videre settes formelen for trendlinjen inn i formelen til den korresponderende cellen i hjelpearket <i>Hjelpeark</i> , koblet til hovedarket. Ved fremtidig innsetting av nye prosjekter kan hjelpepunkter i enkelte av trendlinjene erstattes med virkelige tall.

Grov tidligfasemodell

For den grove tidligfasemodellen er det kun tunnallengde i antall meter og antall løp som dimensjonerer total byggetid. Tunnallengde for samtlige 1-løps tunneler utenom klasse A settes opp for den samme trendlinjen. Tilsvarende gjøres for 2-løps tunneler unntatt tunnel med sårbare omgivelser. Det er den totale byggetiden som står på kolonnen lengst til høyre i arket *Prosjektdata* som brukes til å skissere trendlinjen. Byggetiden gitt av grov tidligfasemodell er dermed korrigert til:

- 101 t/uke for driving og sikring
- 37,5 t/uke for grunnarbeider
- 101 t/uke for vann- og frostsikring
- 37,5 t/uke for komplettering og elektro

Fremgangsmåten ved å sette formelen inn i hovedarket er tilsvarende som for tidligfasemodellen. Modellen finnes i sin helhet i Vedlegg I.

4.3.2 Ekvivalenttidsmodell

Modellen ligger i sin helhet som Vedlegg M. Tabell 4.14 fremstiller den nye utgaven av modellen og hva som kreves av bruker ved utfylling.

Tabell 4.14 Brukerveiledning til modell ved kontraktinngåelse

Post	Beskrivelse
Generelt om modellen	<ul style="list-style-type: none"> - Modellen er ment brukt som et verktøy til å estimere byggetid når mengdebeskrivelsen er ferdig utarbeidet, og til regulering av byggetid underveis i produksjonsprosessen. - Hvite felter er brukt som en indikasjon på at bruker kan fylle inn verdier. - Den tidsbestemmende faktoren er lagt inn slik at man fortsatt kan ta med samtlig tidsbruk som en aktivitet estimeres til, men at man kan stille ned tidsavhengigheten. Dette vil forenkle antall mellomregninger, ettersom man da kan ta med hele tidsbruken, men stille ned tidsbestemmende faktor dersom ikke hele aktiviteten er på kritisk linje. Det anbefales derfor at bruker i større grad bruker tidsbestemmende faktor til regulering av en post, istedenfor å endre mengde eller kapasitet slik at tiden blir korrekt med den allerede foreslåtte verdien på tidsbestemmende faktor. - Det er forsøkt å gjøre modellen intuitiv og brukervennlig, samt forberede den for videre utvikling. For å tilfredsstille dette er overflødige og unødvendige tall fjernet, samt er hjelpetall og hjelpetabeller brukt i beregningene skjult. I tillegg er det lagt til informasjon slik at bruker får god veiledning gjennom innfyllingsprosessen. For å gjøre modellen enkel å videreutvikle er det lagt vekt på å dokumentere hvor beregningene har sitt opphav, for eksempel prosjektrapporter, håndbøker osv.
Hovedark: Tunneldata	<ul style="list-style-type: none"> - Det er nødvendig at bruker fyller inn følgende poster: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Tunnelprofil</i> - <i>Tunnelklasse</i> - <i>Total tunnellengde</i> - <i>Stufflengde, tidsbestemmende stuff</i> - Det gis forslag i resterende poster, men disse kan overstyres dersom ønskelig.
Hovedark: Byggetid	<ul style="list-style-type: none"> - Ved ferdig utfyllelse av hovedarket <i>Tunneldata</i> kan bruker gå videre til hovedarket <i>Byggetid</i>. - Her bør bruker gå systematisk til verks, og fullføre hver enkelt post. Beskrivelse av postene ligger i merknader på postnavnet. Bruker kan se merknadene ved å holde musepekeren over postnavnet. - Bruker har alltid muligheten til å overstyre modellens foreslåtte verdier. - Videre i denne tabellen vil hver enkelt post i hovedarket <i>Byggetid</i> forklares.

Tabellen fortsetter på neste side

Post	Beskrivelse
1. Samhandlingsprosess	- Fylles inn etter <i>Punkt 1</i> i konkurransegrunnlagets <i>Kapittel C3</i> .
2. Andre forberedende arbeider	- Fylles inn dersom det foregår tidsbestemmende arbeid mellom samhandlingsprosess og forskjæring.
3. Riggerarbeider	- Fylles inn dersom det foregår tidsbestemmende arbeid mellom samhandlingsprosess og forskjæring.
4. Forskjæring	- Modellen gir et anslag basert på dataanalyse fra fremdriftsplaner, gitt tidligere i denne rapporten. Dette kan overstyres av bruker.
5. Driving	- Postene 5.1-5.4 fylles inn i detaljarket 5. <i>Driving</i> , ved å bruke mengdebeskrivelsens <i>Punkt 32.1</i> . Herunder brukes punktene 32.111-32.114 (<i>Prosesskode 2012</i>) eller 32.11-32.14 (<i>Prosesskode 2007</i>). - <i>Post 5.5</i> fylles inn av bruker dersom det drives på synk. - <i>Post 5.6</i> tas i bruk dersom det benyttes vekseldrift. - <i>Post 5.7</i> fylles inn av bruker dersom det er tverrforbindelser. - <i>Post 5.8</i> fylles inn etter <i>Punkt 32.13</i> (<i>Prosesskode 2012</i>) eller 32.3 (<i>Prosesskode 2007</i>).
6. Byggherrens tid til kartlegging	- Fylles inn etter punktene 33.61 og 33.62 i mengdebeskrivelsen.
7. Manuell rensk, ekstra rensk	- Fylles inn etter punkt 33.11 i mengdebeskrivelsen.
8. Bolting	- I detaljarket 8. <i>Bolting</i> kan samtlige poster som omhandler bolter fylles inn fra mengdebeskrivelsen. Disse finnes under <i>Punkt 33.2</i> . - Det må skilles mellom bolter og forbolter, ettersom forboltene fylles inn i <i>Post 10</i> .
9. Sprøytebetong	- I detaljarket 9. <i>Sprøytebetong</i> kan samtlige poster som omhandler sprøytebetongmengder fylles inn fra mengdebeskrivelsen. Disse finnes under <i>Punkt 33.4</i> . - Bruker kan også endre på sprøytebetongtykkelse og typisk lengde som sprøytes om gangen. Dette vil ha innvirkning på kapasitetsberegningen.
10. Forbolting	- I detaljarket 10. <i>Forbolting</i> kan samtlige poster som omhandler forbolter fylles inn fra mengdebeskrivelsens <i>Punkt 33.2</i> . Bruker må deretter fylle inn antatt antall bolter per salve.
11. Sondérboring	- I detaljarket 11. <i>Sondérboring</i> må bruker fylle inn nødvendig informasjon for å finne kapasiteten. - Deretter kan bruker fylle inn total mengde boremeter i hovedarket fra mengdebeskrivelsens <i>Punkt 31.11</i> .

Tabellen fortsetter på neste side

Post	Beskrivelse
12. Kjerneboring	- I detaljarket 12. <i>Kjerneboring</i> kan antall boremeter fylles inn fra verdi gitt i mengdebeskrivelsens <i>Punkt 31.21</i> . Det kan fylles inn for lengdebasert boring fra punktene <i>31.211-31.214</i> .
13. Injeksjon	- I detaljarket 13. <i>Injeksjon</i> kan antall kg fylles inn fra verdier gitt i mengdebeskrivelsens <i>Punkt 31.63</i> . - Bruker kan også påvirke kapasiteten ved å endre antall pumpelinjer og boremaskiner.
14. Armerte sprøytebetongbuer	- I detaljark 14. <i>Armerte sprøytebetongbuer</i> kan antall buemeter fylles inn fra verdi gitt i mengdebeskrivelsens <i>Punkt 33.442</i> . Eventuelt kan bruker fylle inn antall sprøytebetongbuer fra <i>Punkt 33.44</i> . Benevningen velges fra en liste i detaljarket. - I detaljarket kan bruker også endre sprøytebetongbuenes data, og diverse kapasiteter. Dette krever detaljkunnskap.
15. Full utstøping	- I detaljark 15. <i>Full utstøping</i> kan antall meter med full utstøping fylles inn fra verdi gitt i mengdebeskrivelsens <i>Punkt 33.53</i> . <i>Punkt 33.531</i> kan fylles inn i tabellen for <i>enkel utstøping på stuff</i> . <i>Punkt 33.532</i> kan fylles inn i tabellen for <i>enkel utstøping bak stuff</i> . Dersom det støpes kontinuerlig bak stuff kan dette fylles inn i den tredje tabellen. - Bruker kan påvirke beregningens kapasiteter ved å endre typisk betongtykkelse i de tre tabellene.
16. Frysing	- Bruker må fylle inn verdier manuelt. Anbefalinger fra NTNU-Anleggsdrift (1999) <i>Prosjektrapport 2F-99</i> er gitt som en merknad ved posten.
17. Omrigg fra driving til komplettering	- Fylles inn dersom det foregår tidsbestemmende arbeid mellom driving og sikring og grunnarbeider.
18. Underbygning	- Bruker velger én av metodene gitt i postene <i>18.1-18.3</i> , og fyller inn lengde for arbeidet. - Kapasitetene er avhengig av tunnelbredde, men kan overstyres i tilhørende detaljark.
19. Drenering	- Bruker fyller inn mengde for postene <i>19.1</i> og <i>19.2</i> . - Kapasitetene er fastsatt, men kan overstyres.
20. Overbygning	- Bruker fyller inn mengde for postene <i>20.1-20.3</i> . - Kapasitetene er avhengig av tunneltverrsnitt, men kan overstyres i tilhørende detaljark.
21. Bankett, trekkør etc.	- Bruker fyller inn mengde for posten. - Kapasiteten er fastsatt, men kan overstyres.

Tabellen fortsetter på neste side

TBA4935 Anleggsteknikk, masteroppgave - Byggetid for vegtunneler

Post	Beskrivelse
22. PE-skum med sprøytebetong	<ul style="list-style-type: none"> - Ved å bruke mengdebeskrivelsens <i>Punkt 34.31</i> kan bruker fylle inn antall m² i tilhørende detaljark. Dette krever også innfylling av korrekt buelengde arbeidet utføres på. Eventuelt kan bruker fylle inn antall meter av tunnallengden aktiviteten skal utføres på. Dette vil kreve noe mer detaljkunnskap. - Bruker kan endre på kapasitetstall i detaljarket.
23. Betonghvelv av betongelementer	<ul style="list-style-type: none"> - Ved å bruke mengdebeskrivelsens <i>Punkt 34.41</i> kan bruker fylle inn antall m² i tilhørende detaljark. Dette krever også innfylling av korrekt buelengde arbeidet utføres på. Eventuelt kan bruker fylle inn antall meter av tunnallengden aktiviteten skal utføres på. Dette vil kreve noe mer detaljkunnskap. - Bruker kan endre på kapasitetstall i detaljarket.
24. Kombinerte løsninger	<ul style="list-style-type: none"> - Dersom det brukes PE-skum med sprøytebetong og veggelementer av betong, kan denne posten brukes. Ved å bruke mengdebeskrivelsens punkter <i>34.31</i> og <i>34.41</i> kan bruker fylle inn antall m² i tilhørende detaljark. Dette krever også innfylling av korrekt buelengde arbeidet utføres på. Eventuelt kan bruker fylle inn antall meter av tunnallengden aktiviteten skal utføres på. Dette vil kreve noe mer detaljkunnskap. - Bruker kan endre på kapasitetstall i detaljarket.
25. Luftport eller annen port	<ul style="list-style-type: none"> - Mengdebeskrivelsens <i>Punkt 35.4</i> gir antall kuldeporter. - Anbefalinger fra NTNU-Anleggsdrift (1999) <i>Prosjektrapport 2F-99</i> angående tidsbruk er gitt som en merknad ved posten.
26. Elektroarbeider	<ul style="list-style-type: none"> - Bruker fyller inn lengde med elektroarbeider i hovedarket <i>Byggetid</i>. - Kapasiteter kan endres i tilhørende detaljark.
27. Nedrigg og opprydding	<ul style="list-style-type: none"> - Bruker fyller inn antall uker dersom dette i noen grad er tidsbestemmende.
28. Testing og overtakelse	<ul style="list-style-type: none"> - Modellen foreslår fem uker til denne aktiviteten. Bruker kan overstyre ved behov.
Totalsum byggetid	<ul style="list-style-type: none"> - Den totale byggetiden gis nederst i hovedarket <i>Byggetid</i>.

4.4 Resultater fra innsetting i modeller

I denne delen presenteres resultatet fra innsettingen av de 26 prosjektene som er i datagrunnlaget til tidligfasemodellen. Innsetting i den grove tidligfasemodellen, tidligfasemodellen og ekvivalenttidsmodellen presenteres i Tabell 4.15 på neste side. *Korrigert byggetid (kor.)* tilsier at aktivitetene er innstilt for alle prosjektene med:

- 101 t/uke for driving og sikring
- 37,5 t/uke for grunnarbeider
- 101 t/uke for vann- og frostsikring
- 37,5 t/uke for komplettering og elektro

TBA4935 Anleggsteknikk, masteroppgave - Byggetid for vegtunneler

Tabell 4.15 Byggetid ved innsetting i modellene, gitt i uker

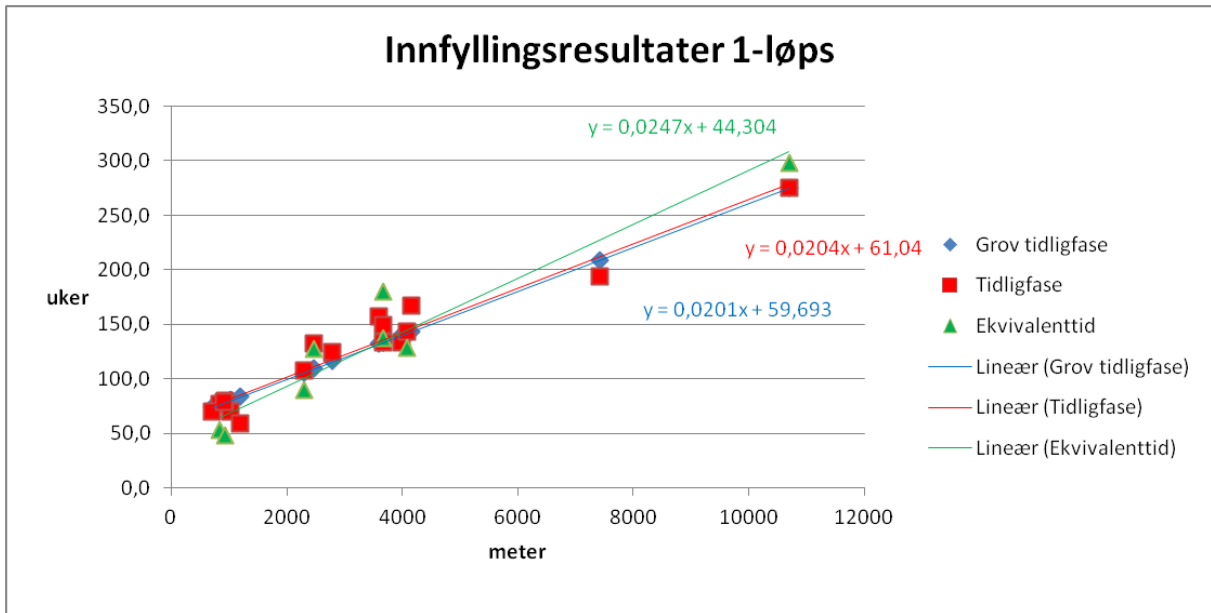
Prosjektnr.	Total byggetid kor.	Grov tidligfasemodell	Tidligfasemodell	Ekvivalenttidsmodell
1.1	182,3	133,5	133,1	137,4
2.1	109,2	109,3	132,1	126,9
2.2	115,2	140,1	133,7	-
4.1	125,5	132,2	78,9	62,2
5.1	32,5	-	33,4	31,1
6.1	92,1	105,9	107,2	89,2
13.1	262,1	274,8	274,8	298,1
14.1	90,1	76,6	76,8	52,7
17.1	200,7	228,3	213,7	-
17.2	299,9	294,1	315,9	276,3
19.1	309,1	-	306,9	-
20.1	265,9	187,9	264,4	-
21.1	114,5	116,0	124,4	-
21.2	144,1	132,0	157,1	-
22.1	187,3	209,0	194,1	-
26.1	75,3	80,3	69,8	-
27.1	138,5	167,6	140,0	142,0
30.1	64,5	78,5	79,5	48,4
31.1	49,0	-	-	-
34.2	145,1	141,9	143,2	128,4
35.1	61,2	74,0	70,0	-
39.2	170,1	143,5	166,5	-
39.3	170,6	133,6	149,2	180,3
45.1	190,0	210,1	212,7	314,4
47.1	67,6	78,2	78,5	-
49.1	58,2	83,6	58,8	-
Avvik	-	14,6 %	10,6 %	-

Det er kun avvik for grov tidligfasemodell og tidligfasemodell som er antydnet i Tabell 4.15. Dette er fordi ekvivalenttidsmodellen ikke bygger på det samme datagrunnlaget som de to øvrige modellene. Den korrigerte totale byggetiden er avledet fra analyse av fremdriftsplaner og svar fra spørreskjema.

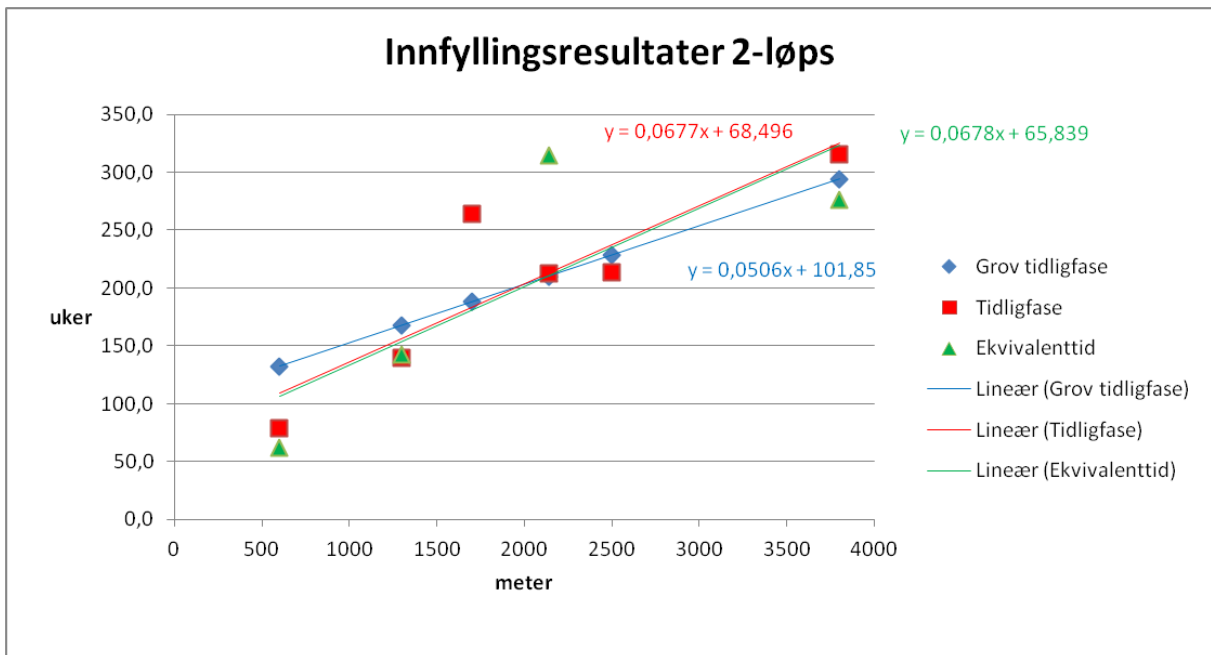
Figur 4.7 og Figur 4.8 presenterer innfyllingsresultater for grov tidligfasemodell, tidligfasemodell og ekvivalenttidsmodell. Figur 4.7 fremstiller byggetidene for 1-løps tunnelene, mens Figur 4.8 fremstiller byggetidene for 2-løps tunnelene. Da fremstillingen likner hva som ble gjort ved trendlinjer for grov tidligfasemodell har *5.1 Fv. 391 Tunnel til Laukeland – Skoranetunnelen* og *19.1 Rv. 150 Ring 3 Ulven-Sinsen – Lørentunnelen* blitt utelatt fra datagrunnlaget.

Figur 4.7 viser nesten helt lik trend for grov tidligfasemodell og tidligfasemodell. Disse belager seg på det samme datagrunnlaget. Den minimale forskjellen mellom trendlinjene tilsier at man i databehandlingsprosessen har unngått å gjøre grove systematiske feil. Trendlinjen for ekvivalenttidsmodellen avviker noe fra de to andre trendlinjene. En naturlig forklaring er at modellen beror seg på et helt annet datagrunnlag enn de to øvrige modellene. Likevel er forskjellen bemerkelsesverdig liten. Det kan se ut som at ekvivalenttidsmodellen gir noe kortere byggetid enn de andre modellene for tunneler som er under 3 500 meter. Fra 3 500 meter og oppover gir ekvivalenttidsmodellen noe lengre byggetid enn de andre modellene.

Figur 4.8 viser nesten eksakt lik trendutvikling for ekvivalenttidsmodell og tidligfasemodell. Dette er et spennende resultat da modellene belager seg på to forskjellige måter å bruke data på. Den grove tidligfasemodellen har en litt annen utvikling enn de øvrige, men denne er tilsynelatende uproblematisk. For tunneler under 2 000 meter gir den grove tidligfasemodellen noe lengre byggetid enn de øvrige. For tunneler over 2 000 meter gir den grove tidligfasemodellen noe kortere byggetid enn tidligfasemodellen og ekvivalenttidsmodellen.



Figur 4.7 Innflyllingsresultater for grov tidligfasemodell, tidligfasemodell og ekvivalenttidsmodell for 1-løps tunneler



Figur 4.8 Innflyllingsresultater for grov tidligfasemodell, tidligfasemodell og ekvivalenttidsmodell for 2-løps tunneler

Ekvivalenttidsmodellen belager seg på kapasitetsdata innhentet fra analyser av andre prosjekter i utførelsesfasen. For å sammenlikne alle tre modellene benyttes dermed prosjektet *2.1 Vossapakko – Vangstunnelen*. Fra dette prosjektet har forfatterne informasjon om reell tid som prosjektet ville hatt ved normal utførelse (Sæbø, 2013). Sæbøs estimat går overens med fremdriftsplanens ukorrigerede byggetid, og derfor brukes denne her. Tabell 4.16 viser hvordan alle tre modellene estimerer byggetid for Vangstunnelen, med arbeidstider satt til hva som faktisk ble brukt:

- 101 t/uke for driving og sikring
- 75 t/uke for grunnarbeider
- 101 t/uke for vann- og frostsikring
- 40 t/uke for komplettering og elektro

Tabell 4.16 Byggetid ved innsetting av prosjekt 2.1 ukorrigert i modellene [uker]

Prosjektnr.	Total byggetid ukorr.	Grov tidligfasemodell	Tidligfasemodell	Ekvivalenttidsmodell
2.1	102,8	109,3*	120,9	113,0
Avvik	-	6,3 %	17,6 %	9,9 %

*Muligheten til å justere arbeidstider for aktiviteter finnes ikke i den grove tidligfasemodellen

5. Diskusjon

Dette kapitlet tar utgangspunkt i forskningsspørsmålene som ble presentert i innledningen. Funnene fra teorikapitlet brukes til å diskutere resultatene som ble presentert i forrige kapittel. Diskusjonskapitlet deles inn i fire hoveddeler. Det innledende delkapitlet tar for seg teoriens og metodens betydning for resultatene. Videre kommer to delkapitler som tar for seg henholdsvis tidligfasemodellen og ekvivalenttidsmodellen. Til slutt gjenopptas mulige feilkilder fra metodekapitlet og utdypes med konkrete eksempler.

Fra fordypningsprosjektet utført høsten 2013 etablerte man mulige premisser for arbeidet med masteroppgaven. Det ble konkludert med følgende:

Forfatterne anbefaler at det utvikles to separate modeller. Den ene tiltenkes en rolle i tidligfase, før detaljert konkurransegrunnlag foreligger. Den andre med mer detaljerte poster, ved tilgjengelig konkurransegrunnlag, og kan baseres på ekvivalenttidsmodell fra Institutt for bygg, anlegg og transport. Oppfatningen er at en eventuelt modifisert modell må være såpass enkel å bruke at to uavhengige personer som regner på byggetid for samme prosjekt, med samme mengdegrunnlag, får lik estimert byggetid.

Utdrag fra fordypningsprosjekt skrevet høsten 2013

5.1 Teoriens og metodens betydning for resultatene

I denne delen begrunnes resultatene med litteraturen som ble presentert i teori- og metodekapittelet. Valg som har blitt gjort i forbindelse med analyse av resultater har i mange tilfeller blitt påvirket av oppfatninger innenfor fagfeltet. Til dette kan det nevnes at personlig kommunikasjon med nøkkelpersoner fra bransjen har tilført et interessant perspektiv som utfyller informasjonen fra andre kilder som for eksempel fremdriftsplaner og standardiserte spørreskjemaer (Eide og Eide, 2014; Gjelsten et al., 2014; Sæbø 2013).

Delkapittelet deles videre inn i tre deler. Det første tar for seg noe av metodeteorien som har vært viktig for arbeidet med informasjonsinnhenting og strukturering av resultater. Deretter blir sentrale momenter fra teorikapittelet belyst henholdsvis i et kapittel om funksjoner og verktøy i bransjen, og et kapittel om aktiviteter i forbindelse med tunnelarbeidene. De to siste kapitlene forsøker å fremheve den viktige betydningen av å oppsøke eksisterende kunnskap om det man ønsker å konstruere et praktisk verktøy for. Forskningsspørsmålet var som følger:

På hvilken måte kan man etablere estimeringsverktøy for beregning av byggetid for vegtunneler, slik at brukeren av verktøyet ser nytten i form av:

- høy grad av nøyaktighet i estimering av byggetid
- et intuitivt verktøy som er brukervennlig
- fungerende estimeringsmodell på tiltenkt stadium i vegtunnelprosjekter, som vil forenkle grensesnittutfordringer mellom eier og utførende

5.1.1 Metodeteori

Litteraturen fra metodekapittelet har i hovedsak hatt som funksjon å støtte opp om, og belyse, valgene forfatterne tok ved bruk av metoder til å innhente informasjon og analysere resultater. Blant annet har utgivelser fra Campbell og Fiske (1959), via Jick (1979), til Olsson (2011) blitt brukt som grunnlag til å forklare hvorfor kombineringsmetoder kan være en god måte å fremstille data på. Annen litteratur diskuterer potensiell problematikk ved kombinasjon av metoder (Mathison, 1988). Her kommer det frem at det er viktig som forsker ikke å tro at bruk av kombinasjon av metoder fratrukker forskerens plikt til å verifisere gyldigheten til resultatene. Dette betyr at man ikke skal tro at dersom man anvender flere metoder til innhenting av informasjon vil resultatene automatisk være kvalitetssikret. I denne rapporten har informasjonen blitt skaffet gjennom flere forskjellige metoder. Det har hele tiden vært fokus

på at informasjonen som etterspørres har en betydning for videre arbeid med oppgaven. Dette har vært viktig da arbeidet med oppgaven har foregått innen et begrenset tidsrom.

Refleksjoner omkring hvordan man skal lage spørreskjemaer og kvalitativ innhenting av data har vært nyttig i valgene som har blitt tatt om hvilke metoder som egner seg best til resultatinnhenting. Utgivelser som Aarø (2007), Flyvbjerg (2006), Kvale og Brinkmann (2009) og Thagaard (2003) har inspirert til å utvikle spørreskjema og intervjuprosedyrer som har vist seg å gi gode resultater. Med få unntak var all respons fra informantene enkel å tolke. Spørreskjemaet gjorde det mulig for forfatterne å analysere tunnelprosjektene på sammenliknbart grunnlag.

5.1.2 Teori om bransjen

Store deler av teorikapittelet omfatter beskrivelser om forskjellige forhold som har en sentral betydning i løpet av prosjektprosessen til et tunnelprosjekt. Det var viktig for forfatterne å gjennomføre en litteraturstudie om disse forholdene for å få en forståelse av bransjens mekanismer. Dette for å være best mulig forberedt til å konstruere beregningsmodeller for estimering av byggetid. Det ble ansett som sentralt å kjenne til hvilke stadier i prosjektene der behovet var størst for slike modeller, og hva man som involvert i et prosjekt kjente til av informasjon til ethvert tidspunkt. For å nevne et konkret eksempel ville det vært problematisk å be om totalt antall sikringsbolter som inndata i en beregningsmodell hvis man fremdeles befinner seg på et tidlig utredningsstadium av prosjektet. Dette kan relateres til forskningsspørsmålet om hvordan man kan lage en brukervennlig modell. Kartlegging av behov og brukers tilgang på informasjon har derfor vært sentrale retningslinjer i oppbygningen av teorikapittelet.

Ett av de andre forskningsspørsmålene tar opp at en slik modell kan forbedre visse grensesnittutfordringer. Organisasjonsstruktur, kontraktsforhold og verktøy som anvendes i dagens bransje har dermed også vært viktig å kartlegge i forbindelse med litteraturstudien.

Organisasjon

Til å beskrive organisasjonsstruktur i prosjekter i regi av Statens vegvesen er det flere kilder som er nyttige. De forskjellige fasene tiltrekker seg ulike interessenter. På et overordnet plan skiller ikke anleggsprosjekter seg stort fra byggeprosjekter i komponering av prosjektorganisasjon. Man har byggherre, entreprenører, leverandører og enheter med etterspurt spesialkompetanse. Lædre (2009a), Lædre (2009b), Eikeland (2001) og Westgaard, Arge og Moe (2010) bidrar med beskrivelser av hvordan disse prosjektorganisasjonene kan

organiseres. Til å forstå hvor i prosjektprosessen grensesnittutfordringer kan oppstå er det viktig å ta stilling til innhold i denne typen litteratur.

Forberedende arbeider

Dersom man skal gå mer i detalj på hvilke forberedende aktiviteter og prosesser som foregår i forkant av byggestart er Statens vegvesens håndbøker og Nilsen og Broch (2011) sentrale kilder. Fra Statens vegvesen er det særlig SVV (2010b) som gir interessante beskrivelser med tilhørende illustrasjoner. Det samme er tilfellet for Nilsen og Broch (2011). Det er prosessene for grunnundersøkelser og tolkninger av disse som setter premissene for planlegging og organisering av byggefasen i prosjektet. Valg av trasé, sikringsmengde og anbudsgrunnlag er avhengig av presise undersøkelser i tidligfase for at avvikene i byggefasen ikke skal bli for store. Når man har som mål å gjøre en beregningsmodell brukervennlig og intuitiv for brukeren er det en fordel å kjenne til hvilken type informasjon bruker enkelt har tilgang på. Siden tidligfasemodellene formodentlig skal brukes før tilgjengeliggjøring av mengdebeskrivelse er det viktig at nødvendig inndata ikke omfatter informasjon som ikke har blitt kartlagt.

Verktøy

I teorien ble det sett på verktøy liknende de forfatterne har utviklet. Dette for å forstå hvordan dagens verktøy fungerer og er utformet, og samtidig kunne gi inspirasjon til utviklingsprosessen. Når det gjelder verktøy til estimering av total byggetid ble det undersøkt to modeller: NTNU-Anleggsdrift (1999) og Standard Norge (2008). Ekvivalenttidsmodellen overlevert fra Instituttet er basert på den første, som er en meget detaljert studie av temaet byggetid for vegtunneler. Innholdet har vært særdeles viktig og inspirerende, spesielt med tanke på modifiseringen utført i ekvivalenttidsmodellen. Når det gjelder system til regulering av byggetid underveis i produksjonsfasen er det blitt sett på SVV (2010c), Standard Norge (2008) og NTNU-Anleggsdrift (1999). Det har vært essensielt å forstå SVV (2010c) sitt reguleringssystem, ettersom dette brukes i praksis. Forståelsen har bidratt til bedre å kunne tilpasse ekvivalenttidsmodellen til å fungere i en praktisk sammenheng, samt å forenkle grensesnittet mellom eier og utførende.

Det eksisterer flere verktøy som er nyttige som hjelpemidler til planlegging og utførelse av anleggsprosjekter. Q-metoden er et klassifiseringssystem for bergmasse. Systemet egner seg godt til bruk både i planleggingsfasen og i byggefasen til kontinuerlig kartlegging av bergforhold (Nilsen og Broch, 2011; NFF, 2010b). *Prosesskoden* og konkurransegrunnlag fungerer som veiledninger til oppsett av poster i kontrakt mellom byggherre og entreprenør.

Prosessene er mengdestyrt og reflekterer hva som skal gjøres i prosjektet (Fjelldal og Moe, 2009; SVV, 2010c; SVV, 2012). Disse verktøyene er sentrale for at praksisen i dagens anleggsprosjekter skal kunne opprettholdes. Da estimeringsverktøyene som denne rapporten presenterer også er tiltenkt som hjelpemidler i anleggsprosjekter var det viktige å omtale noen av de eksisterende hjelpemidlene i teorikapittelet.

Den norske kontraktmodellen

Den norske kontraktmodellen i tunnelprosjekter belager seg på et prinsipp om at byggherre stiller som ansvarlig for de geologiske forholdene i prosjektet, mens entreprenør er ansvarlig for den daglige driften. På bakgrunn av disse premissene er det vanlig at man justerer byggetid underveis i prosjektene dersom man møter på uventede bergforhold.

Beregningsmodellene som presenteres i denne rapporten har potensialet til å tilføre ekstra verktøy til beslutningsprosessene omkring fastsetting eller justering av byggetid. Denne direkte sammenhengen har gjort at store deler av litteraturstudien innebar å kartlegge den norske kontraktmodellen for anleggsprosjekter.

Fossberg (2012), Grøv (2012), Kleivan (1989) og SVV (2010c) er sentrale kilder dersom man ønsker å lese om den norske kontraktmodellen og hvordan den fungerer i praksis. Bruk av ekvivalenttider til å justere tidsfrister med kapasiteter gir en god forståelse av eksisterende systemer, og gjør det lettere å tilpasse beregningsmodellene til områder hvor behovet for et slikt hjelpemiddel er størst.

Fremdriftsplaner

En viktig kilde til informasjon i denne rapporten har vært fremdriftsplaner fra tunnelprosjekter i regi av Statens vegvesen. Alle fremdriftsplanene var på samme formen som Rolstadås (2006) beskriver. Rolstadås (2006) sin beskrivelse av egenskapene til slike fremdriftsplaner bidro til bestemmelsen om at fremdriftsplaner ville fungere som en god kilde til informasjon om de planlagte aktivitetene i tunnelprosjektene som var aktuelle for datagrunnlaget.

Fremdriftsplanene anvendes som kommunikasjon i grensesnittet mellom byggherre og entreprenør. Man kan si at fremdriftsplanen er en form for forpliktelse for tiden man skal bruke på en gitt arbeidsmengde. Det stilles krav til når den første fremdriftsplanen skal leveres samt hvor hyppig en revisjon skal foreligge. Et verktøy som blir såpass mye brukt som kommunikasjonsmedium er interessant å studere i forbindelse med drøfting av forskningsspørsmålene. Da er det særlig forskningsspørsmålet som retter seg mot

grensesnittet mellom eier og utførende som er av interesse. Beregningsmodellene kan tilføre ekstra verktøy som kan brukes som kommunikasjon i tillegg til fremdriftsplanene.

5.1.3 Teori om aktiviteter i tunnelprosjekter

Den andre delen av teorikapittelet tar for seg typiske aktiviteter som foregår i et tunnelprosjekt. Utgangspunktet for hvilke aktiviteter som ble omtalt var ekvivalenttidsmodellen som ble overlevert fra Institutt for bygg, anlegg og transport. Målet med denne modellen var å gjøre den generelt mer brukervennlig og gi bedre samsvar med benevningene som brukes i praksis. Ved å gå inn på hver av aktivitetene modellen deler et tunnelprosjekt inn i, ble det ansett som enklere å kartlegge hvordan endringene kunne begrunnes i etablert litteratur. Samtidig kunne forskjellige perspektiver på hvordan man kan komme frem til byggetiden for en aktivitet være nyttig i prosessen med å modifisere modellen. Betrachninger omkring de konkrete endringene av modellen diskuteres i Kapittel 5.3. Til å få en god forståelse av modellen, og være best mulig skikket til å foreta endringer med innvirkning på brukervennlighet, virket en systematisk tilnærming av aktiviteter som en god løsning.

Til beskrivelse av aktiviteter i startfasen og slutfasen av prosjektene har innspill fra nøkkelpersoner fra bransjen vært en viktig bidragsyter. Både Sæbø (2013), Gjelsten et al. (2014) og Eide og Eide (2014) beskrev samhandlingsprosess og testing som de viktigste tidsdimensjonerende periodene i henholdsvis start- og slutfasen av prosjektene. Deres betrachninger har dermed fått stor betydning for valg som har blitt tatt i forbindelse med endring av ekvivalenttidsmodell i start- og slutfasen. Enkelte poster i den originale modellen ble funnet unødvendige i den nye utgaven.

Til de øvrige aktivitetene er det beskrivelser fra tre utgivelser som har vært sentrale i teorikapittelet. De to første er SVV (2010b) og SVV (2012). Disse har bidratt med skisseringer og beskrivelser av hvordan de ulike aktivitetene planlegges og utføres. Hvilke krav som stilles til ferdig oppførte enheter dokumenteres i disse veilederne. Disse utgivelserne oppsummerer de nyeste føringene for hvordan man skal gjennomføre et tunnelprosjekt. Ved å gå i dybden av utgivelserne sikrer man å gjøre endringer ved ekvivalenttidsmodellen, eller antakelser ved tidligfasemodell, som er i tråd med føringer og krav ved utførelse av tunnelprosjekter.

Den tredje utgivelsen er NTNU-Anleggsdrift (1999). Denne presenterer store deler av materialet som ekvivalenttidsmodellen er utformet etter. Kapasitetsdata og beskrivelser av utførelse for de ulike aktivitetene samsvarer med modellens antakelser. Til å forstå bakgrunnen for modellen og for å kunne gjennomføre endringer ved modellens svakheter har en studie av denne litteraturen vært meget hjelpsom.

Til enkeltaktiviteter har annen litteratur vært viktig for å gi andre perspektiver på utførelse. For injeksjon har eksempelvis NFF (2010a) vært viktig som beskrivelse til karakteristikk og utførelse av injeksjonsarbeider. NFF (2010b), Nilsen og Broch (2011), NTH-Anleggsdrift (1995), SVV (2010a) og SVV (2010b) har vært sentrale i beskrivelser av samtlige sikringsarbeider som foregår i tunnel. Johannessen (1995) og Zare (2007) tilbyr henholdsvis prognoser og modeller om drivingen av tunneler. Alle disse utgivelsene har vært viktig i arbeidet med å forstå hvordan aktivitetene i tunnelprosjekter henger sammen. Det finnes andre kilder i tillegg til disse som har bidratt til forståelse av kompleksiteten i prosjektene. Det viktigste som må fremheves er uansett hvilken innvirkning denne litteraturen har hatt på forfatternes forståelse av oppbygningen av modellen som ble overlevert fra instituttet. Denne forståelsen har blitt brukt direkte, og indirekte, til valgene som er tatt i forbindelse med modifisering av ekvivalenttidsmodell og oppbygning av tidligfasemodellene.

5.2 Tidligfasemodellen

Denne delen drøfter prosessene som ledet til tidligfasemodellen som et estimeringsverktøy til å anslå total byggetid for tunnelprosjekter. I Kapittel 5.2.5 diskuteres bakgrunnen for den grove tidligfasemodellen. Alternativer til valgt fremgangsmåte gis som et tillegg til argumentasjonen for valgene som har blitt tatt. Som en rød tråd i diskusjonen vil det bli vurdert fortløpende om de ulike beslutningene har tilfredsstilt utfordringene som ble beskrevet i forskningsspørsmålene. Sæbø (2013) var med på å gi forfatterne inspirasjon til å utvikle en modell for tidligfase i tunnelprosjekter.

En gjengivelse av forskningsspørsmålene danner et godt utgangspunkt for videre diskusjon. Svaret på forskningsspørsmålene konkretiseres gjennom forklaring av formål og grunnlag for modellen.

På hvilken måte kan man etablere estimeringsverktøy for beregning av byggetid for vegtunneler, slik at brukeren av verktøyet ser nytten i form av:

- høy grad av nøyaktighet i estimering av byggetid
- et intuitivt verktøy som er brukervennlig
- fungerende estimeringsmodell på tiltenkt stadium i vegtunnelprosjekter, som vil forenkle grensesnittutfordringer mellom eier og utførende

I korte trekk viser det seg at tidligfasemodellen tilfredsstiller det forventede kravet til nøyaktighet i estimering av byggetid. Med en gjennomsnittlig feilmargin på ca. 10 %, for tunnelene som har blitt satt inn i modellen, har man oppnådd et akseptabelt avvik. Dette med tanke på hvor tidlig i prosjektet man befinner seg. Forskningsspørsmålet som tidligfasemodellen svarer best på er at det har blitt et meget brukervennlig verktøy som så å si alle, uavhengig av om de er en del av bransjen, kan bruke. Noe som er vanskelig å konkludere med i forbindelse med forskningsspørsmålene er hvorvidt modellen er et verktøy som potensielt kan bli brukt i grensesnittet mellom utførende og eier. Dette avhenger av mottakelsen til Statens vegvesen. Modellen tilfører i det minste muligheten til å estimere byggetid for tunnelprosjekter på en ny måte. Disse argumentene drøftes mer inngående i de neste delkapitlene.

5.2.1 Datagrunnlaget til tidligfasemodellen

I metodekapittelet ble det beskrevet hvilke tilnærminger til innhenting av data som ble brukt i denne rapporten. Formålet med å hente inn data fra de aktuelle kildene ble blant annet begrunnet med Pennstate University Libraries (2013) og Helse og Omsorgsdepartementet (2010) sine beskrivelse av empiriske studier. Også Campbell og Fiske (1959), Jick (1979), Mathison (1988), Grønmo (2004) og Olsson (2011) sine beskrivelser av kombineringsmetoder.

I resultatkapittelet ble data fra fremdriftsplaner, spørreskjemaer og innspill fra nøkkelpersoner i bransjen presentert hver for seg. Informasjonen fra fremdriftsplanene ble komplettert med informasjon fra spørreskjemaene. Dersom spørreskjemaene ikke hadde blitt brukt ville ikke prosjektdataene fra de ulike prosjektene blitt generaliserbare. Til prosesser i starten og slutten av prosjektene var innspill fra nøkkelpersonene av særlig interesse. Varighet på samhandlingsprosess og testperiode ble antydnet av disse kildene.

Dersom det blir aktuelt å videreutvikle modellen er det utarbeidet en mal med forklaring til hvordan dataene fra fremdriftsplaner og spørreskjemaer skal registreres. Manualene finnes i Tabell 4.12 og Tabell 4.13 i Kapittel 4.3.1. Det er lagt til rette for at prosessen med å behandle datagrunnlaget til modellen videre skal kunne gjøres raskt og på en intuitiv måte.

Et alternativ til å konstruere en modell basert på statistiske data kunne vært å undersøke hvilke kapasiteter som gjelder for de ulike aktivitetene i et prosjekt. Til dette ville det vært naturlig å kreve inndata i form av mengder for aktivitetene. Med tanke på at modellen formålsmessig skal kunne brukes før det foreligger et konkurransegrunnlag med mengdebeskrivelser, ble dette alternativet utelukket.

5.2.2 Prosessen med å lage tidligfasemodellen

Utgangspunktet for prosessen med å lage tidligfasemodellen var de tre forskningsspørsmålene. Først og fremst var det viktig at modellen skulle gi et fornuftig estimat med minimale avvik. Likevel ble det ansett som akseptabelt dersom feilmarginen i anslagene holdt seg innenfor 10-15 % i snitt. En faktisk gjennomsnittlig feilmargin på ca. 10 % kan i denne sammenheng sies å være et godt resultat.

Brukervennlighet var et annet viktig premiss i utformingen av modellen. Det ble gjort vurderinger omkring hvilken informasjon som vanligvis er kjent for prosjekter, på ulike tidspunkt. SVV (2010b) har vært sentral til å bestemme hvilke inndata som kreves fra brukeren av modellen. Figur 3.4 i teorikapittelet, som er hentet fra SVV (2010b), er en viktig del av bakgrunnsdataene som bestemmer inndata i modellen. Dersom man ikke kjenner til tunnelklasse, antall løp og tunnelprofil vil innsetting av ÅDT gi forslag til disse parametrene, basert på Figur 3.4.

Den andre inndataen som er nødvendig for at modellen skal foreslå en byggetid for hele tunnelprosjektet er total tunnellengde. Sammen med ÅDT er dette informasjon man ofte kjenner til i idéfasen av prosjektene. Tunnelklasse, antall løp og profil bestemmer hvilken trendlinje som velges for aktivitetene; driving og sikring, grunnarbeider, vann- og frostsikring og elektro og komplettering. På bakgrunn av oppgitt tunnellengde foreslår modellen en tidsdimensjonerende stofflengde for drivings- og sikringsarbeidene. Dette forslaget er avledet fra praktisert stoffinndeling i prosjektene som er inkludert i datagrunnlaget til modellen. Dersom bruker er av en annen oppfatning enn hva modellen foreslår er det lagt til rette for at lengden kan overstyres.

Trendlinjer for byggetid for driving og sikring, grunnarbeider, vann- og frostsikring og komplettering og elektro inngår som tider for forskjellige deler i et prosjekt. Disse adderes med tid for samhandlingsprosess, forskjæring og testing for å gi en total byggetid. Fremgangsmåten til hvordan de syv forskjellige fasene i prosjektet estimeres ved hjelp av modellen ble begrunnet i resultatkapittelet.

For å skille tunnelprosjektene i datagrunnlaget fra hverandre med tanke på fremdrift i tidsbruk per meter tunnellengde eller per meter tidsbestemmende stuff stod det mellom flere alternativer:

- geologiske forhold
- tunnelklasse
- tunnelprofil
- antall løp
- undersjøisk eller standard
- sårbare omgivelser eller normale forhold
- injeksjonsarbeider

I modellen har tunnelprofil blitt brukt til å skille på tidsbruk i forbindelse med driving og sikring. Dette fordi det med økt tunnelprofil vil være større andel bergmasse som skal sprenges og deponeres. Samtidig er det en større bergoverflate som skal sikres. Økt tunnelprofil vil følgelig medføre økt byggetid for driving og sikring. Det var lenge et alternativ å skille med geologiske forhold som parameter, i tillegg til tunnelprofil. Eventuell fraksjonering ville da vært i gode, middels eller dårlige geologiske forhold. Da det ble klart at datagrunnlaget kun bestod av tunneler med gode eller middels forhold, og at nesten alle med middels forhold befant seg blant 2-løps tunnelene ble dette vurderingskriteriet utelukket.

Grunnet SVV (2010b) sine beskrivelser av at det var tunnelklassen som bestemte kravene til utførelse av vann- og frostsikring og elektroarbeider, ble det besluttet at grunnarbeider, vann- og frostsikring og elektroarbeider skulle deles inn i disse gruppene. For tunnelklasse E og F var utførelsen såpass lik at disse ble inkludert i den samme trendfremstillingen. Antall løp har sammenheng med hvilken tunnelklasse det er snakk om (SVV, 2010b).

For undersjøiske tunneler og tunnelprosjekter med sårbare omgivelser var det et begrenset utvalg. Det ble derfor bestemt at inndataen for slike tilfeller kun skulle være et valg mellom alternativene ja eller nei. Deretter vil eventuelt avmerking med ja medføre at en faktor justerer byggetiden. Denne faktoren er basert på ekstra byggetid ved slike tunneler kontra vanlige tunnelforhold. Eventuelle oppdateringer av disse faktorene utføres som beskrevet i Tabell 4.13, Kapittel 4.3.1.

En faktor for injeksjon ble lenge vurdert som et alternativ til sårbare omgivelser. Uklarheter omkring hvilke tunneler som hadde systematisk injeksjon og problemer om hvordan dette eventuelt skulle implementeres i modellen, ble utslagsgivende for at injeksjon som inndata ikke ble tatt i bruk. I Vedlegg K i hjelpearket *Prosjektdata* er det oppgitt injeksjonsmengde for tunnelene. Ikke alle tunnelene har oppgitt en slik mengde. Dette er fordi det ikke ble mottatt mengdebeskrivelser fra samtlige prosjekter. Dersom det ved videre utvikling ønskes å implementere injeksjon som en faktor i modellen, er data fra de fleste tunnelene tilgjengelig.

Bestemmelse av foreslått tidsbruk for samhandlingsprosess er avledet fra varighet for prosjektene som overleverte konkurransegrunlaget. Av disse tallene ble det beregnet et omtrentlig gjennomsnitt som modellen forslår. Som for alle de andre postene i modellen er dette tallet mulig å overstyre dersom brukeren ønsker dette. For forskjæring er det forsøkt en liknende fremgangsmåte. Her skilles det mellom 1-løps- og 2-løps tunneler.

Forskjæringsarbeider er i utgangspunktet en prosess det er vanskelig å forutse tidsbruken på. Derfor har det blitt tatt et gjennomsnitt for tunnelene. Fremgangsmåte ved eventuell oppdatering av varighet ved forskjæringsarbeider er liknende den for undersjøiske tunneler og sårbare omgivelser.

Den mest sentrale kilden til å bestemme tidsbruk til testing er Gjelsten et al. (2014). Her ble det forklart at fem uker var fastsatt testvarighet for prosjektet som ble besøkt, og at det sannsynligvis var vanlig tidsbruk for de fleste tunneler. Det er mulig at mer kompliserte prosjekter har en lengre testperiode enn det som ble omtalt av Gjelsten et al. (2014). Likevel

har tiden på fem uker blitt satt som standard i modellen, naturligvis med mulighet for overstyring. Eventuell oppdatering anbefales å gjøre på samme måte som for endringer ved samhandlingsprosess.

Figur 3.10 i Kapittel 3.7.3 forklarer prinsippet bak tilfeller med overlappende aktiviteter. Figuren som er hentet fra NTNU-Anleggsdrift (1999) skisserer hvorfor enkelte aktiviteter i prosjektene må justeres for at total byggetid ikke skal dobbelttelle felles tid for overlappende aktiviteter. Tabell 4.2 i Kapittel 4.1.1 forklarer hvilke aktiviteter som har blitt definert som tidsbestemmende i forhold til hverandre. Andre tolkninger av hvilke aktiviteter som burde vært tidsbestemmende er naturligvis mulig, men den valgte løsningen virker å stemme godt overens med det som fremstilles som vanlig praksis i fremdriftsplanene.

Valgene som har blitt tatt i forbindelse med oppbygging av modellen er rotfestet i et mål om å oppfylle utfordringene i forskningsspørsmålene på en best mulig måte. Brukervennlighet og nøyaktighet i estimering har vært hovedfokus gjennom hele databehandlings- og programmeringsprosessen. Forfatterne mener at modellen er tilpasset sitt tidspunkt for bruk i et tunnelprosjekt, og antar at det kan være et nyttig verktøy for bransjen.

5.2.3 Tidligfasemodellens funksjonalitet

I forbindelse med funksjonaliteten til tidligfasemodellen er det snakk om hvorvidt modellen er kvalitetssikret gjennom refleksjoner omkring datagrunnlagets gyldighet, pålitelighet og generaliserbarhet. Aarø (2007) reflekterer omkring anvendelsen av begrepene gyldighet og pålitelighet. Postholm (2005) beskriver at det vanlige kriteriet for å vurdere pålitelighet er at resultatene i undersøkelsen kan reproduseres og gjentas. Gyldigheten handler om i hvilken grad fremgangsmåter og funn reflekterer studiens formål og representerer virkeligheten (Johannessen, Tufte og Kristoffersen, 2010). Figur 2.2 av Aarø (2007) skisserer hvordan relasjonen mellom pålitelighet og gyldighet kan anvendes til å vurdere data. Her samsvarer gyldighet med validitet, og pålitelighet med reliabilitet. Kvale (1999), Kruuse (2007) og Postholm (2005) forklarer i hvilke sammenhenger begrepet generaliserbarhet kan brukes til å beskrive hvordan eller hva som skal til for at de samme premissene skal gjelde for et utvalg kunnskap, informasjon eller data.

Figur 2.2 i metodekapittelet ble anvendt som et virkemiddel til å bestemme om alle prosjektene i datagrunnlaget kunne brukes til å lage modellen. Tilfeller av A og B ble ansett som godkjente da påliteligheten til mange av prosjektene ikke var like sikre som skissert i tilfelle A. Dette kom av at noen av variablene som påvirket byggetid måtte antas. Eksempel på dette er arbeidstider per uke for noen av aktivitetene i noen av prosjektene. Disse måtte antas på bakgrunn av tall fra liknende prosjekter. Det hadde vært et alternativ bare å inkludere prosjektene som falt innunder tilfelle A. Ved mulighet til å velge blant et større antall prosjekter enn det som var tilgjengelig for forfatterne hadde dette vært en aktuelt. Dersom man utvikler modellen med stadig flere prosjekter i datagrunnlaget er det et forslag at man fortløpende fjerner prosjekter med lavere pålitelighet.

Valget med å dele prosjektene inn i aktiviteter, hvor man skiller mellom trendlinjer for antall tunnellopp, tunnelklasse og tunnelprofil, har sikret ivaretagelse av gyldigheten til informasjonsgrunnlaget. For eksempel vil tunneler som faller innunder kategorien, tunneler med sårbare omgivelser, svekke gyldigheten til andre tunneler dersom de sårbare tunnelene inkluderes i den samme trendlinjefremstillingen. Dette betyr at tilgang på stadig flere prosjekter vil medføre muligheten til å fraksjonere antall trendlinjeestimer enda mer målrettet. Dette arbeidet vil med andre ord bidra til å øke gyldigheten på lang sikt.

Ved bearbeidelse av innhentet data fra de ulike tunnelprosjektene var hovedfokuset å sørge for at prosjektene kunne vurderes ut i fra samme premisser i videre analyser. Samtidig var det sentralt å gjøre dette på en måte som lot seg repetere ved bearbeidelse av andre prosjekter. Tabell 4.12 og Tabell 4.13 i Kapittel 4.3.1 gir manualer for generalisering av data.

Som en slutning av diskusjonen omkring pålitelighet, gyldighet og generaliserbarhet kan man si at modellen, med sine nåværende 26 tunneler, sannsynligvis vil øke treffsikkerheten dersom man fortsetter å inkludere data fra flere tunnelprosjekter. Det tas i denne sammenheng høyde

for at det på nåværende tidspunkt kan være noen estimater i modellen som oppgir urimelig byggetid. Dette skyldes et foreløpig begrenset utvalg hvor tider for enkeltprosjekter kan være i overkant dimensjonerende.

Selv om utvalget i datagrunnlaget i modellen enda ikke er optimalt, er måten å fremstille datagrunnlaget på godt tilpasset fasen i prosjektet modellen er tiltenkt. Svært lite inndata kreves for å få et estimat for byggetiden. Dette er et viktig prinsipp dersom modellen i hele tatt skal være aktuell for bruk og svarer godt på forskningsspørsmålet som ettersøker en brukervennlig modell.

Tidligfasemodellen vil mest sannsynlig gi gode estimater på byggetid innenfor visse tunnallengder. I utgangspunktet vil ikke tunneler under 500 meter være gunstige å estimere ved bruk av tidligfasemodellen. Den forutsatte lineære utviklingen for det øvrige utvalget samsvarer ikke bra med hva som vil være tilfelle dersom en tunnel nærmer seg null meter. For å gjøre modellen gjeldende for intervallet mellom null og 500 meter kan det lages en regresjonslinje. Problemet blir å få en flytende overgang ved 500 meter som justeres ved innsetting av flere prosjekter i datagrunnlaget. Derfor ble det besluttet ikke å lage en egen utvikling helt til null meter, men å definere nederste grense for gyldig estimat til tunnallengde på 500 meter. Det er likevel mulig å sette inn mindre tunnallengder enn 500 meter. På samme måte som for den nedre grensen på 500 meter er det en øvre grense på ca. 10 000 meter for 1-løps tunneler og 5 000 meter for 2-løps tunneler. Disse intervallene vil naturligvis kunne utvides dersom man utvikler modellen med innsetting av flere tunneler i datagrunnlaget som befinner seg utenfor de definerte grensene.

Dersom noen oppdager at den lineære utviklingen ikke gir den beste gjengivelsen av faktisk trend er dette også noe som kan endres på i fremtidige versjoner av modellen. Tabell 4.12 og Tabell 4.13 i Kapittel 4.3.1 forklarer kort hvordan disse endringene eventuelt kan gjøres. Da det ikke har fremkommet informasjon som tilsier at det er en annen utvikling enn den lineære som er riktig, innenfor de gyldige intervallene 500-10 000 meter og 500-5 000 meter, er det forutsatt lineær utvikling for alle trendlinjer.

Som svar på forskningsspørsmålene konkluderer denne delen med at modellen gir høy grad av nøyaktighet i estimat av byggetid innenfor intervallene antydnet i forrige avsnitt. Fokus på brukervennlighet i form av lite inndata, har ikke gjort at modellen har mistet funksjonen til å gi gode estimater. Hvorvidt modellen er et verktøy som blir tatt i bruk kan avhenge av om man fortsetter å utvikle modellen.

5.2.4 utfordringer ved videre utvikling av tidligfasemodellen

Tidligfasemodellens nåværende tilstand kan sies å være et resultat som har svart på forskningsspørsmålene om å lage en modell som gir et nøyaktig estimat på byggetid, i et brukervennlig format. Det tredje spørsmålet kan se ut til gradvis og innfris dersom man fortsetter å utvide datagrunnlaget til modellen. Det finnes flere utfordringer som kan stå i veien for denne utviklingen:

- Mangel på ressurser til å videreutvikle modellen.
- For tidkrevende å sette inn nye tunnelprosjekter i datagrunnlaget.
- Hvorvidt det er behov for en modell i en tidlig fase av et prosjekt.

For å adressere det første punktet er videre arbeid med å utvikle modellen avhengig av at noen tar på seg ansvaret. Eventuelle interessenter må avse tid til kontinuerlig å supplere datagrunnlaget med nye prosjekter. Det er en fordel om instansen som eventuelt tar på seg dette ansvaret har tilgang på informasjon fra de fleste tunnelprosjektene som gjennomføres. Dette kan bety at noen fra Statens vegvesen eller NTNU vil ha de beste forutsetningene.

Det andre punktet innebærer at innsettingen av data for et prosjekt kan oppfattes som tidkrevende. Tabell 4.12 og Tabell 4.13 i Kapittel 4.3.1 forklarer hvordan innsettingen gjøres, og det tar anslagsvis 10-20 minutter å oppdatere modellen for et prosjekt. Enkelte av operasjonene som må gjøres ved modellens nåværende tilstand kan eventuelt kombineres med automatisk koblede formler, for økt brukervennlighet. Dette kan forkorte prosessen noe. Uansett vil det ved fortløpende innsetting ikke innebære for stor heft å foreta en oppdatering av modellen.

Det siste punktet tar opp hvorvidt behovet for en fungerende tidligfasemodell er stort nok til at noen bruker ressurser på å videreutvikle modellen. Indikasjoner ved tilbakemeldinger fra bransjen tilsier at en brukervennlig beregningsmodell for byggetid i tidligfase er ønsket. Likevel er det et spørsmål om brukerne av dagens systemer ser nytten av hva tidligfasemodellen kan tilføre som verktøy. Det brukervennlige formatet kan forhåpentligvis bidra til at modellen tas i bruk.

5.2.5 Formål med grov tidligfasemodell

I forbindelse med ferdigstilling av tidligfasemodell, ble det i samråd med veileder bestemt at det også skulle lages en enda grovere versjon av tidligfasemodellen. Modellen skulle basere seg på det samme datagrunnlaget, men kreve enda mindre inndata enn tidligfasemodellen. Resultatet av dette betegnes som en grov tidligfasemodell, se Vedlegg I.

Den grove tidligfasemodellen sammenstiller henholdsvis alle 1-løps tunnelene og 2-løps tunnelene i en trendlinje som fremstiller utviklingen for total byggetid for prosjektene. Som for tidligfasemodellen gjelder de samme lengdeintervallene og forklaringen på hvorfor modellen fungerer best innenfor de gitte grensene. De eneste nødvendige inndataene vil være tunnallengde i meter og hvorvidt tunnelen består av ett eller to løp. Dette er med på å bedre brukervennligheten ytterligere fra hva tidligfasemodellen kan tilby. Den grove tidligfasemodellen kan trolig brukes i en enda tidligere fase enn tidligfasemodellen. Derimot vil nøyaktigheten til estimatet svekkes. På bakgrunn av tunnelprosjektene som ligger i datagrunnlaget beregnes gjennomsnittlig avvik i estimering av byggetid til ca. 15 %. Mot tidligfasemodellens feilmargin på ca. 10 % ser man en nedgang i treffsikkerheten. Dette er naturlig da færre trendlinjer brukes til å skille prosjekter med forskjellig utførelse.

Metodene for å videreutvikle grov tidligfasemodell tilsvarer fremgangsmåten som er beskrevet for tidligfasemodell i Tabell 4.12 og Tabell 4.13 i Kapittel 4.3.1.

5.3 Ekvivalenttidsmodellen

Denne delen drøfter prosessene som ledet til arbeidet med endring av ekvivalenttidsmodellen og prosessene knyttet til selve arbeidet med modifiseringen. Forskningsspørsmålene gjenopptas, og det vurderes hvorvidt den nye versjonen av modellen tilfredsstillende disse.

På hvilken måte kan man etablere estimeringsverktøy for beregning av byggetid for vegtunneler, slik at brukeren av verktøyet ser nytten i form av:

- høy grad av nøyaktighet i estimering av byggetid
- et intuitivt verktøy som er brukervennlig
- fungerende estimeringsmodell på tiltenkt stadium i vegtunnelprosjekter, som vil forenkle grensesnittutfordringer mellom eier og utførende

Modellen ble første gang mottatt av forfatterne tidlig høsten 2013, i forbindelse med et fordypningsprosjekt. Ønsket fra Instituttet for bygg, anlegg og transport var at modellen skulle estimere total byggetid mer nøyaktig. Målingsgrunnlaget for dette var prosjektet *2.1 Vossapakko – Vangstunnelen* i regi av Statens vegvesen, med NCC som hovedentreprenør. Ressurspersonen Trygve Sæbø er ansatt i NCC og var involvert i videre utvikling av modellen. Sæbøs innfylling i tidligere utgave av modellen ga 152 uker total byggetid. Reell tid viste seg å være 71 uker. Sæbø uttalte at modellen ville gi et tilfredsstillende resultat dersom den hadde estimert omkring 100 uker. Dette grunnet at den reelle utførelsen viste seg å være over gjennomsnittet effektiv. Ved forfatternes innfylling i den nye utgaven av modellen ble total byggetid estimert til 113 uker. Til sammenlikning gir tidligfasemodellen og den grove tidligfasemodellen henholdsvis 121 uker og 109 uker total byggetid. Dette indikerer at modellen nå estimerer med en høyere grad av nøyaktighet enn tidligere utgave, slik som intensjonen gitt i det første forskningsspørsmålet.

Gjennom fordypningsprosjektet ble det kartlagt et annet problem med modellen. Problemet var at brukervennligheten var noe lav, og at modellen var lite intuitiv. Mye av problemet bestod i at det ble vist mange overflødige tall og beregninger, som ble oppfattet som forvirrende og uryddig. Den største delen av arbeidet med modifiseringen har gått med til å fjerne overflødige tall, og å skjule informasjon som brukes til beregninger. Dette har krevd svært mange formelendringer. At modellen var lite intuitiv fikk forfatterne erfare ved egen innfylling. Tidsbruken var høy ved innfylling ettersom få poster samsvarte med mengdene gitt i mengdebeskrivelsen. Dette ble bekreftet av Trygve Sæbø, som uttalte at innsettingen var knotete og tidkrevende. Det er nå lagt til utfyllende veiledning til brukeren inne i modellen, samt at postenes oppsett og benevninger er tilpasset mengdebeskrivelsen. Forfatterne brukte høsten 2013 omtrent tre timer til innfylling i modellen, mens innfylling i dagens modell gjøres unna på 20-30 minutter. Dette tilsier at modellen er oppdatert i tråd med forskningsspørsmål nummer to, at det er et intuitivt verktøy som er enkelt i bruk.

Tidligere virket modellen å være i en noe udefinert og forvirret forfatning. Formålet med modellen virket å være at den skulle kunne estimere byggetid ved ferdig utarbeidet mengdebeskrivelse. Til tross for dette var ikke modellen tilpasset mengdebeskrivelsen. I tillegg gjorde modellen flere mengdeberegninger som allerede skulle vært fastsatt i mengdebeskrivelsen. Arbeidet med å tilpasse postene til mengdebeskrivelsen og fjerne unødvendige beregninger har bidratt til at modellen nå virker mer tilpasset det stadiet den er ment å brukes. I tillegg kan den brukes som et alternativ til systemer for justering av byggetid underveis i produksjonsprosessen. Her kan byggherre og entreprenør fylle inn reelle mengder i takt med prosjektgjennomføringen. Modell med fortløpende innfylling basert på reelle mengder kan i hele prosjektløpet vurderes mot de planlagte mengdene innfylt i den opprinnelige modellen. Modellen anses altså forbedret når det gjelder forenklingen i grensesnittutfordringene mellom utførende og eier. Den er også klarere definert og bedre tilpasset det stadiet den er tiltenkt. Dette oppfyller det tredje forskningsspørsmålet.

5.3.1 Datagrunnlaget til ekvivalenttidsmodellen

Det er flere resultater som har ledet til den nye utgaven av ekvivalenttidsmodellen. Det som har lagt føringer for arbeidet har definitivt vært samtaler med Sæbø (2013), se Kapittel 4.1.4. Sæbø ga opplysninger slik at nøyaktigheten i estimeringen kunne måles etter modifisering. Samtidig belyste han at modellen var lite brukervennlig og intuitiv. Særlig var det problematisk at den var dårlig tilpasset mengdebeskrivelsen. Forfatterne kjente seg igjen i uttalelsene etter å ha brukt modellen. I prosjektoppgaven ble modellen kartlagt i sin helhet for å få en god forståelse. Resultatene fra denne prosessen finnes i Vedlegg E. Denne prosessen har bidratt til mer effektivt arbeid med modellen i masteroppgaven.

I teorien ble samtlige aktiviteter i modellen omtalt. Dette har blitt gjort for å få en bred forståelse av hele prosessen ved et tunnelprosjekt. Diskusjon rundt denne teorien er gitt i Kapittel 5.1.3. Omkringliggende teori som eksempelvis omhandler anbudsprosess, konkurransegrunnlag, ekvivalenttider etc., har bidratt til utforming av modellen og forståelse omkring mulig anvendelse. Utfyllende drøfting av denne teorien er gitt i Kapittel 5.1.2.

For å kunne tilpasse modellen til bruk ved foreliggende mengdebeskrivelse har analyse av *Prosesskoden* og mengdebeskrivelser vært det mest avgjørende. Resultatene fra denne analysen finnes i Kapittel 4.1.3. Aktuelle punkter og mengder har blitt nøye kartlagt i den siste utgaven av *Prosesskoden*. I etterkant har 17 mengdebeskrivelser blitt brukt for å validere at funnene i *Prosesskoden* benyttes i praksis. Det har vist seg at punktene i *Prosesskoden* som oftest benyttes, men at måten de benyttes på kan variere noe. Her menes det at benevninger kan være ulike, og at underposter ikke alltid tas i bruk.

For eksempel var det interessant å finne at kjerneboring og injeksjonsarbeid som oftest ble oppgitt i både mengde og antall timeverk. Det ble vurdert å bruke det oppgitte antall timeverk

direkte i modellen. Etter analyse av beskrivelsene under punktene i mengdebeskrivelsen viste det seg at disse gjaldt for en mindre del av arbeidet enn hva forskningstallene i modellen allerede estimerte for. Oppgitte timeverk for disse punktene ble ikke tatt i bruk. Dette fremhever det omfattende arbeidet gjort ved analyse av *Prosesskoden* og mengdebeskrivelser og de konstante kryssundersøkelsene foretatt mot modellpostenes beregningsgrunnlag.

Samtaler med bransjepersoner har hatt stor innflytelse på modifiseringer gjort i modellen. Spesielt delen før driving og de avsluttende arbeidene. Utfyllende informasjon finnes i Kapittel 4.1.4. Resultater fra analyse av fremdriftsplaner og spørreskjemaer er omtalt i henholdsvis Kapittel 4.1.1 og 4.1.2. Deler av disse resultatene har blitt benyttet direkte i modellen, men hovedsakelig bidratt til en dypere forståelse av helheten i modellen.

Resultater knyttet til økt nøyaktighet av estimeringen i modellen ble også vurdert. Det ble sett på muligheten til å utføre nye kapasitetsmålinger ved feltundersøkelser. Eventuelt å korrigere de nåværende kapasitetene til å gjelde for dagens drift. Dette ble skrinlagt grunnet ressursknapphet. En slik studie antas å kreve ressurser utover det forfatterne hadde hatt muligheten til.

Kapittel 4.2.2 omhandler modifiseringer gjort i modellen, og på hvilke grunnlag de er utført. Drøfting om hvordan resultatene ble brukt ved modifisering av modellen blir utdypet i neste kapittel.

5.3.2 Prosessen med å modifisere ekvivalenttidsmodellen

Utgangspunktet for prosessen med å modifisere ekvivalenttidsmodellen var forskningsspørsmålene. Utfordringene ved disse var allerede blitt kartlagt gjennom et fordypningsprosjekt utført av forfatterne:

- Det viste seg at estimeringen av total byggetid var unøyaktig, hvor modellen ga for lang byggetid.
- Modellen opplevdes som lite brukervennlig, og diskursiv.
- Modellen var ikke tilpasset det stadiet i et tunnelprosjekt den var tiltenkt.

I fordypningsprosjektet ble det foreslått å utvikle en tidligfasemodell og forbedre ekvivalenttidsmodellen overlevert fra Institutt for bygg, anlegg og transport. Forslaget ble videreført til masteroppgaven, men det ble valgt å fokusere på utviklingen av tidligfasemodellen. Dette førte til at ekvivalenttidsmodellen ble et sideprosjekt forfatterne begynte med etter fullføring av tidligfasemodellen. Det har derfor fra tidlig av blitt antatt at ekvivalenttidsmodellen ikke vil kunne bli fullstendig ferdigstilt. Dette har påvirket valg tatt i prosessen med modifiseringer, og vil bli synliggjort gjennom dette kapittelet.

Det ble ikke utarbeidet resultater som i stor grad kunne påvirke eller endre beregningene i modellen. Forfatterne hadde ikke ressurser nok til å utarbeide nye kapasiteter, eller korrigere de eksisterende. Det ble heller ikke funnet nyere kapasiteter i litteratur. Det ble derfor valgt å sette første del av forskningsspørsmålet på vent.

Arbeid med brukervennlighet

Det ble ansett som logisk å ta tak i brukervennlighet som første ledd i modifiseringen av modellen. Ved å gjøre modellen ryddig og oversiktlig, ville det være enklere å utvikle den videre. Vedlegg O viser modellen slik den ble mottatt høsten 2013, mens Vedlegg M viser modellens nåværende tilstand. Et raskt overblikk på de to utgavene av modellen viser omfanget av oppryddinger og forenklinger.

Den tidligere utgaven bar preg av uryddighet ved at det var svært mange hjelpetall. Her menes tall som kun er til stede for å forenkle formler, og som ikke gir noe nyttig informasjon til bruker. En stor del av arbeidet gikk med til å fjerne disse hjelpetallene. Dette krevde svært mange formelendringer. Tidligere analyse av modellen gjorde at dette arbeidet foregikk mer effektivt, ettersom forfatterne hadde god kunnskap om sammenhenger i modellen.

Detaljarkene i den tidligere utgaven av modellen viste også tabeller tilknyttet kapasitetsberegningene. Disse er nå skjult slik de ikke gir et uryddig utseende og forvirrer

brukeren. Generelt har modellen fått et utseendeløft. Dette ved hjelp av gjennomgående stil. En stor del av arbeidet med denne modellen har dermed vært knyttet til programmering og utforming.

Arbeidet med å gjøre modellen mindre diskursiv, ble gjennomført i sammenheng med tilpasningen. Dette vil naturligvis også forbedre brukervennligheten.

Arbeid med tilpasning

Etter arbeid med opprydding ble det fokusert på å tilpasse modellen til ønsket bruksområde. Modellen tilpasses konkurransegrunnlaget, med vekt på mengdebeskrivelsen. Flesteparten av postene i den tidligere utgaven var ikke tilpasset mengdebeskrivelsen. Innfyllingen krevde da at bruker selv måtte regne om mengder i mengdebeskrivelsen slik at de passet inn i modellen. Samtidig ble det ikke gitt noen informasjon som knyttet postene i modellen mot de aktuelle punktene i mengdebeskrivelsen.

Et eksempel som illustrerer problematikken rundt modellens diskursivitet kommer fra reell innfylling i modellen. Nøkkelperson Trygve Sæbø og forfatterne fylte inn fra det samme konkurransegrunnlaget, hver for seg. Sæbø endte opp med omtrent 152 uker total byggetid, mens forfatterne endte opp med 130 uker total byggetid. Dette indikerer at det var utfordrende å fylle inn i modellen på en korrekt måte, dersom brukeren ikke innehadde detaljkunnskap om prosjektet. Det brukt omtrent tre timer ved første innfylling, for forfatterens del.

Den tidligere utgaven av modellen gjorde flere beregninger som ikke var nødvendig ved bruk av mengdebeskrivelse. For eksempel regnet modellen ut tid som gikk med til byggherrens tid til kartlegging for det totale antall salver. Denne verdien skal være gitt i mengdebeskrivelsen, og det er derfor ikke lenger nødvendig at modellen gjør et anslag. Problematikken gjelder for flere beregninger.

Resultatene fra analyse av *Prosesskoden* og mengdebeskrivelser har vært essensielle i forbedringen av modellens brukstilpasning. Samtlige poster i modellen er blitt søkt etter i *Prosesskodens* punkter. En stor del av disse har blitt kartlagt. Deretter har postene i modellen blitt tilpasset mengdebenevningen gitt i *Prosesskoden*, slik at bruker kan fylle direkte inn. Dette har krevd nye oppsett for inndata, ved at det er tilført nye mellomregninger i modellen. Brukeren slipper dermed å utføre mellomregninger på egenhånd. Deretter er det blitt fokusert på å lage en utfyllende veiledning til bruker, inne i modellen. I tilfeller hvor mengdebeskrivelsene veksler mellom bruk av to mengdebenevninger, er begge mulighetene gjort mulig å fylle inn i modellen. Modellen skal oppleves som enkel ved innfylling fra mengdebeskrivelsen.

Forbedret nøyaktighet ved estimering

Det ble gjort noen endringer for å øke nøyaktigheten ved estimering. Her var samtaler med bransjepersoner det viktigste grunnlaget, samtidig som resultater fra analyse av fremdriftsplaner og spørreskjemaer også ble tatt i bruk. Samtalene ga resultater som gjorde det mulig å endre mye på aktivitetene før driving og aktiviteter i de avsluttende arbeidene. Resultatene fra fremdriftsplaner og spørreskjemaer gjorde det mulig å kartlegge anbefalt tid for forskjæring. Dette var en post som var vanskelig å hente direkte fra mengdebeskrivelsen, og det lykkes ikke forfatterne å finne en kapasitet. Dersom bruker har detaljkunnskap om tidsbruken for denne aktiviteten, kan naturligvis verdien overstyres.

Det er valgt ikke å hente inn nye kapasiteter eller korrigere de foreliggende kapasitetene. Dette ville vært for tidkrevende. Heller er det fjernet unødvendige poster, og modifisert allerede eksisterende poster til å fungere på en bedre måte.

5.3.3 Funksjonaliteten til ekvivalenttidsmodellen

I dette kapittelet drøftes det hvorvidt den nye utgaven av ekvivalenttidsmodellen oppfyller forskningsspørsmålene, og i hvilken grad den oppfyller gyldighet, pålitelighet og generaliserbarhet.

Forskningsspørsmålene gjentas:

På hvilken måte kan man etablere estimeringsverktøy for beregning av byggetid for vegtunneler, slik at brukeren av verktøyet ser nytten i form av:

- høy grad av nøyaktighet i estimering av byggetid
- et intuitivt verktøy som er brukervennlig
- fungerende estimeringsmodell på tiltenkt stadium i vegtunnelprosjekter, som vil forenkle grensesnittutfordringer mellom eier og utførende

Til å begynne med belyses forskningsspørsmålet om hvorvidt modellen er et intuitivt verktøy som er brukervennlig. Ved innfylling av den gamle utgaven fikk Trygve Sæbø og forfatterne forskjellige resultater, henholdsvis 152 uker og 130 uker. Innfyllingen ble foretatt med samme konkurransegrunnlag, men Sæbø hadde naturligvis langt mer detaljkunnskap om prosjektet. Dette indikerer at modellen var noe utfordrende å bruke uten nødvendig detaljkunnskap. Samtidig som det er sannsynlig at forskjellige tolkninger av konkurransegrunnlaget kan ha hatt delvis påvirkning. Dette er blitt adressert i den nye utgaven. Modellen skal nå gi god veiledning til brukeren. At en bruker har detaljkunnskap om innfylt prosjekt vil fortsatt kunne utgjøre en forskjell i estimeringen, men det er sannsynlig at denne er redusert. Det er ikke gjort konkrete målinger for å kartlegge dette. Neste avsnitt vil bidra til å belyse at modellen nå

er mer brukervennlig og generaliserbar, ettersom den baserer seg mer på fastsatte mengder i mengdebeskrivelsen.

At den var lite intuitiv ble også vist gjennom tidsbruk ved innfylling. Ved innfylling av den gamle utgaven brukte forfatterne omtrent tre timer å fylle inn konkurransegrunnlaget mottatt fra Trygve Sæbø. I den nye utgaven var tidsbruken 20-30 minutter. Dette er et klart tegn på forbedring når det gjelder veiledning og tilpasning i modellen. Analyse av SVV (2012) både i teori- og resultatdelen og mengdebeskrivelser, samt implementering av disse i modellen, har vært det viktigste bidraget til disse forbedringene.

Videre drøftes forskningsspørsmålet som omhandler grensesnittutfordringer mellom eier og utførende, samt at modellen skal være optimal i bruk på det stadiet i prosjektprosessen den er tiltenkt. Det virket ikke som modellens tidligere utgave hadde et definert bruksområde. Den var ikke tilpasset mengdebeskrivelsen, som typisk er ferdig utarbeidet noe i forkant av anbudskonkurransen (Fjelldal og Moe, 2009). Det virket mer som om den var ment for en fase noe tidligere enn ferdig utarbeidet mengdebeskrivelse, ettersom den selv beregnet flere mengder. Problemet var bare det at mengdene den ikke beregnet ville vært meget vanskelig å finne dersom det ikke var utarbeidet en mengdebeskrivelse. Den nye utgaven av modellen er nå fullstendig tilpasset mengdebeskrivelsen, og kan brukes etter utarbeidelse av denne til estimering av total byggetid. Dette er i tråd med Grøv (2012) som sier at det er mengdebeskrivelsen som danner et grunnlag for estimering av total byggetid.

Én av utfordringene ved grensesnittet mellom eier og utførende omhandler eiers evne til å gi utførende realistiske tidsfrister som verken er for korte eller lange. Dette ble nevnt i forrige avsnitt, som sa at dersom mengdebeskrivelsen tas i bruk gir denne et grunnlag for estimering av realistiske tider. Det kreves i tillegg at modellen inkluderer nødvendige poster og at både kapasiteter og tidsbestemmende faktorer modellerer virkeligheten så godt som mulig. Altså vil det første forskningsspørsmålet også spille inn på oppfyling av dette punktet. Dette vil bli gjenopptatt ved nærmere drøfting om nøyaktigheten i tidsestimeringen.

Samtidig omhandler grensesnittutfordringene ansvarsfordelingen mellom eier og utførende når det gjelder grunnforhold i tunnelprosjekter, og i hvilken grad tidsfristene blir justert etter reelle forhold i grunnen. Teoriene rundt kontraktsforhold og ekvivalenttider er beskrevet tidligere, og er hovedsakelig basert på Grøv (2012), Kleivan (1989), Fossberg (2012) og Karlsen og Kleivan (1989). Standard Norge (2008) og SVV (2010c) beskriver to ekvivalenttidssystemer. I tråd med dette ble det sett som mulig at modellen kan brukes til denne utfordringen. Ettersom den nå er tilpasset mengdebeskrivelsen, har den også mulighet til å fungere som et ekvivalenttidsverktøy. Bruker kan fylle inn én modell som tar inn de originale mengdene gitt i mengdebeskrivelsen. Deretter kan det opprettes en ny modell, til bruk i produksjonsprosessen, hvor reelle mengder og tider fylles inn. Ved kontinuerlig sammenlikning av disse kan tidsfrister justeres, og det kan benyttes som et verktøy til kontroll av fremdrift.

Det første forskningsspørsmålet ønsker at modellen skal ha en økt grad av nøyaktighet i estimeringen. Det fremheves at dette ikke har vært hovedfokus ved modifisering av denne modellen. I den nye utgaven estimerer modellen 113 uker total byggetid ved forfatterens innfylling. Sæbø uttalte at dersom modellen kunne gi et estimat ved dette prosjektet på omtrent 100 uker, ville det gitt et riktig bilde av virkeligheten. En reduksjon i forfatterens innfylling på nesten 20 uker er en god indikasjon på at nøyaktigheten i modellestimeringen er bedre i den nye utgaven. Sæbø har ikke foretatt en innfylling i den nye modellen, men det er forventet at estimatet hans vil reduseres. Grunnet modellens nye utforming og økte brukervennlighet antas det at forholdet mellom Sæbøs og forfatterens estimerer vil bli mindre.

Den økte graden av nøyaktighet i estimering av total byggetid er påvirket av flere forhold. Det antas at økt tilpasning til mengdebeskrivelsen har bidratt positivt til dette. Tidligere var bare noen få poster tilpasset mengdebeskrivelsen. Nå er de aller fleste postene i modellen som kan finnes igjen i mengdebeskrivelsen, tilpasset mengdebeskrivelsen. Dette gjelder for det meste poster knyttet til driving, sikring og vann- og frostsikring. Ved at disse inndataene blir hentet fra et bestemt sted, altså mengdebeskrivelsen, forventes det at modellens generaliserbarhet har økt. Dette i tråd med begrepet, beskrevet i Kvale (1999), Kruuse (2007) og Postholm (2005), som sier at de samme premisene må gjelde for et utvalg informasjon dersom de skal gi god generaliserbarhet.

Det antas også at forbedret brukervennlighet og veiledning i modellen har økt nøyaktigheten til estimatet. Brukervennlighet og veiledning har sammen med tilpasning til mengdebeskrivelse økt generaliserbarheten, ved at det er mindre rom for feiltolkning hos bruker. I tillegg forventes det at påliteligheten til modellen har økt betraktelig. Dette sett i lys av Postholm (2005) som beskriver at det vanlige kriteriet for å vurdere pålitelighet er at resultatene kan reproduseres og gjentas. *Prosesskoden* og mengdebeskrivelsene står bak de største endringene gjort i modellen. Dette er fastsatte krav og beskrivelser uten store rom for tolkning.

Resultater fra analyse av fremdriftsplaner, spørreskjemaer og nøkkelpersoner i bransjen har også påvirket nøyaktigheten i estimeringen. Ved å ta i bruk denne informasjonen er det totale antall poster redusert i modellen. Unødvendige poster før driving og ved avsluttende arbeider er fjernet, og modellen er gjort mer oversiktlig.

Gyldigheten sett i lys av alle resultatene anses å være god. Johannesen, Tufte og Kristoffersen (2010) sier at gyldigheten handler om i hvilken grad fremgangsmåter og funn reflekterer studiens formål og representerer virkeligheten. *Prosesskoden* og mengdebeskrivelsene brukes i praksis i slike vegtunnelprosjekter. Resterende del av resultatene er hovedsakelig kontrahert fra personer i bransjen. Resultatsgrunnlaget har vært tilpasset studiens formål og gir en god representasjon av virkeligheten.

Når det gjelder det første forskningsspørsmålet kunne man økt graden av nøyaktighet i estimeringen. Det er for eksempel gjort lite for å kartlegge gyldigheten til modellestimatet. Her er målingen kun gjort etter Sæbøs innspill, altså én måling. Dersom modellestimatet

hadde vist seg å være mindre godt ved en større måling ville det vært behov for andre typer arbeid. Dette ville vært for eksempel å korrigere de nåværende kapasitetene til å gjelde for dagens bransje eller kartlegge nye kapasiteter til beregningene gjennom feltundersøkelser. Korrigering av tidsbestemmende faktorer i modellen ville også kunne ført til et mer nøyaktig estimat. Dette er det ikke blitt fokusert på.

Oppsummering

Forfatterens fokus ved modifisering av denne modellen har vært knyttet til de to siste forskningsspørsmålene. Disse er i stor grad blitt oppfylt. Det første forskningsspørsmålet er i noen grad oppfylt, men det er mye arbeid som kan gjøres med dette aspektet av modellen. Forfatterne mener at de på en god måte har lagt til rette for videre utvikling av modellen.

5.3.4 utfordringer ved videre utvikling av ekvivalenttidsmodell

Videre utvikling av modellen bør i hovedsak bero seg på å utføre flere målinger for å kartlegge om modellestimatet er av god kvalitet. Dette vil kreve kontakt med nøkkelpersoner ved flere tunnelprosjekter. Det må gjøres flere antakelser i modellen dersom bruker ikke innehar detaljkunnskap om prosjektet. Dette er grunnen til at innfylling må utføres av eller i samråd med nøkkelperson.

Dersom modellestimatet viser seg å være av dårlig kvalitet må det gjøres en ny gjennomgang av modellen. Her må det ses på hvorvidt modellen omfatter alle aktiviteter i et tunnelprosjekt. Deretter bør det ses på gyldigheten av de brukte kapasitetsdataene. Kapasitetene i modellen er hovedsakelig basert på NTNU-Anleggsdrift (1999). Dersom kapasitetene viser seg ikke å stemme overens med dagens krav, maskiner, utstyr og arbeidsmetodikk, bør nye kapasitetstall utarbeides. Her kan kapasitetstallene korrigeres mot dagens bransje. Dette er allerede påbegynt i modellen fra før den ble mottatt av forfatterne. Et annet alternativ vil være å utarbeide nye kapasitetstall, men dette anslås å være meget tidkrevende.

Etter en vurdering av modellens nøyaktighet i estimat anbefales det at modellen testes av bransjen. Ønsket her bør være å motta tilbakemeldinger for videre utvikling. Det vil være viktig å få kartlagt flere aspekter ved modellen. Dette innebærer spørsmål rundt brukervennlighet og om den er godt nok tilpasset sitt bruksområde.

5.3.5 Sammenlikning ved innfylling i modellene

Figur 4.7 og Figur 4.8 viser en interessant fremstilling av innfyllingsresultater for alle tre modellene. I disse figurene ser man faktisk hvor godt regresjonslinjene harmonerer med hverandre. Bortsett fra små utslag for en av modellene i henholdsvis Figur 4.7 og Figur 4.8, samsvarer innfyllingsresultatene meget godt. Dette innebærer at man sannsynligvis kan konkludere med at man har unngått grove systematiske feil i programmeringene og analysene av data til modellene.

5.4 Feilkilder

Mulige feilkilder som er aktuelle for denne rapporten ble tatt opp i metodekapittelet. Her ble feilkildene inndelt i tre forskjellige kategorier. Den samme inndelingen kommer igjen i denne delen. Først omtales feilkilder som har oppstått i forbindelse med innhenting av litteratur. Videre diskuteres feilkilder i forbindelse med innhenting av prosjektdata. Til slutt blir det forklart hvilke feilkilder som har rot i behandlingen av data. Dette innebærer prosessene som førte til at beregningsmodellene ble realisert.

Forskningsspørsmålene som rapporten skal belyse blir påvirket av de tilstedeværende feilkildene. Uten feilkildene ville man vært helt sikker på at arbeidet gjenga den fullstendige sannheten. Da dette som regel aldri er tilfelle har man et ansvar med å belyse hvilke faktorer som kan ha påvirket resultatene.

5.4.1 Feilkilder ved innhenting av litteratur

Store deler av litteraturen i teorikapittelet, som beskriver aktiviteter, er hentet fra kildene til modellen som ble overlevert av Institutt for bygg, anlegg og transport. Mange av beskrivelsene er hentet fra kilder som er datert tilbake til 1990-tallet (NTH-Anleggsdrift, 1995 og NTNU-Anleggsdrift, 1999). At kildene er gamle trenger ikke nødvendigvis å bety at de ikke kan anvendes til å beskrive aktivitetene i tunnelprosjekter. Litteraturen presenterer kapasiteter, maskineri og rutiner for hvordan tunnelarbeider gjennomføres. Det er på disse punktene det tas høyde for at dagens rutiner muligens ikke er de samme. Av denne grunn har disse kildene i de fleste tilfellene blitt supplert med nyere informasjon (SVV, 2010b; SVV, 2012; NFF, 2010b). Uansett kan feilkildene være tilstedeværende da flere av kapasitetsdataene til ekvivalenttidsmodellen er hentet fra NTNU-Anleggsdrift (1999). Dermed tas det høyde for at noen av kapasitetene i ekvivalenttidsmodellen ikke er fullstendig representative for dagens rutiner. En konklusjon fra dette er at det i videre arbeid bør fokuseres på å korrigere nåværende eller innhente nye kapasitetsdata til modellen.

Nøyaktigheten i estimeringen av ekvivalenttidsmodellen vil svekkes av at dataene antakeligvis er noe utdaterte. Dette gjelder dersom man skal estimere byggetid for prosjekter som utføres i dagens bransje. Dersom man hadde satt inn et prosjekt som ble utført på slutten av 1990-tallet i modellen hadde man trolig fått et mer pålitelig estimat.

5.4.2 Feilkilder ved datainnsamling

I metodekapittelet ble det antydnet at det var tre hovedkilder til innhenting av informasjon i datainnsamlingsprosessen. Disse var samtaler med nøkkelpersoner fra bransjen, fremdriftsplaner og spørreskjemaer. Disse informasjonskildene har vært de sentrale kildene til oppbygning av tidligfasemodellen og den grove tidligfasemodellen. Dersom man skal snakke om hvorfor man kan forvente avvik i estimering av byggetid med disse modellene, er feilkilder i forbindelse med innhenting av datagrunnlaget et fornuftig sted å starte. Det er mulige feilkilder i svarene fra informantene og feilregistrering som vil være aktuelt å diskutere i denne delen.

Samtaler med nøkkelpersoner fra bransjen

I metodekapittelet ble data fra samtalene omtalt som støttekilder. I og med at samtalene ikke dannet hovedpremissene for utformingen av tidligfasemodellene kan dette sies å være en god betegnelse. Informasjon som ikke kom tydelig frem fra de øvrige informasjonskildene ble derimot bekreftet gjennom samtalene. At det har vært et begrenset antall samtaler er årsaken til at det er viktig å omtale eventuelle feilkilder.

En av fremstillingene i tidligfasemodellen er direkte knyttet opp mot samtalene med nøkkelpersonene. Gjelsten et al. (2014) forklarte hva som var avsatt av tid til testing i sluttfasen av prosjektet de var plassert på. Informasjonen om at fem uker var tiden som skulle anvendes til testing ved det aktuelle prosjektet, og at det samme var vanlig ved andre prosjekter, ble bekreftet av Eide og Eide (2014). Denne informasjonen blir brukt til anslaget for tidsbruk i forbindelse med testing i tidligfasemodellen. Det lykkes ikke å finne annen informasjon til å verifisere disse uttalelsene. Motstridende informasjon ble heller ikke funnet.

Fremdriftsplaner

Alle fremdriftsplanene til prosjektene i datagrunnlaget er fremstilt med *Gantt-diagram* (Rolstadås, 2006). Likevel er det forskjell på hvordan man har valgt å navngi postene som beskriver aktivitetene i prosjektene. Dette har medført et behov for å tilpasse postene til en mal for alle prosjektene. Sammenstilling av delposter har endt med at prosjektet deles inn i:

- samhandlingsprosess
- forskjæring
- driving og sikring

- grunnarbeider
- vann- og frostsikring
- komplettering og elektro
- testing

Feilkildene oppstår da eventuelt ved at noen delposter havner i feil aktivitet. Den totale dimensjonerende byggetiden vil derimot ikke påvirkes av tilpassingen. At forskjellige entreprenører har laget fremdriftsplanene, samt at detaljgraden i fremdriftsplanene er svært forskjellig har også relevans for denne typen feilkilder.

Siden det meste av informasjonen som kom inn om hvert prosjekt ikke var entydig med tanke på betegnelser og presentasjon av arbeidsoperasjoner var det nødvendig å lage et system for logging av data. I dette systemet måtte all data fra fremdriftsplanene logges manuelt. Hvorvidt korrekte verdier har blitt logget riktig har blitt kvalitetssikret. Likevel tas det høyde for at det kan ha forekommet feilkilder i forbindelse med feillogging av data fra fremdriftsplanene. Hvordan loggingen ble utført er beskrevet i Tabell 4.12 og Tabell 4.13 i Kapittel 4.3.1.

Sammen med flere av fremdriftsplanene ble det også levert en mengdebeskrivelse for prosjektene. Disse var svært nyttige til endring av modellen levert fra Institutt for bygg, anlegg og transport. Mengdebeskrivelsene gir eksakte mengdeverdier for hva som antas å måtte utføres i prosjektet. Dermed er det ikke en stor feilkilde i selve datagrunnlaget, men i forfatterens anvendelse av dataene.

Spørreskjemaer

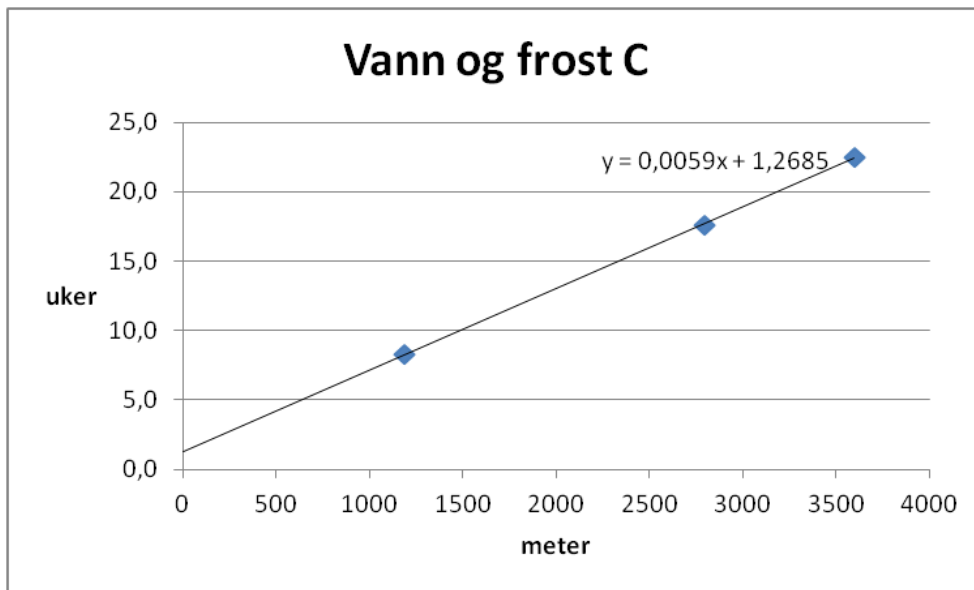
Spørreskjemaer var et virkemiddel som ble tatt i bruk for å få informasjon om forhold som fremdriftsplaner og mengdebeskrivelser ikke tok stilling til. De fleste spørsmålene i skjemaet hadde flere alternativer som respondenten kunne velge blant. Eventuelle feilkilder i denne sammenheng er hvorvidt respondentene har misforstått spørsmålene, eller ved en feiltakelse markert for feil svar. Forekomsten av det siste poenget er vanskelig å bestemme da det ikke har vært aktuelt å veilede hver enkelt respondent gjennom besvarelsen utover beskrivelsene i skjemaet. Det var viktig i utarbeidelsen av skjemaet å gjøre det så entydig som mulig. Dermed er det sannsynlig at de fleste som svarte forstod hva spørsmålene gjaldt. Likevel er det tatt høyde for at noen svarte feil grunnet at spørsmålene ble misforstått. Eksempelvis svarte en av respondentene hva som var totalt antall timeverk i uka for en aktivitet, mens spørsmålet egentlig var ute etter antall timer skiftene arbeidet. Vedlegg B presenterer hvordan spørsmålene ble stilt. Kapittel 5.4.3 beskriver hvordan feilinformasjonen ble håndtert og nye mulige feilkilder oppstod.

5.4.3 Feilkilder ved behandling av data

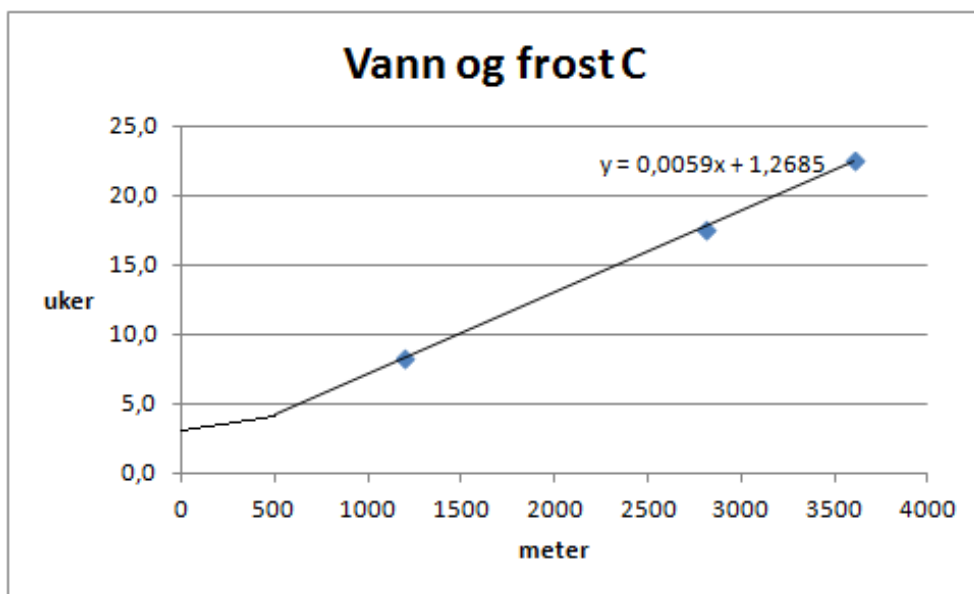
I metodekapittelet ble det antydnet at deler av datagrunnlaget inneholdt feil eller mangler. Dette kan ha kommet fra misforståelser hos respondent eller at spørsmålene som ble stilt ikke var intuitive nok. For å få et fullstendig datagrunnlag til å lage beregningsmodellene måtte noen av verdiene dermed anslås. Det hadde vært et alternativ å utelate prosjektene med manglende informasjon fra datagrunnlaget. Dette alternativet ble sett bort fra grunnet det begrensede utvalget. Det anbefales i denne sammenheng at det ved videre utvikling av spesielt tidligfasemodellen, kan være lurt å gradvis fjerne prosjektene med antakelser. Alle celler i hjelpearket *Prosjektdata* i Vedlegg K, med rødt merke, er prosjektene det gjelder.

I tilfeller med misforståelser, eller manglende respons på spørsmål, har forfatterne foretatt antakelser. Disse antakelsene er basert på informasjon fra andre prosjekter. Sannsynligheten for at antakelsene stemmer er dermed avhengig av at prosjektene er representative for prosjektet som mangler informasjon. For eksempel var det ikke alle respondentene som kunne svare på hvor mange timer i uka det skulle foregå kompletterings- og elektroarbeider. Dette var gjerne begrunnet med at elektroentreprisen ennå ikke var avklart, da prosjektet fremdeles befant seg i en tidlig fase. Prosjekter med liknende størrelse, utførelse og logistikkutfordringer ble brukt som grunnlag til å fastsette en antatt verdi for arbeidstimer i uka.

Regresjonslinjen til alle trendlinjene i tidligfasemodellen er lineære. Avgjørelsene omkring dette er diskutert i Kapittel 5.2.3. Utenfor intervallene, som blir oppgitt som mest treffsikre med tanke på estimering av byggetid, er det usikkert hvordan utviklingen ser ut. Trolig vil trendlinjene flate ut fra nedre grense i intervallet mot null. Fra øvre grense av intervallet mot uendelig vil stigningstallet til trendlinjen trolig avta. Unntaket er ved trendlinjer for driving og sikring, hvor det benyttes tidsbestemmende stuff som referanse i stedet for total tunnallengde. Det definerte intervallet ser ut til å stemme overens med en lineær utvikling i de fleste tilfellene. Figur 5.1 er hentet fra Vedlegg D og viser utviklingen til vann- og frostsikring for tunnelklasse C. Som formelen angir vil trendlinjen krysse y-aksen ved litt over én uke. Dette tilsvarer tiden det vil ta hvis tunnelen er i nærheten av null meter. Grunnet riggetid og annen logistikk er estimatet på én uke noe urealistisk. I Figur 5.2 vises den sannsynlige utviklingen fra 500 meter mot null meter tunnallengde. Grunnet mangel på prosjekter med tunnallengde under 500 meter i datagrunnlaget og problemer med å få til en jevn, automatisk overgang mellom to forskjellige regresjonslinjer, henholdsvis under 500 meter og over 500 meter, ble det forutsatt at tunneler under 500 meter ikke befinner seg innen intervallet tidligfasemodellen er best egnet for. For tunneler i overkant av de gitte intervallene gjelder de samme betraktningene.



Figur 5.1 Forlenget trendlinje for vann- og frostsikring for tunnelklasse C



Figur 5.2 Justert trendlinje for vann- og frostsikring for tunnelklasse C

6. Konklusjon

I innledningen ble det presentert tre forskningsspørsmål som la føringer for hvilke egenskaper som var viktig å implementere i estimeringsmodellene for byggetid. For at modellene skal kunne oppnå høy bruksverdi anses det som nødvendig at forskningsspørsmålene, delvis eller fullstendig, oppfylles.

På hvilken måte kan man etablere estimeringsverktøy for beregning av byggetid for vegtunneler, slik at brukeren av verktøyet ser nytten i form av:

- høy grad av nøyaktighet i estimering av byggetid
- et intuitivt verktøy som er brukervennlig
- fungerende estimeringsmodell på tiltenkt stadium i vegtunnelprosjekter, som vil forenkle grensesnittutfordringer mellom eier og utførende

6.1 Evaluering av forskningsspørsmål

Resultatet av arbeidet med å lage estimeringsverktøy finnes som tre forskjellige beregningsmodeller i Vedlegg I, K og M. Tidligfasemodellen og den grove tidligfasemodellen har hatt hovedfokuset i løpet av semesteret. Ekvivalenttidsmodellen har vært et tilleggsprosjekt som ble modifisert i etterkant av ferdigstillingen av de to andre modellene. Denne sammenheng konkluderes det med at tidligfasemodellen og den grove tidligfasemodellen er nære sitt ønskelige format, mens ekvivalenttidsmodellen fremdeles krever videreutvikling. I det neste vurderes de tre modellene opp mot forskningsspørsmålene, kronologisk som i punktlisten over.

6.1.1 Tidligfasemodellen

Høy grad av nøyaktighet i estimering av byggetid

Vedlegg K er den endelige utgaven av tidligfasemodellen, mens det i Vedlegg L finnes en tilpasset brukerversjon. Disse bygger på statistiske data fra reelle prosjekter og er i sin helhet utviklet av forfatterne. Ved testing av modellen har det vist seg at gjennomsnittlig avvik mellom reell byggetid og modellens estimat ligger omkring 10 %. Modellen tenkes og anvendes på et tidlig tidspunkt i et prosjekt hvor man mangler tilgang på detaljert informasjon om prosjektets særegne utfordringer. En feilmargin på 10 % kan sies å tilfredsstille hva man kan vente i en planfase av et prosjekt. Dersom man utvider datagrunnlaget for modellen til å gjelde for flere enn de nåværende 26 tunnelene forventes det at treffsikkerheten bedres ytterligere.

Et intuitivt verktøy som er brukervennlig

Tidligfasemodellen ble utviklet med stort fokus på brukervennlighet. Resultatet av denne forventningen er at man som bruker kun trenger informasjon om tunneltraséens lengde og ÅDT for å få modellen til å gi et byggetidsestimat. Samtidig har brukeren muligheten til å justere eksempelvis tunnelprofil, tunnelklasse og antall løp. Denne informasjonen er entydig og vil i de fleste tilfeller være uproblematisk å anskaffe. Dermed kan man si at det i utgangspunktet kun trengs minutter til å få et byggetidsestimat. Modellen kan derfor sies å være et intuitivt og brukervennlig verktøy.

Fungerende estimeringsmodell på tiltenkt stadium i vegtunnelprosjekter, som vil forenkle grensesnittutfordringer mellom eier og utførende

Tidligfasemodellen kan tilføre et verktøy til bransjen som kan bidra til å gi en tidsmessig indikasjon på varigheten av et tunnelprosjekt. Om dette etter hvert kan utvikles til et dokumenteringsverktøy er vanskelig å spå før bransjen begynner å ta verktøyet i bruk. For at dette eventuelt skal bli aktuelt vil det trolig også være behov for å inkludere et større antall prosjekter i datagrunnlaget til modellen. Dette for at estimatene skal bli mer pålitelige.

6.1.2 Den grove tidligfasemodellen

Høy grad av nøyaktighet i estimering av byggetid

Vedlegg I er den endelige utgaven av den grove tidligfasemodellen, mens det i Vedlegg J finnes en tilpasset brukerversjon. Den grove tidligfasemodellen har ikke fått like mye omtale som de to øvrige modellene. Dette kommer av at den er avledet fra datagrunnlaget til tidligfasemodellen. Formålet er at modellen kan brukes på et tidligere stadium enn tidligfasemodellen. Den gir et grovere byggetidsestimat med et avviklsforbehold på omkring 15 %. Redusert fraksjonering i fremstillingen av informasjon fra datagrunnlaget er sannsynligvis årsaken til dette. På samme måte som for tidligfasemodellen er det ventet at nøyaktigheten i tidsestimatet vil øke ved en utvidelse av datagrunnlaget.

Et intuitivt verktøy som er brukervennlig

Brukervennligheten ivaretas på samme måte som for tidligfasemodellen. Nødvendig inndata er kun tunneltraséens lengde og antall tunnellop. Det er lite arbeid som må gjøres for å utvide modellen til å gjelde for flere prosjekter enn hva som ligger i datagrunnlaget på nåværende tidspunkt. Man trenger kun informasjon om tunnellengde, antall løp og korrigert total byggetid for å inkludere et nytt prosjekt i databasen. Dette medfører høy grad av brukervennlighet også når det gjelder hvordan man videreutvikler modellen. Til sammenlikning er det noe mer informasjon som trengs til å utvikle tidligfasemodellen.

Fungerende estimeringsmodell på tiltenkt stadium i vegtunnelprosjekter, som vil forenkle grensesnittutfordringer mellom eier og utførende

Som et verktøy til idéfasen av et prosjekt fungerer den grove tidligfasemodellen som et holdepunkt for omtrent hvor lang tid man kan belage seg på at prosjektet kommer til å vare. Med videre utvikling av modellen kan den fungere som et beslutningsverktøy til å avgjøre om å bygge tunnel lønner seg tidsmessig overfor andre alternativer. Påliteligheten til byggetidsanslaget vil med stor sannsynlighet trygges med inkludering av flere prosjekter i datagrunnlaget.

6.1.3 Ekvivalenttidsmodellen

Høy grad av nøyaktighet i estimering av byggetid

Vedlegg M er den nye utgaven av ekvivalenttidsmodellen, mens det i Vedlegg N finnes en tilpasset brukerversjon. Utgangspunktet for at modellen skulle redigeres var begrunnet i konklusjonene fra et fordypningsprosjekt utført høsten 2013. Her ble ekvivalenttidsmodellen til Institutt for bygg- anlegg og transport analysert og besluttet manglende med tanke på nøyaktighet i byggetidsestimering, og brukervennlighet. Kontaktperson hos entreprenør på prosjektet *2.1 Vossapakko – Vangstunnelen* forklarte at modellens estimat ville stemme dersom den ga omkring 100 uker i totalt byggetidsestimat. Kontaktpersonen fikk 152 uker, mens forfatterne fikk 130 uker ved innsetting i modellen. Dette resulterte i betraktningene omkring mangler i forbindelse med nøyaktighet og brukervennlighet. Etter redigeringen av modellen ga ny innsetting 113 uker. Dette indikerer en bedring av nøyaktighet i byggetidsestimat og tilfredsstillende langt på vei det første forskningsspørsmålet. Likevel er det behov for ytterligere testing og eventuell videreutvikling. Ved å implementere nyere kapasitetsdata for aktivitetene, og gjennomføre flere vurderinger omkring hva som er tidsbestemmende faktor for de ulike aktivitetene, kan man komme i mål på dette punktet.

Et intuitivt verktøy som er brukervennlig

I tillegg til at byggetidsestimeringen langt på vei har nærmet seg det reelle tidsforbruket har modellen blitt vesentlig enklere å bruke. Nødvendige inndata har blitt tilpasset tilgjengelig informasjon i mengdebeskrivelsene for prosjektene. Samtidig har tidsbruken ved innsettingen av data for et prosjekt hatt en nedgang fra opp i mot tre timer til om lag 20-30 minutter. I tillegg har det blitt fokusert på visuell utforming, ryddighet og redusert forvirring for bruker. Prinsippet om brukervennlighet har dermed blitt ivaretatt i forbindelse med endringene som har blitt gjort.

Fungerende estimeringsmodell på tiltenkt stadium i vegtunnelprosjekter, som vil forenkle grensesnittutfordringer mellom eier og utførende

Arbeidet med å tilpasse postene i modellen til mengdebeskrivelsen og fjerne unødvendige beregninger har bidratt til at modellen kun krever hva som er tilgjengelig av informasjon ved ferdig utarbeidet mengdebeskrivelse. Modellen kan også brukes til justering av byggetid i produksjonsfasen. Dette betyr at byggherre og entreprenør kan fylle inn reelle gjenværende mengder i takt med prosjektgjennomføringen, og få resterende byggetid. Modellen er nå bedre tilpasset prosjektfasen den er tiltenkt, og er et kommunikasjonsverktøy som kan brukes i grensesnittet mellom byggherre og entreprenør. Det gjenstår likevel arbeid som bør gjøres for at modellen skal fungere optimalt.

6.2 Videre arbeid

De vedlagte modellene skal fungere godt til sitt formål i sin nåværende tilstand, og er tilpasset hver sine tidspunkter i tunnelprosjekter. Det fremheves imidlertid at det ved alle tre modellene potensielt kan gjennomføres tiltak som har muligheten til å forbedre bruksnyttene. Tabell 4.12 og Tabell 4.13 i Kapittel 4.3.1, er brukermanualer som kan brukes som veiledere til eventuell videreutvikling av tidligfasemodellen og grov tidligfasemodellen.

Tidligfasemodellen og den grove tidligfasemodellen kan gi et mer nøyaktig estimat ved å inkludere et større antall prosjekter i datagrunnlaget. En slik kontinuerlig utbedring vil medføre at prosjekter med uvanlig kort eller lang gjennomførelse får stadig mindre innvirkning på tidsestimatene. I diskusjonskapittelet ble det forklart hvorfor det har blitt antatt lineære utviklinger for trendlinjene som danner grunnlaget for tidsestimeringene i modellene. I tråd med betraktningene i diskusjonskapittelet er det opp til eventuelle brukere av modellen om man skal beholde den lineære utviklingen, eller benytte en annen fremstilling.

I første omgang bør modellen gjennomgå en omfattende testingsprosess. Videre bør det undersøkes hvorvidt kapasitetene og de tidsbestemmende faktorene for aktivitetene i modellen er representative i henhold til føringer og krav i dagens bransje. Dersom man kommer frem til at det eksisterer feil eller mangler i modellen anbefales det å oppdatere kapasitetene det gjelder. Samtidig kan det undersøkes hvorvidt de tidsbestemmende faktorene stemmer overens med virkeligheten. Mange av de tidsbestemmende faktorene er ubegrunnede, og forfatterne har ikke hatt sikre kilder til å endre disse. Det kan virke som et omfattende feltundersøkellesarbeid kan bidra til å få klarhet i de fleste av disse spørsmålene. Feltnmålinger ved prosjekter i regi av Statens vegvesen kan være et interessant alternativ til å rette opp eventuelle feil eller mangler.

Litteraturliste

Aarø, L.E. (2007) *Fra spørreskjemakonstruksjon til multivariat analyse av data: En innføring i survey-metoden*. Rapport. Research Centre for Health Promotion/Griegakademiet, Universitetet i Bergen, Bergen. Tilgjengelig fra: <https://bora.uib.no/handle/1956/2461> (Hentet: 8. april 2014)

Bruland, A. (2009) *TBA4150 Anleggsteknikk GK – Kompendium, Del 1*. Trondheim: Tapir Akademiske Forlag.

Bruland, A. (2013) *Rock support*. Forelesningsnotater fra TBA4151 Anleggsteknikk Videregående Kurs. NTNU Institutt for bygg, anlegg og transport, Trondheim.

Bruland, A. (2014) Personlig kommunikasjon i løpet av vårsemesteret 2014.

Campbell, D.T. og Fiske, D.W. (1959) 'Convergent and Discriminant Validation by the Multitrait Multimethod Matrix', *Psychological Bulletin*, 56(2), s. 81-105. Tilgjengelig fra: <https://faculty.fuqua.duke.edu/~jglynch/Ba591/Session03/Campbell%20and%20Fiske%201959%20Psych%20Bull.pdf> (Hentet: 31. mars 2014)

DIFI (u.å.) Direktoratet for forvaltning og IKT. *Om Doffin*. Tilgjengelig fra: <https://doffin.no/Home/About> (Hentet: 08. april 2014)

Eide, S. og Eide, H. D. (2014) Personlig kommunikasjon 25. mars 2014.

Eikeland, P. T. (2001) *Teoretisk analyse av byggeprosesser. Prosjektrapport til Samspillet i Byggeprosessen*. Oslo: SIB.

Fjelldal, T. og Moe, H. L. (2009) *Anbudsprosessen*. Trondheim: NTNU – Instituttet for bygg, anlegg og transport.

Flage, E. (2002) *Driftsoppfølging av tunnelarbeidet ved Hagantunnelen med hovedvekt på injeksjonsarbeidet*. Hovedoppgave. NTNU, Trondheim.

Flyvbjerg, B. (2006) 'Five Misunderstandings About Case-Study Research', *Qualitative Inquiry*, 12(2), s. 219-245. [Online] DOI: 10.1177/1077800405284363 (Hentet: 4. april 2014)

Fossberg, G. A. (2012) 'Sharing of risk in norwegian road tunnelling contracts' i Nilsen, F., Haug, R. G. og Grøv, E. (red.) *Contracts in Norwegian Tunnelling*. Oslo: Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk, s. 31.

Gjelsten, P. B., Innerdal, O. H., Kofoed, C. og Farstad, C. (2014) Personlig kommunikasjon 10. mars 2014.

Grønmo, S. (2004) *Samfunnsvitenskapelige metoder*. Bergen: Fagbokforlaget.

Grøv, E. (2012) 'Contract philosophy in Norwegian tunnelling' i Nilsen, F., Haug, R. G. og Grøv, E. (red.) *Contracts in Norwegian Tunnelling*. Oslo: Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk, s. 15.

Helse- og Omsorgsdepartementet (2010) *Arbeid for helse*. Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/hod/dok/nouer/2010/nou-2010-13/8/2/1.html?id=628150> (Hentet: 1. april 2014)

Henning, J.E. (2012) '05. Coordination – A way to enhanced cooperation in underground projects', i Nilsen, F., Haug, R.G. og Grøv, E. (red.) *Contracts in Norwegian Tunnelling*. Oslo: Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk NFF.

Jick, T.D. (1979) 'Mixing Qualitative and Quantitative Methods: Triangulation in Action', *Administrative Science Quarterly*, 24(4), s. 602-611. [Online] DOI: 10.2307/2392366 (Hentet: 31. mars 2014)

Johannessen, A., Tuft, P.A. og Kristoffersen, L. (2010) *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*. 4. utgave. Oslo: Abstrakt Forlag.

Johannessen, O. (1992) *PROSJEKTRAPPORT 17-91 TUNNELDRIFT Ventilasjon*. Trondheim: NTH, Institutt for bygg, anlegg og transport.

Johannessen, O. (1995) *PROJECT REPORT 2B-95 TUNNELLING Prognosis for Drill and Blast*. Trondheim: NTH, Department of building and construction engineering.

Karlsen, L.E. og Kleivan, E. (1989) 'Risk sharing Norwegian style', *Tunnels and Tunnelling International*, 21 (4), s. 33-35.

Kleivan, E. (1989) 'NoTCoS: The Norwegian Tunnelling Contract System' *Tunnelling and Underground Space Technology*, 4 (1), s. 43-45.

Kolltveit, B. J. og Reve, T. (2002) *Prosjekt – organisering, ledelse og gjennomføring*. 2. utgave. Oslo: Universitetsforlaget.

Kruuse, E. (2007) *Kvalitative forskningsmetoder i psykologi og beslægtede fag*. 6. utgave. København: Dansk Psykologisk Forlag.

Kvale, S. (1999) *Det kvalitative forskningsintervju*. 3. opplag. Oslo: Ad Notam Gyldendal AS.

Kvale, S. og Brinkmann, S. (2009) *Det kvalitative forskningsintervju*. 2. utgave. Oslo: Gyldendal akademisk.

Lovdata (2006) *Lov om offentlige anskaffelser – FOA*. Tilgjengelig fra: <http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-04-07-402> (Hentet: 07. april 2014)

Lædre, O. (2009a) *Kontraktstrategi for bygg- og anleggsprosjekter*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.

- Lædre, O. (2009b) *ER DET NOEN SAK? Forebygging og håndtering av tvister i bygg- og anleggsprosjekter*. 1. utg. Trondheim: Tapir Akademiske Forlag.
- Mathison, S. (1988) 'Why Triangulate?', *Educational Researcher*, 17(2), s. 13-17. [Online] DOI: 10.3102/0013189X017002013 (Hentet: 31. mars 2014)
- Nilsen, B. og Broch, E. (2011) *INGENIØRGEOLOGI-BERG GRUNNKURSKOMPENDIUM*. Trondheim: NTNU – Institutt for geologi og bergteknikk.
- NFF (2010a) Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk *Praktisk berginjeksjon for underjordsanlegg – Håndbok 06*. Oslo: NFF
- NFF (2010b) Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk *Rock support in Norwegian tunnelling - Publication No. 19*. Oslo: NFF (English language series)
- NGI (u.å) *Q-system*. Tilgjengelig fra: <http://www.ngi.no/en/Contentboxes-and-structures/Main-page/Feature-articles-/Q-system-update/> (Hentet: 19. mars 2014)
- NTH-Anleggsdrift (1995) *Prosjektrapport 2E-95 TUNNELDRIFT Vegtunneler – komplettering og innredning*. Prosjektrapport. NTH, Trondheim.
- NTNU-Anleggsdrift (1999) *PROSJEKTRAPPORT 2F-99 TUNNELDRIFT, Enhetstidsystem for driving, sikring og innredning*. Prosjektrapport. NTNU, Trondheim.
- NTNU Department of Civil and Transport Engineering (2006) *Report 2B-05 DRILL AND BLAST TUNNELLING Advance Rate*. Prosjektrapport. NTNU, Trondheim.
- Olsson, N. (2011) *Praktisk rapportskrivning*. Trondheim: Tapir Akademiske Forlag.
- Olsson, N. (2013) *Masteroppgaveskriving*. Forelesningsnotater fra Forskningsmetodekurs for 5. Årskurs. NTNU Institutt for byggekunst, prosjektering og forvaltning, Trondheim.
- Palmstrøm, A., Nilsen, B., Pedersen, K. B. og Grundt, L. (2003) *Riktig omfang av undersøkelser for berganlegg – Publikasjon nr. 101*. Oslo: Vegdirektoratet. Tilgjengelig fra: <http://www.vegvesen.no/Fag/Teknologi/Tunneler/Publikasjoner> (Hentet: 18. mars 2014)
- Pennstate University Libraries (2013) *Empirical Research*. <http://www.libraries.psu.edu/psul/researchguides/edupsyh/empirical.html> (Hentet: 1. april 2014)
- Postholm, M.B. (2005) *Kvalitativ metode: en innføring med fokus på fenomenologi, etnografi og kasusstudier*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Postholm, M.B. og Jacobsen, D.I. (2011) *Læreren med forskerblick: innføring i vitenskapelig metode for lærerstudenter*. Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Repstad, P. (2007) *Mellom nærhet og distanse: kvalitative metoder i samfunnsfag*. 4. utgave. Oslo: Universitetsforlaget.

Rolstadås, A. (2006) *Praktisk prosjektstyring*. 4. utgave. Trondheim: Tapir Akademiske Forlag.

Standard Norge (2008) *NS 3420-F:2008 Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner – Del F: Grunnarbeider – Del 1*. Oslo: Standard Norge

SVV (1999) Statens vegvesen Vegdirektoratet *Fjellbolting – Håndbok 215*. Statens vegvesen [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker> (Hentet: 10. oktober 2013)

SVV (2006) Statens vegvesen Vegdirektoratet *Vann- og frostsikring i tunneler - Håndbok 163*. Statens vegvesen [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker> (Hentet: 19. september 2013)

SVV (2010a) Statens vegvesen Vegdirektoratet *Arbeider foran stuff og stabilitetssikring i vegtunneler – Teknisk rapport 2538*. Statens vegvesen [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.vegvesen.no/attachment/155750/binary/269125?fast_title=Arbeider+foran+stuff+og+stabilitetssikring (Hentet: 3. desember 2013)

SVV (2010b) Statens vegvesen Vegdirektoratet *Vegtunneler - Håndbok 021*. Statens vegvesen [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker> (Hentet: 19. september 2013)

SVV (2010c) Statens vegvesen Vegdirektoratet *Håndbok 066 – Konkurransgrunnlag*. Oslo: Vegdirektoratet (Statens vegvesens håndbokserie)

SVV (2012) Statens vegvesen Vegdirektoratet *Prosesskode 1 - Håndbok 025*. Statens vegvesen [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker> (Hentet: 19. september 2013)

SV (2014) Statens vegvesen *Samfunnsoppdraget*. Tilgjengelig fra: <http://www.vegvesen.no/Om+Statens+vegvesen/Om+Statens+vegvesen/Om+organisasjonen/Samfunnsoppdraget> (Hentet: 18.03.2014)

Sæbø, T. (2013) Personlig kommunikasjon 11. november 2013.

Thagaard, T. (2003) *Systematikk og innlevelse: en innføring i kvalitativ metode*. 2. utgave. Bergen: Fagbokforlaget.

VIKO (2010) *Kildekritikk*, i Tangen L. (red.). Tilgjengelig fra: <http://www.ntnu.no/viko/kildekritikk> (Hentet: 17. september 2013)

VIKO (2011) *Referanseliste i Harvard-stil*, i Tangen L. (red.). Tilgjengelig fra: <http://www.ntnu.no/viko/oppgave/harvardliste> (Hentet: 30. september 2013)

Westgaard, H., Arge K. og Moe, K. (2010) *Prosjekteringsplanlegging og prosjekteringsledelse: rapport til Byggekostnadsprogrammet*. Oslo: Arkitektbedriftene.

Westhagen, H., Faafeng, O., Hoff, K. G., Kjeldsen, T. og Røine, F. (2002) *Prosjektarbeid. Utviklings- og endringskompetanse*. 5. utgave. Oslo: Gyldendal akademisk.

Zare, S. (2007) *Prediction Model and Simulation Tool for Time and Cost of Drill and Blast Tunnelling*. Ph. D. avhandling. NTNU, Trondheim.

Vedlegg

Vedlegg A - Intervjuguide

Vedlegg B - Spørreskjema

Vedlegg C - Trendlinjer for grov tidligfasemodell

Vedlegg D - Trendlinjer for tidligfasemodell

Vedlegg E - Analyse av tidligere utgave av ekvivalenttidsmodell

Elektroniske vedlegg

Vedlegg F - Transkripsjon fra Oppdølsstranda

Vedlegg G - Svar på spørreskjema

Vedlegg H - Kartlegging av mengdebeskrivelser

Vedlegg I - Grov tidligfasemodell

Vedlegg J - Grov tidligfasemodell (brukerversjon)

Vedlegg K - Tidligfasemodell

Vedlegg L - Tidligfasemodell (brukerversjon)

Vedlegg M - Ekvivalenttidsmodell

Vedlegg N - Ekvivalenttidsmodell (brukerversjon)

Vedlegg O - Ekvivalenttidsmodell (tidligere utgave)

Vedlegg A

Intervjuguide

Det ble utarbeidet en intervjuguide til bruk på prosjektbesøkene.

Intervjuguide

Hei, vi kommer fra NTNU og skriver en masteroppgave som heter Byggetid for Vegtunneler. I denne sammenheng samarbeider vi med Institutt for Bygg, anlegg og transport ved NTNU og Statens vegvesen ved Geir Saxebøl. Vi har i samråd med veileder vurdert det slik at datagrunnlag fra pågående prosjekter i regi av Statens vegvesen, hvor arbeidet inkluderer tunnelbygging, er viktig for oppgavens suksess. Oppgaven skal til slutt presentere to beregningsmodeller, én for tidligfase i prosjektering og én mer detaljert for kontraktsinngåelse og videre i produksjonen. Modellen fra tidligfasen tenkes å bygge på statistisk materiale fra fremdriftsplaner for tunnelprosjekter. Det er dette vi hovedsakelig er interessert ved deres engasjement. Det er i denne sammenheng snakk om fremdriftsplaner entreprenøren har levert ved kontraktsinngåelse, ikke reviderte planer fra senere tidspunkt. De fleste spørsmålene er mer generelle en for kun dette prosjektet.

Er det greit om vi tar opp intervjuet på lydbånd?

1. Kan du fortelle litt om hvilke prosesser som foregår før kontraktsinngåelse? Kan det tenkes at starten for samhandlingsprosessen kan settes som et felles starttidspunkt for alle tunnelprosjekter? Et likt utgangspunkt for alle prosjekter som settes i gang i dagens bransje?
2. Ved kontraktsinngåelsen, hvilken rolle spiller fremdriftsplaner? Forventes det av BH at entreprenør leverer dette før byggestart?
3. Er det vanlig at man følger tidsbruk og tidsforløp fra den første fremdriftsplanen, eller kommer det mer forpliktende fremdriftsplaner i ettertid?
4. Hvordan blir ekvivalenttider bestemt, kommer BH med veiledende ekvivalenttider, eller styrer entreprenør dette på egenhånd? Vi har sett standardverdier for dette i håndbok 066 (retningslinjer for utarbeidelse av konkurransegrunnlag), brukes disse?
5. Over litt til sluttaktiviteter. Nedrigg, opprydding, testing og overtakelse, hvor tidkrevende kan disse være, for eksempel som andel av hele prosjektperioden?
6. Hva innebærer elektroarbeidene i en tunnel? Hvor tidsbestemmende vil denne aktiviteten være?
7. Er det vanlig med ettersikring etter driving? Hvor lang tid tar i så fall dette?
8. I hvor stor grad kan vann og frost, og grunnarbeider/underbygning foregå samtidig?
9. Videre fra det forrige spørsmålet. Hvilken del av grunnarbeidene foregår før vann og frost, og hvilke foregår etterpå? Kan grunnarbeidene på noen måte overlappe med driving, ettersikring, vann og frost eller elektro, i så fall hva? Dette lurer vi på siden det er noen fremdriftsplaner som tilsier at man går rett fra driving eller ettersikring til vann og frost.
10. Når er det naturlig at elektroarbeidene starter? Er det slik at ved endt vann- og frost begynner man ganske fort på elektroarbeidene?
11. Som en oppsummering til de forrige spørsmål, kan du ta i rekkefølge hvilke prosesser man kan si at er tidsdimensjonerende i en tunnelentreprise? Som andre aktiviteter må innrette seg etter?
12. Hva har størst betydning for variasjon i byggetid mellom prosjekter når det gjelder tunnelentreprisene?

Vedlegg A - Intervjuguide

13. I toløpstunneler, hva er vanlig ordning med tanke på vekseldrift og organisering av utstyr og mannskap?
14. Er det vanlig at skiftordningene forandres underveis i prosjektene? Ikke mellom ulike aktiviteter, men innen den samme.
15. Hender det at prosjekter med flere tunneler utføres med vekseldrift mellom de ulike tunnelene, eller vil disse som regel utføres med separate arbeidslag?
16. Hvordan velger man hvor omfattende tidsbestemmende stuff skal være i forhold til resten av drivingen? Hvorfor hender det at en stuff betraktelig lengre enn de andre? Har det med massedeponi, evt. massebalanse å gjøre?
17. Er det noen aktiviteter som er tidsdimensjonerende for byggetiden som varierer såpass mye fra prosjekt til prosjekt at det er best om bruker av modellen setter inn tidsbruk selv?
18. Hva er hovedårsakene til forsinkelser i forbindelse med tunnelarbeidene?

Vedlegg B

Spørreskjema

Vedlegget viser spørreskjemaet i sin helhet. Spørreundersøkelsen hadde som mål å innhente tilleggsinformasjon til de mottatte fremdriftsplanene.

Her vises alle spørsmål og tilhørende alternativer. Alternativene ble ikke vist på denne måten til brukere som utførte spørreundersøkelsen. For bruker ble de vist ved hjelp av nedtrekkslister.

Vedlegg B - Spørreskjema

Takk for at du tar deg tid til å svare på dette skjemaet. Skjemaet sammen med fremdriftsplan er en viktig del i utviklingen av tidsmodellene for vegtunneler. Skjemaet skal besvares med utgangspunkt i oversendt fremdriftsplan. Det er en mulighet for at du møter på spørsmål som er godt forklart i fremdriftsplanen fra ditt prosjekt. Dette grunnet behov for sammenliknbart datagrunnlag fra alle prosjektene.

Dersom det føres inn feil data eller er manglende data ved ferdigstilling, kan skjemaet sendes inn på nytt ved å trykke på linken fra mailen igjen og føre inn et tall bak navnet ditt. F. eks. "Ola Nordmann 2". Den siste revisjonen av utfylt skjema vil være gjeldende.

* Required

Introduksjon (1 av 5)

1. **Ditt navn ***

2. **Prosjektnavn ***

3. **Tunnelnavn ***

Her skal det bare fylles inn navnet på én tunnel.
Er det flere tunneler på prosjektet, vennligst gjennomfør undersøkelsen én gang per tunnel.

Generell informasjon om tunnelen (2 av 5)

4. **Tunnellengde ***

i meter

5. **Antall tunnellop ***

Mark only one oval.

1

2

6. **Tunneltype ***

Mark only one oval.

Standard

Undersjøisk

7. Tunnelprofil **Mark only one oval.*

- T4
- T4.5
- T5
- T5.5
- T6
- T6.5
- T7
- T7.5
- T8

- T8.5
- T9
- T9.5
- T10
- T10.5
- T11
- T11.5
- T12
- T12.5
- T13
- T13.5
- T14

8. Tunnelklasse **Mark only one oval.*

- A
- B
- C
- D
- E
- F

9. Geologiske forhold *

Hvordan var kvaliteten på bergmassen antatt å være før drivestart?

Mark only one oval.

- Gode
- Middels
- Dårlige

10. Kommentar

Ved behov for utfyllende informasjon.

Drivemetode (3 av 5)

Dersom tunnelen drives med mer enn 2 angrepspunkter, vennligst svar på "Utfyllende informasjon for drivemetode".

11. Antall angrepspunkter (stuffer) *

Mark only one oval.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8

12. Vekseldrift *

Mark only one oval.

- Ja
- Nei

13. Lengde på tidsbestemmende stoff (stoff på kritisk linje) *

i meter

14. Utfyllende informasjon for drivemetode

Hvis mer enn 2 angrepspunkter, vennligst gi utfyllende informasjon om angrepspunkter, vekseldrift og tidsbestemmende stoff. (Eksempel: 8000 meter lang 1-løps tunnel med tverrslag. 4 angrepspunkt, 2 med vekseldrift og 2 med enstuffsdrift. På kritisk linje er det én stoff på 2800 meter (enstuffsdrift), og én på 1500 meter (vekseldrift) hvor 500 meter er på kritisk linje. Totalt 3300 meter på kritisk linje.)

15. Boret salvelengde *

i meter

16. Inndriftsprosent

i prosent

17. Kommentar

Ved behov for utfyllende informasjon.

Arbeidstider/skiftordning (4 av 5)

Her er vi ute etter antall timer i den skiftordningen som hovedsakelig har blitt brukt ved aktivitetene. For eksempel: En 12/9 ordning vil typisk ligge på 101 timer/uke.

18. Driving og sikring *

i timer/uke

19. Vegbane og grunnarbeider *

i timer/uke

20. Vann- og frostsikring *

i timer/uke

**21. Elektro, mekanisk og øvrig
kompletteringsarbeid ***

i timer/uke

22. Kommentar

Ved behov for utfyllende informasjon.

Start- og sluttdato (5 av 5)

23. Antatt dato for byggestart i tunnel *

Gjelder for start av forskjæring, etablering av påhugg eller rigging til tunnelarbeider, avhengig av hva som starter først.

Example: December 15, 2012

24. Antatt dato for ferdigstilling av tunnelarbeider *

Tidspunkt når tunnelen er ferdig innredet, testet og sikkerhetsgodkjent.

Example: December 15, 2012

25. Antatt dato for start elektroentreprise *

Example: December 15, 2012

26. Kommentar

Ved behov for utfyllende informasjon.

Powered by

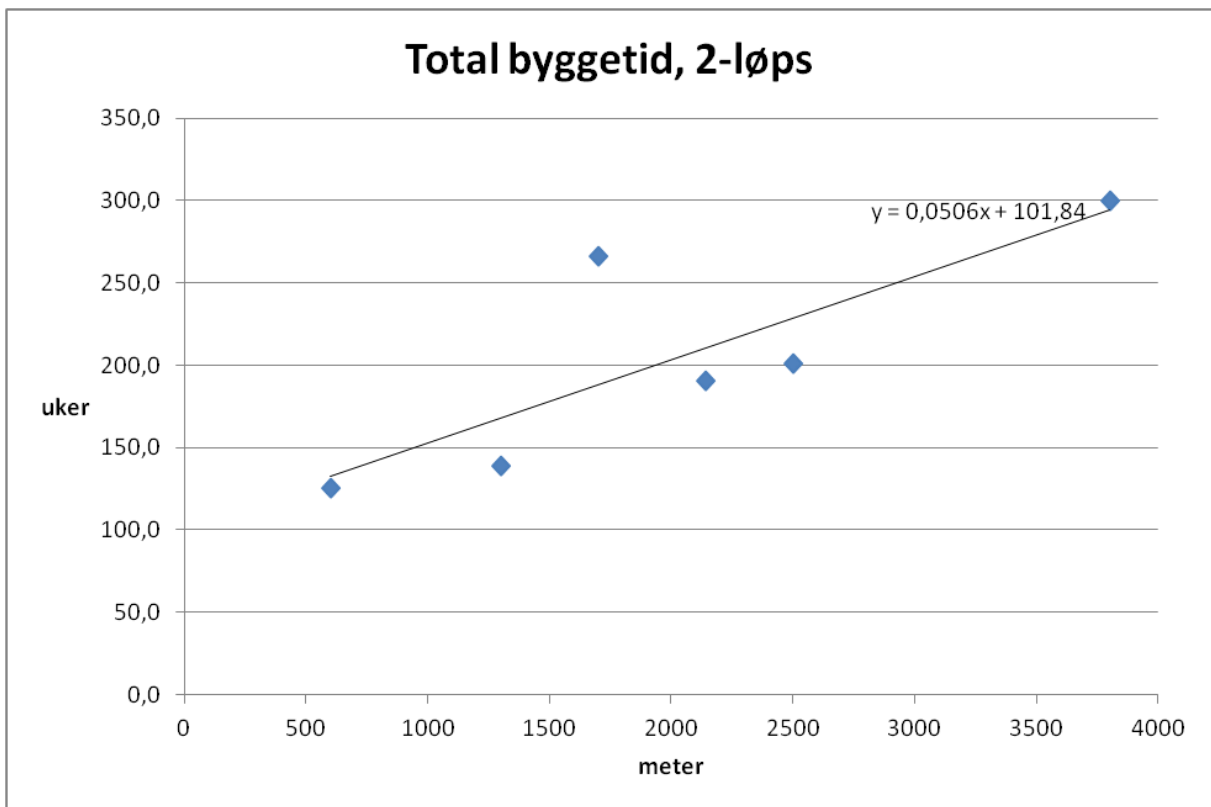
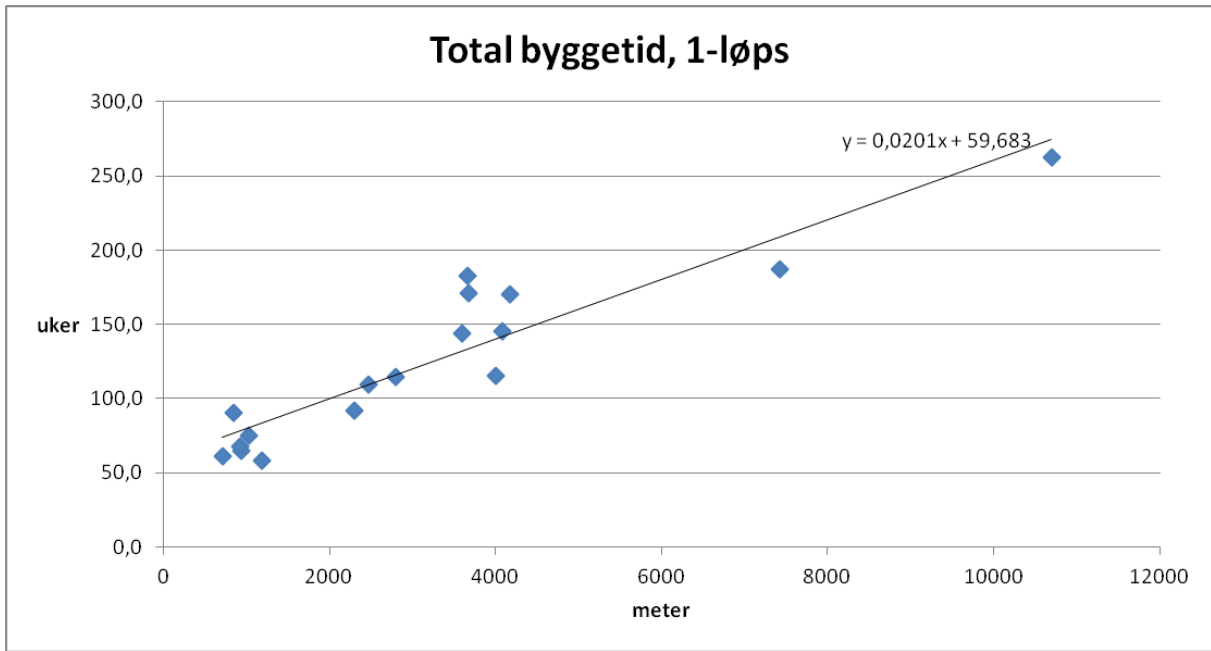


Vedlegg C

Trendlinjer for grov tidligfasemodell

Vedlegget viser samtlige trendlinjer for den grove tidligfasemodellen. Trendlinjene er basert på data fra analyse av fremdriftsplaner og spørreskjemaer. Det komplette datagrunnlaget finnes i den grove tidligfasemodellen, Vedlegg 9, nærmere bestemt i arkfanen *Prosjektdata*.

Vedlegg C – Trendlinjer for grov tidligfasemodell

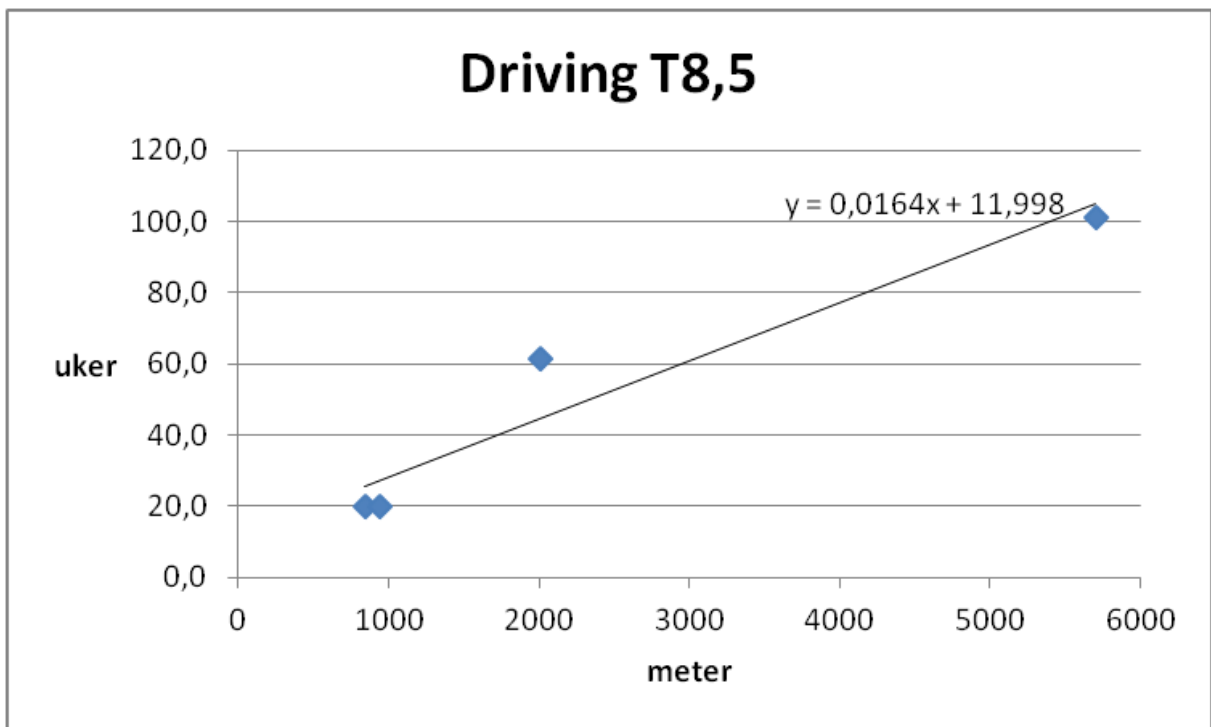
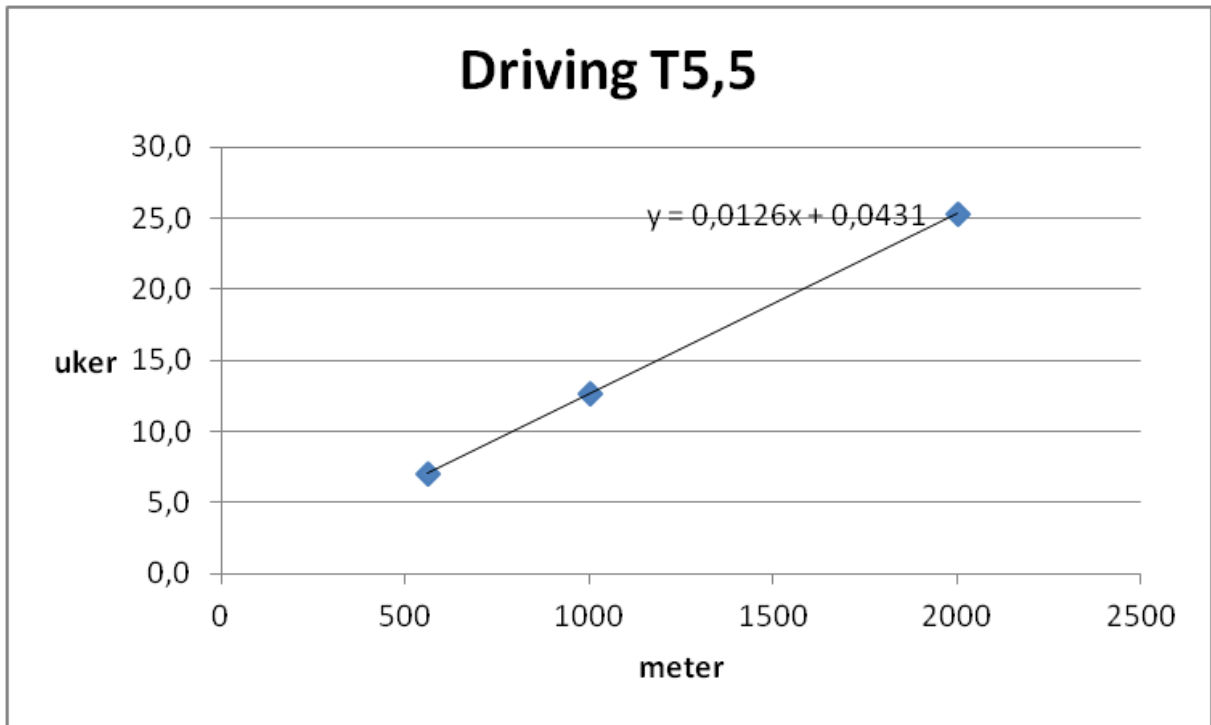


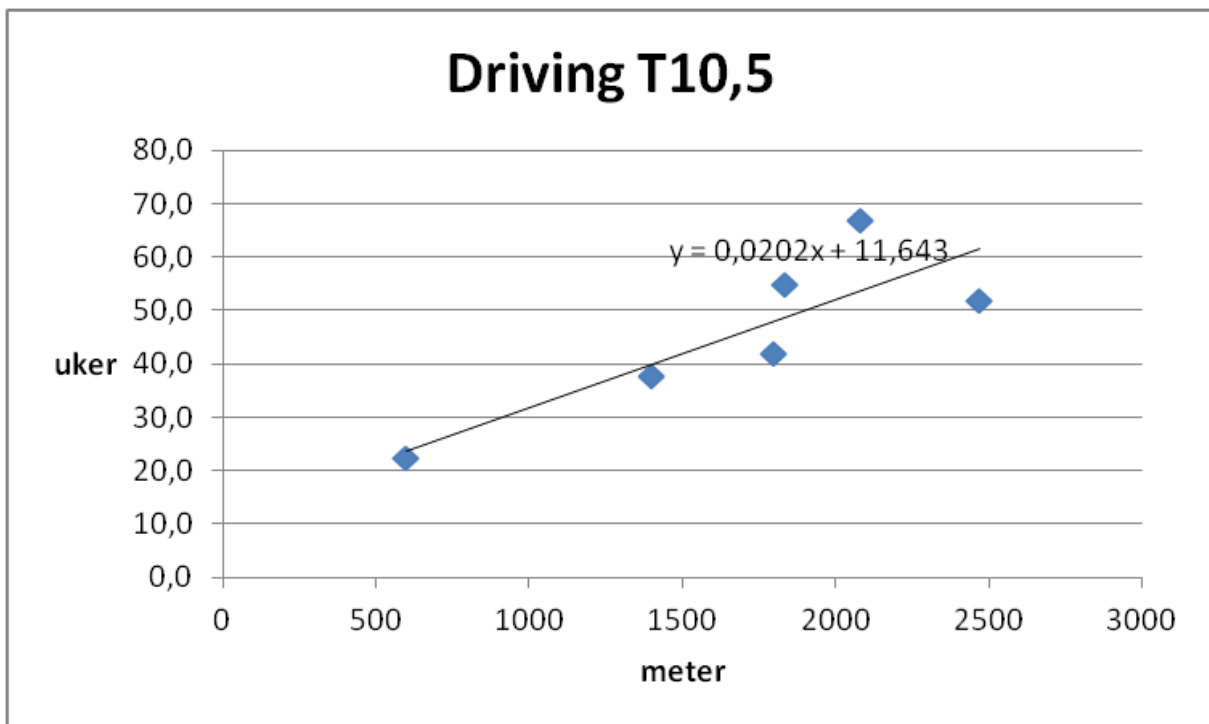
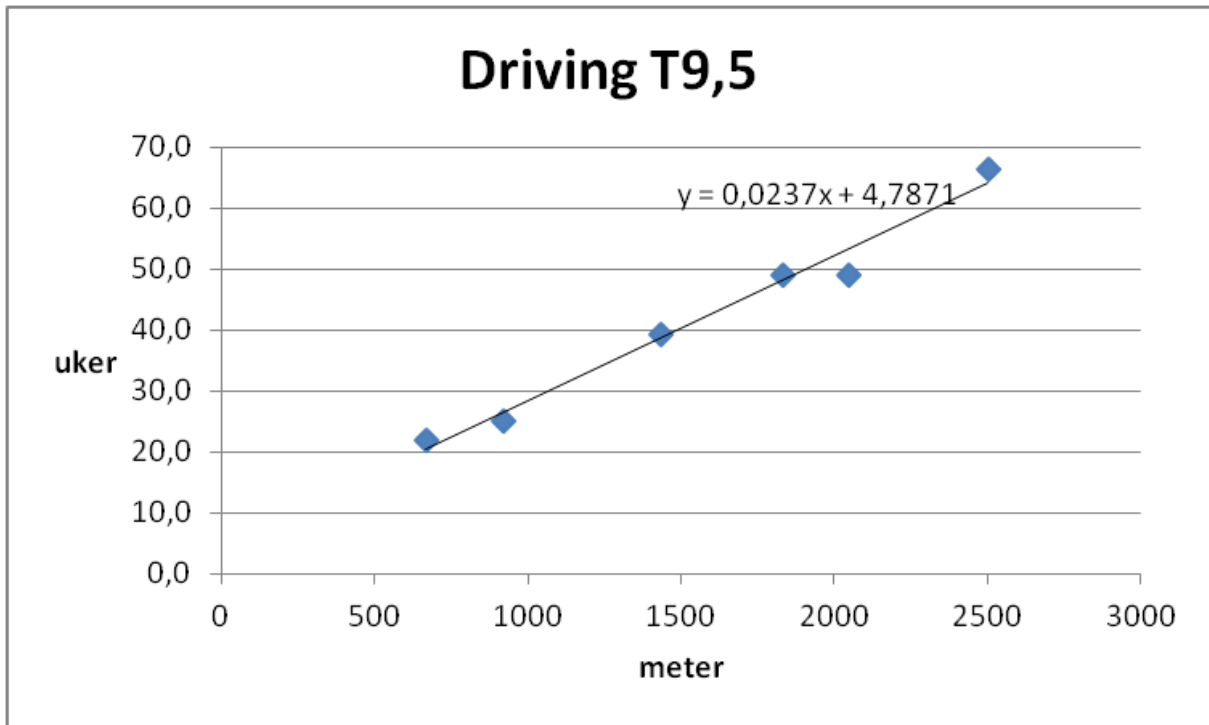
Vedlegg D

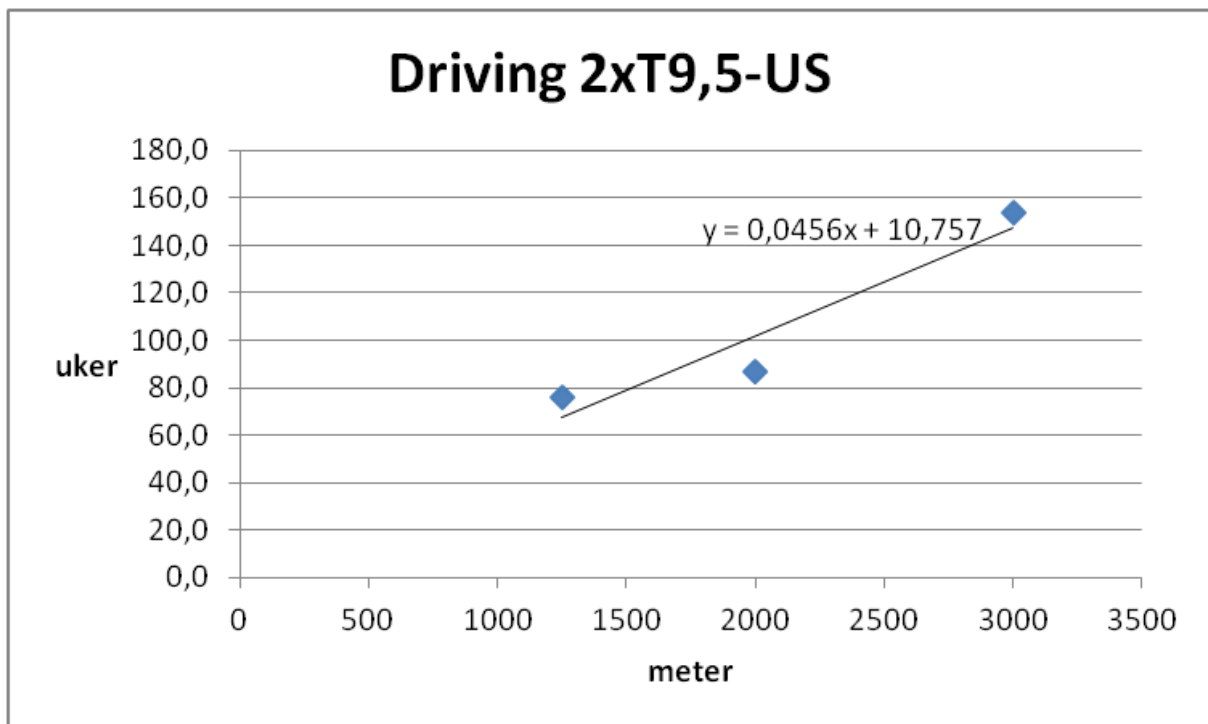
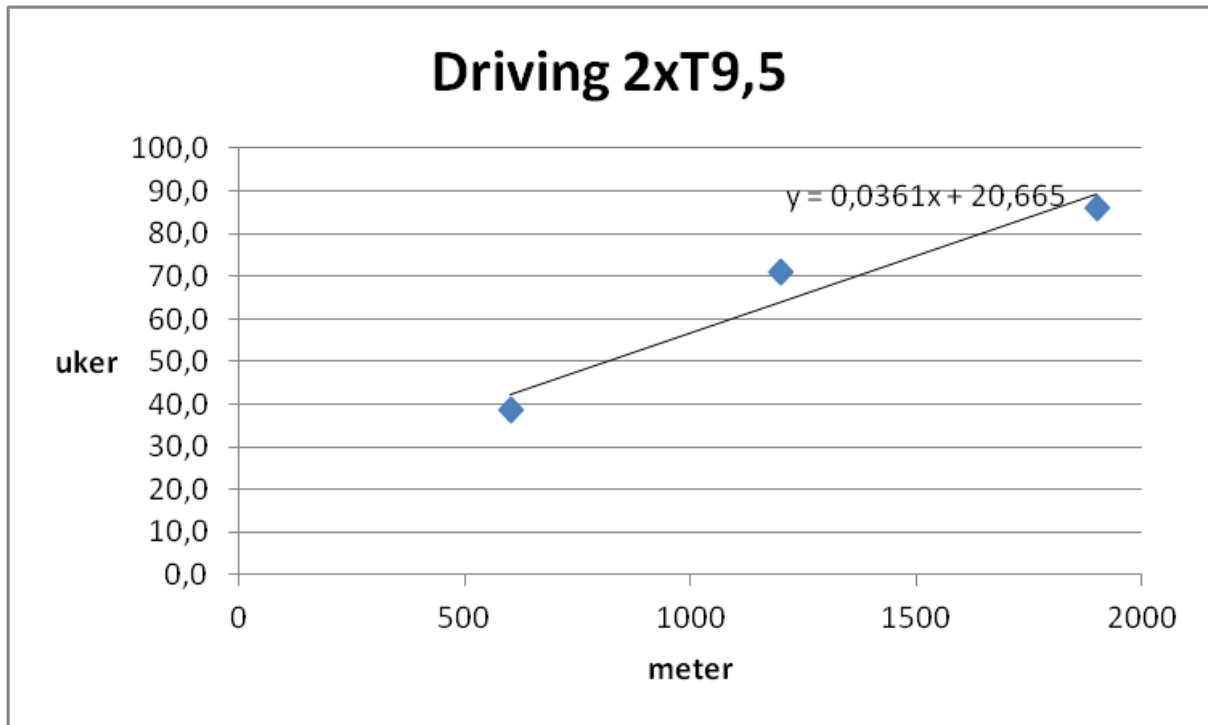
Trendlinjer for tidligfasemodell

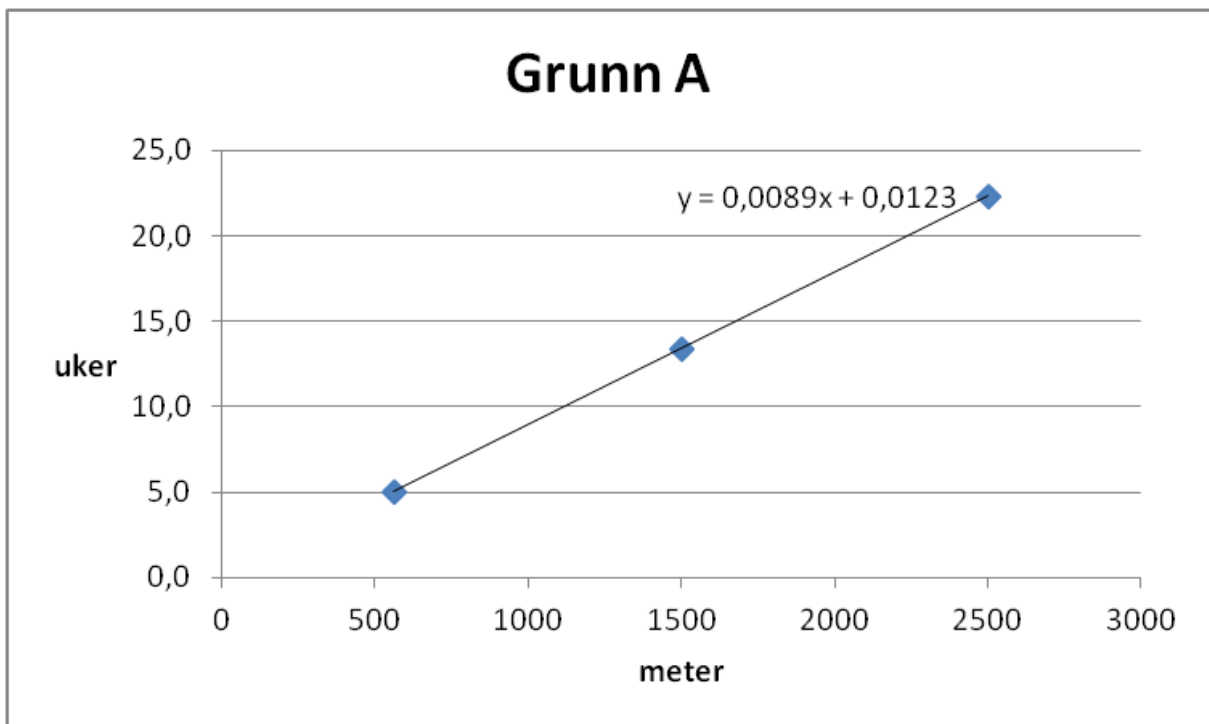
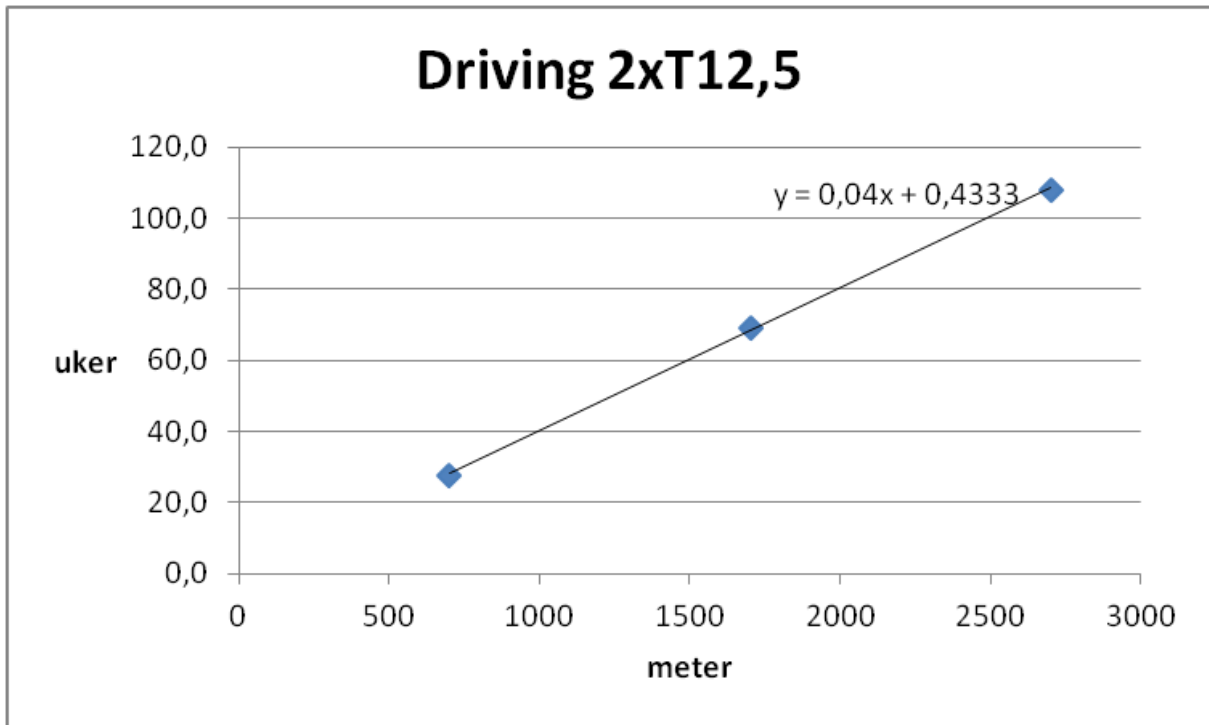
Vedlegget viser samtlige trendlinjer for tidligfasemodellen. Trendlinjene er basert på data fra analyse av fremdriftsplaner og spørreskjemaer. Det komplette datagrunnlaget finnes i tidligfasemodellen, Vedlegg 11, nærmere bestemt i arkfanen *Prosjektdata*.

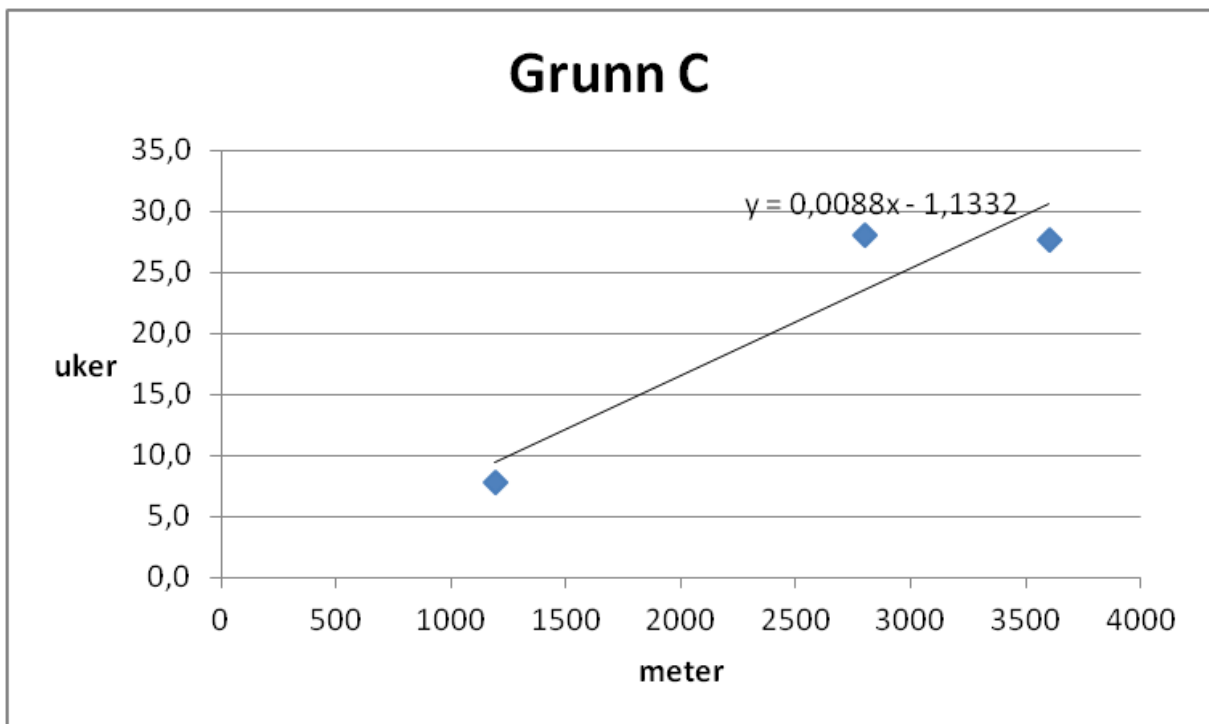
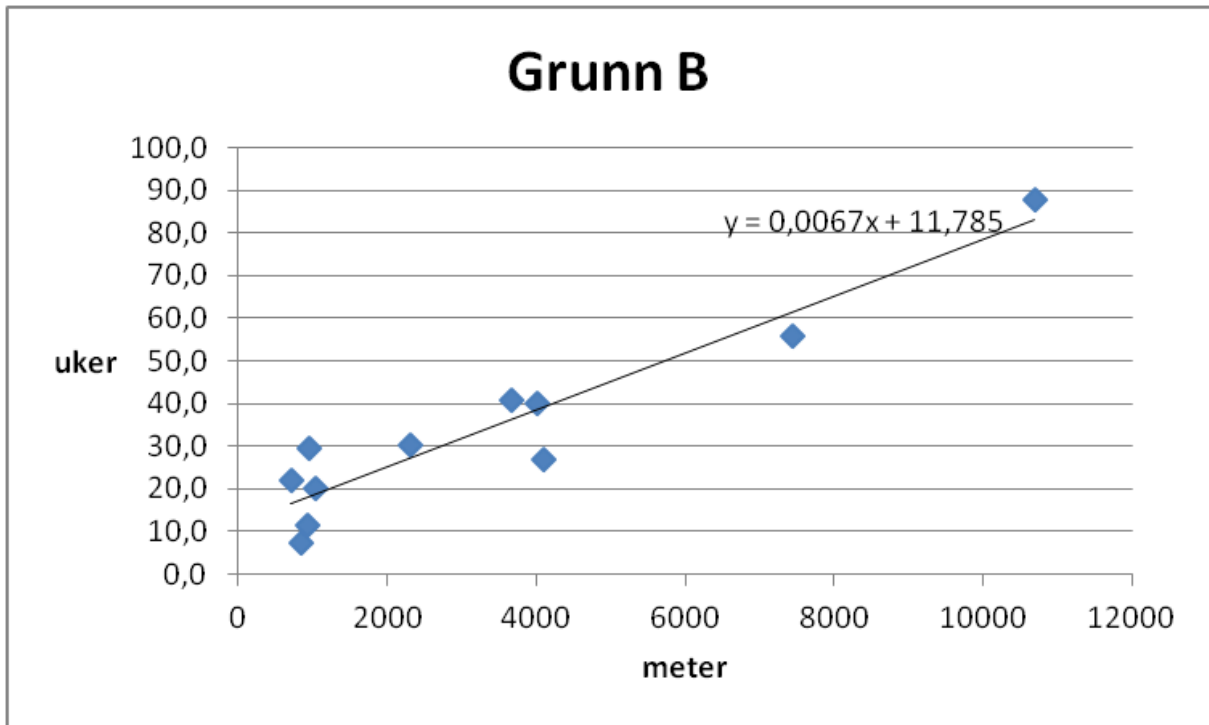
Vedlegg D – Trendlinjer for tidligfasemodell



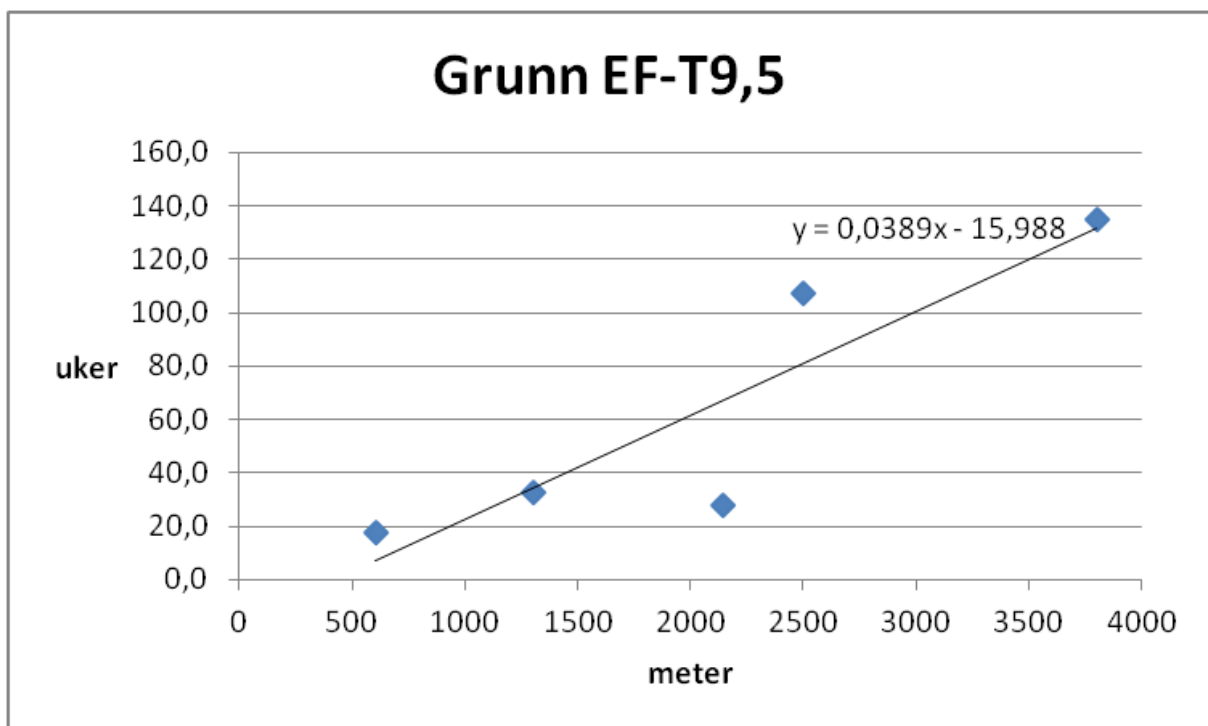
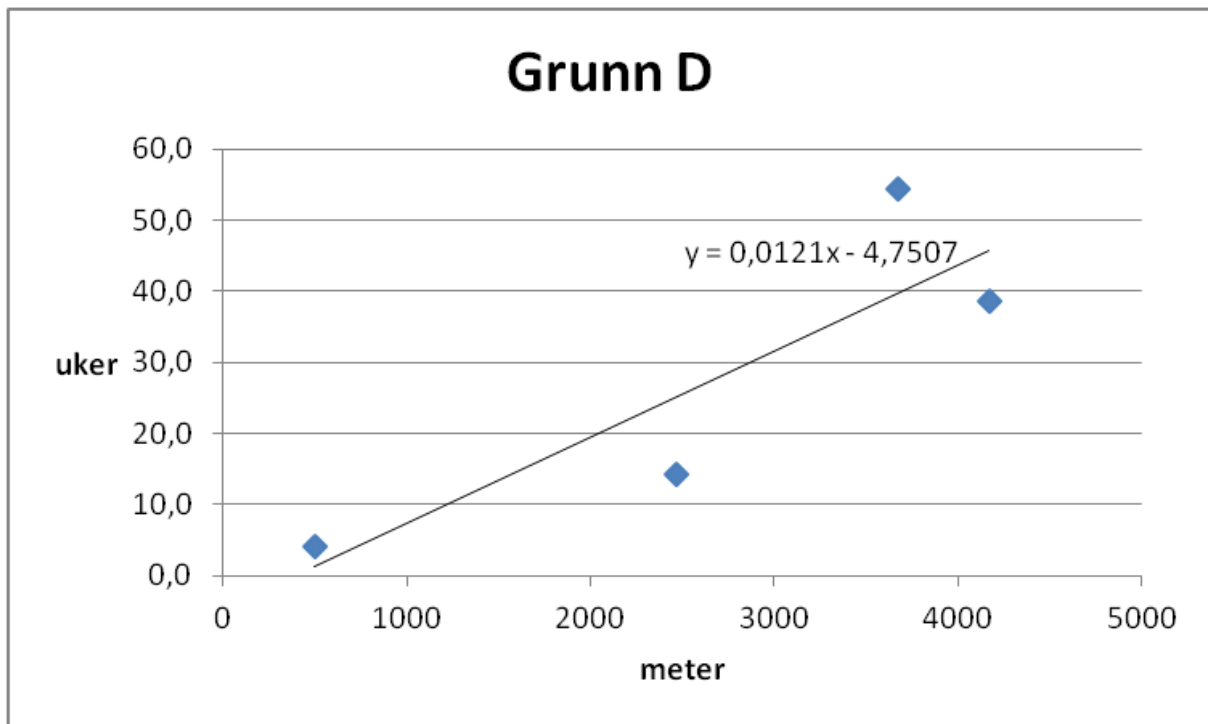


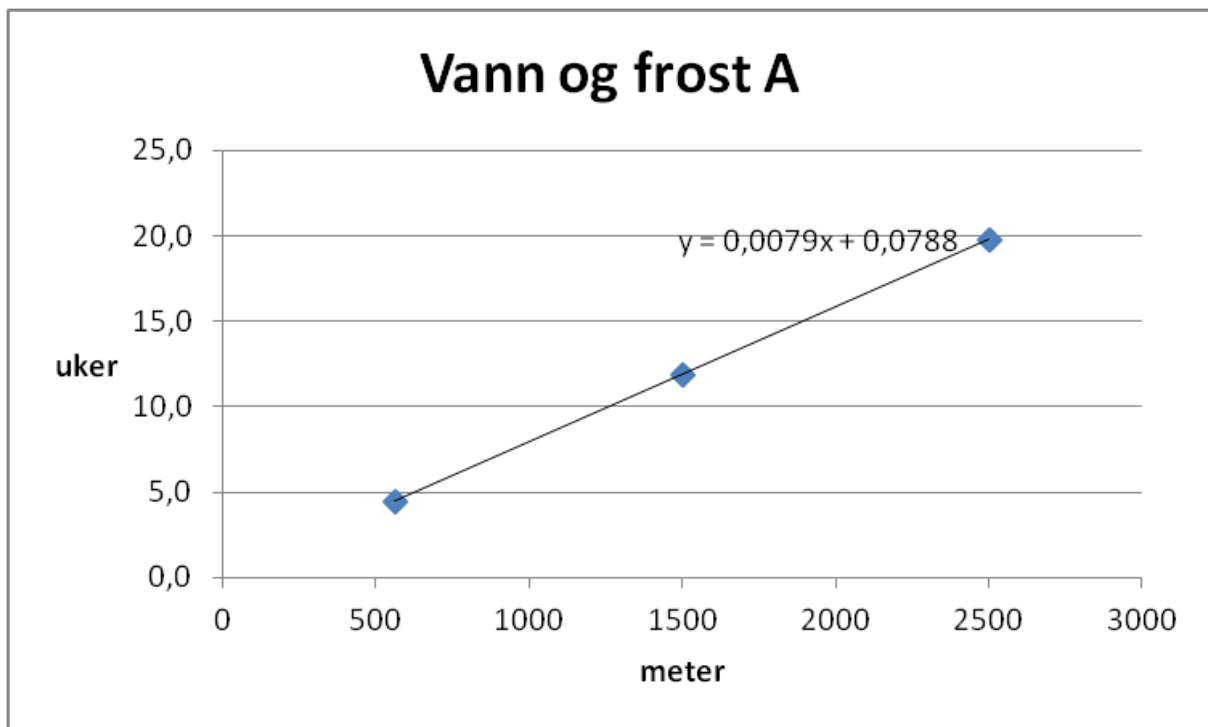
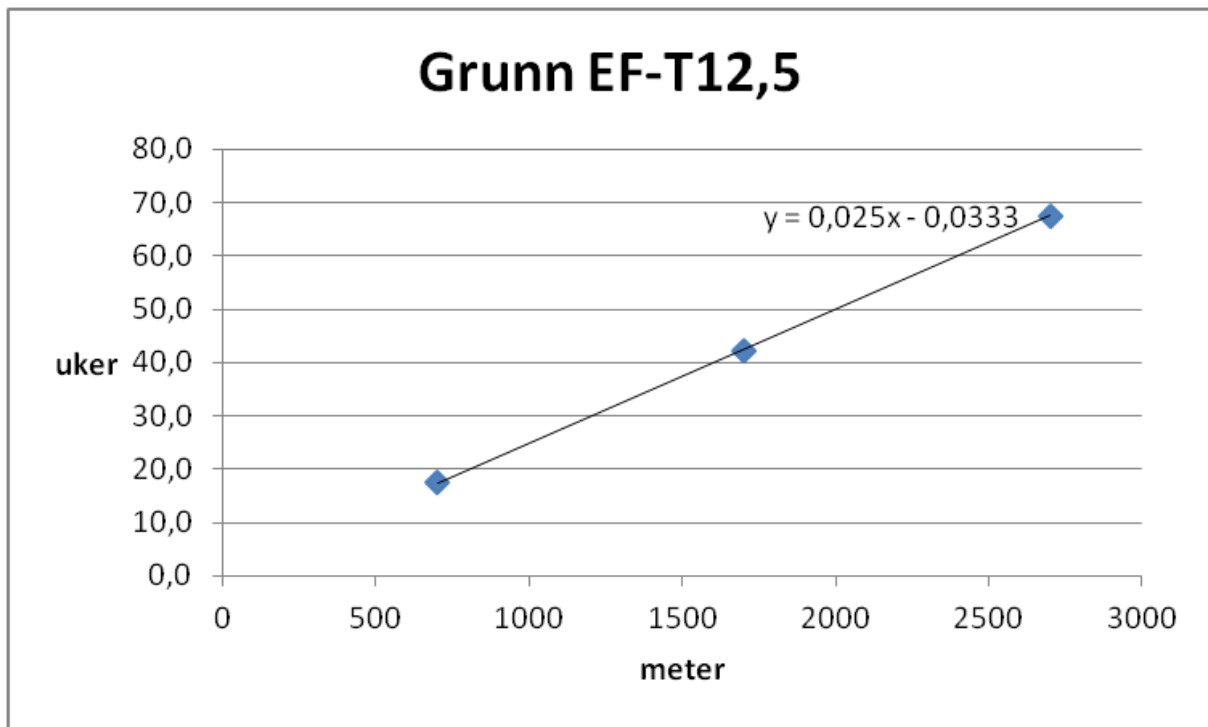


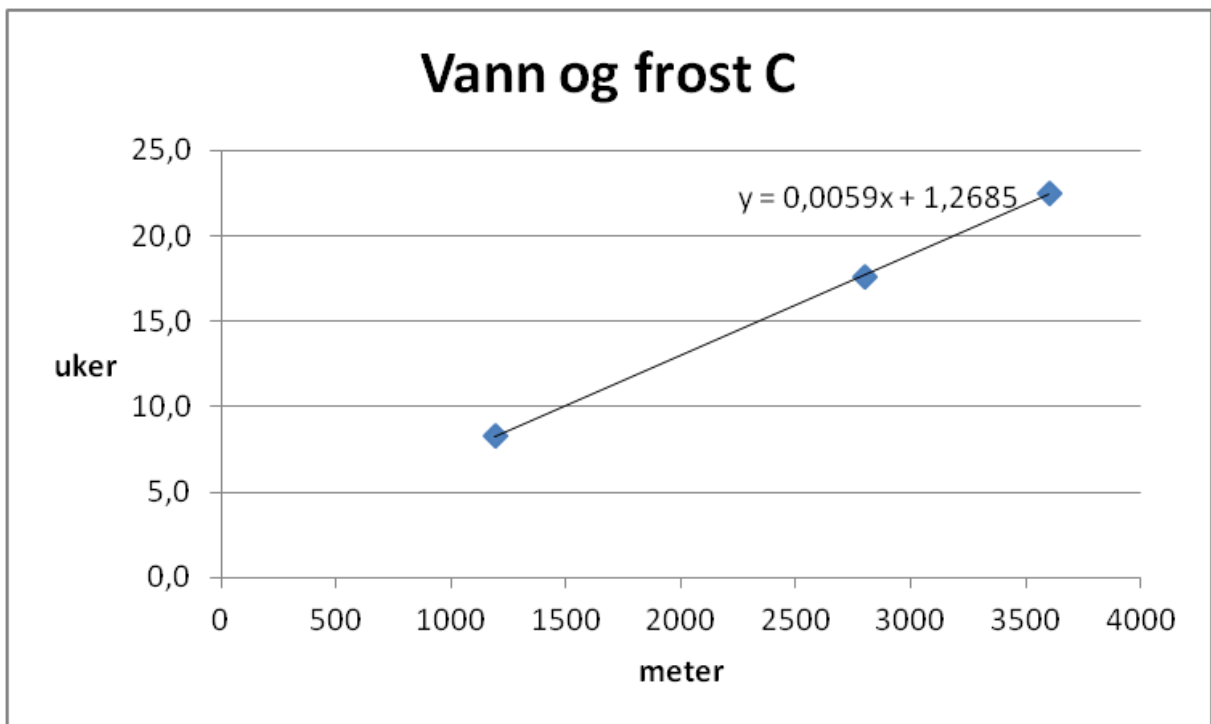
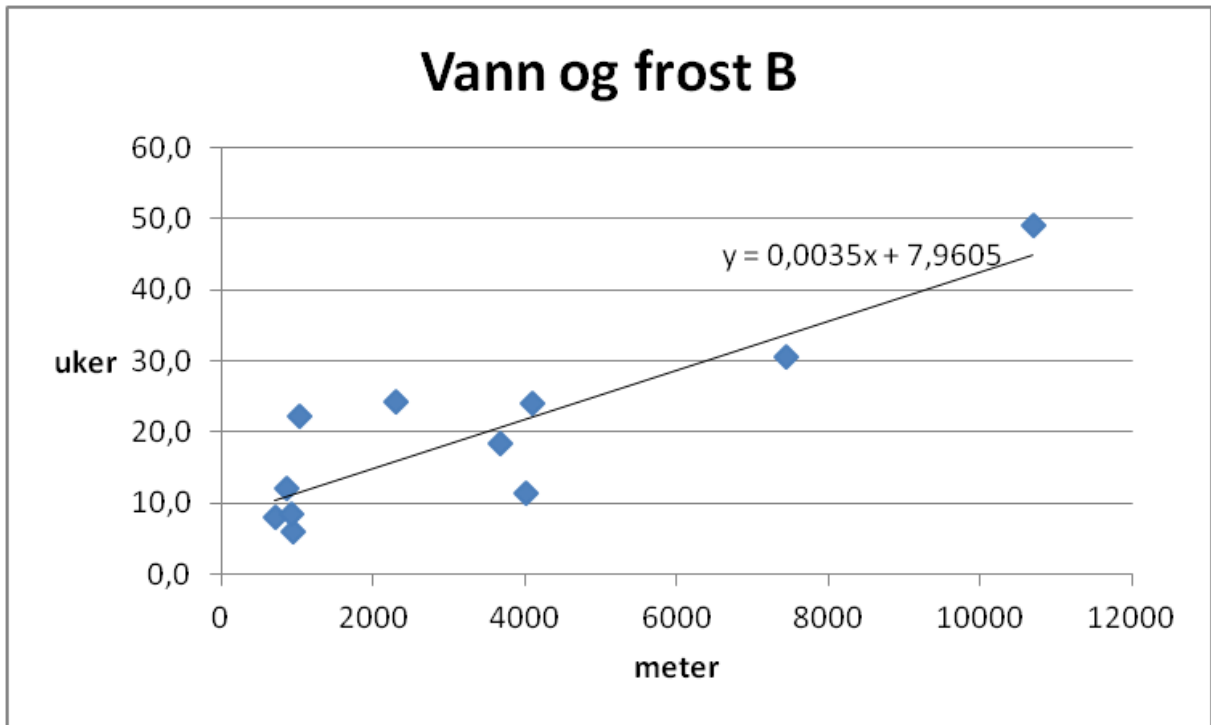


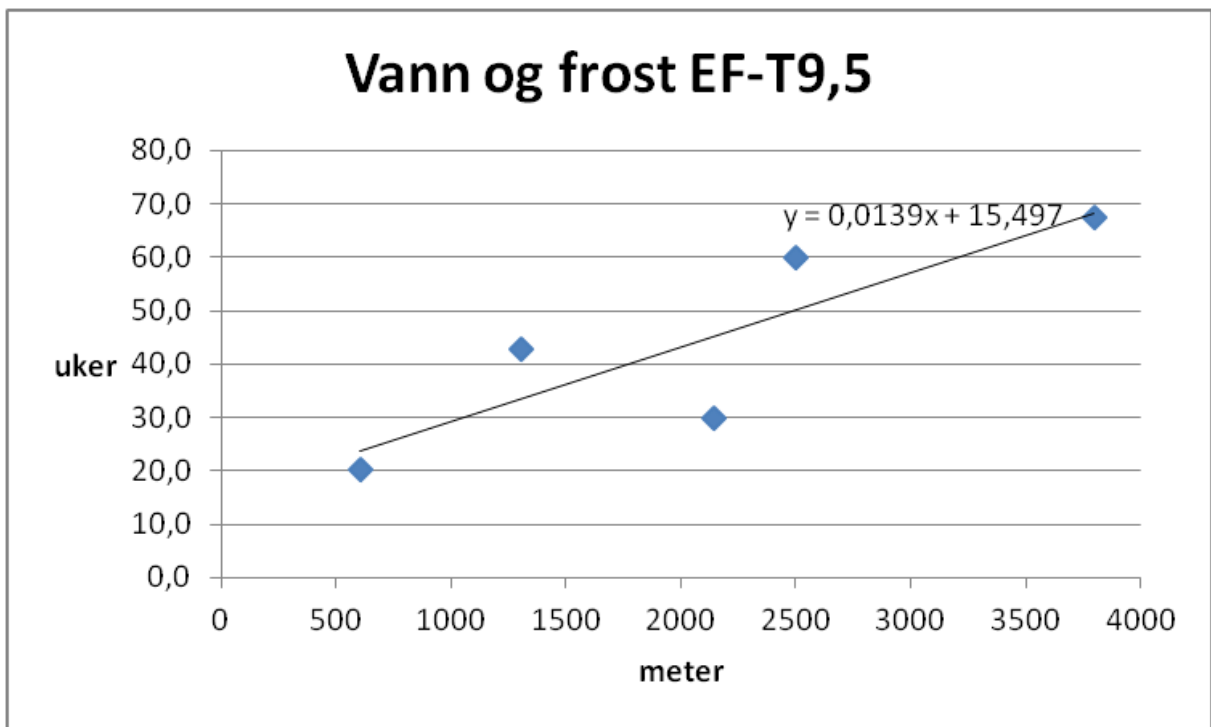
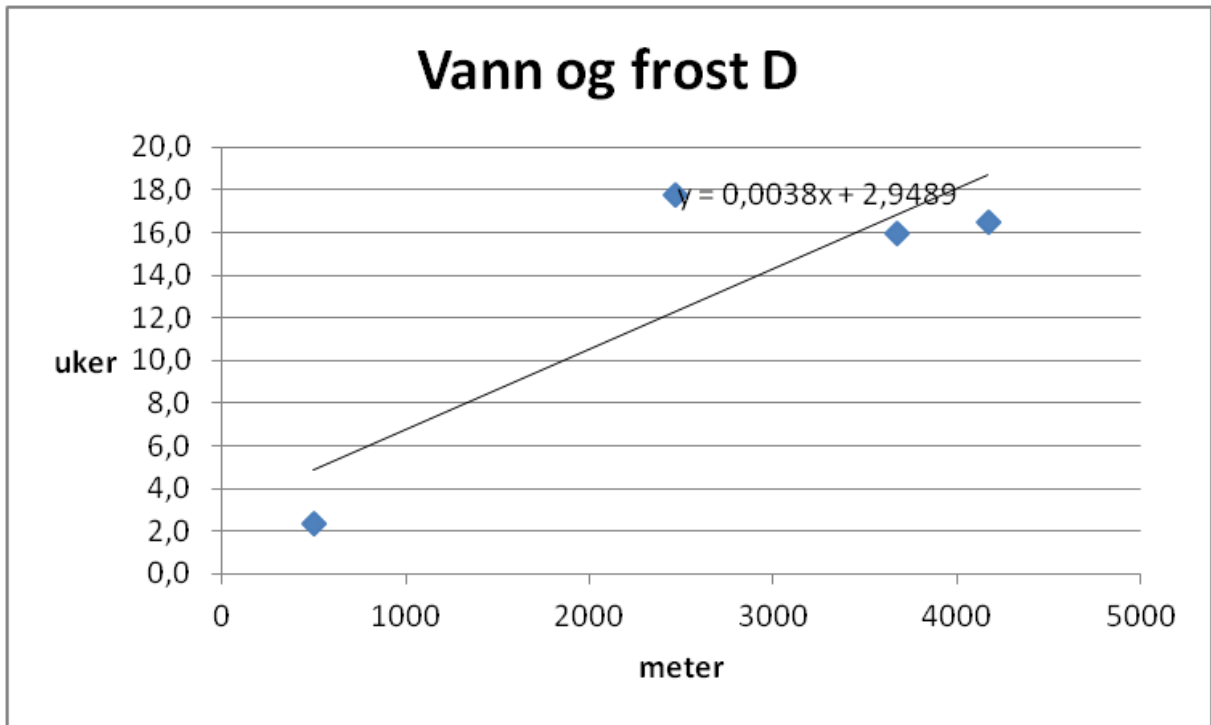


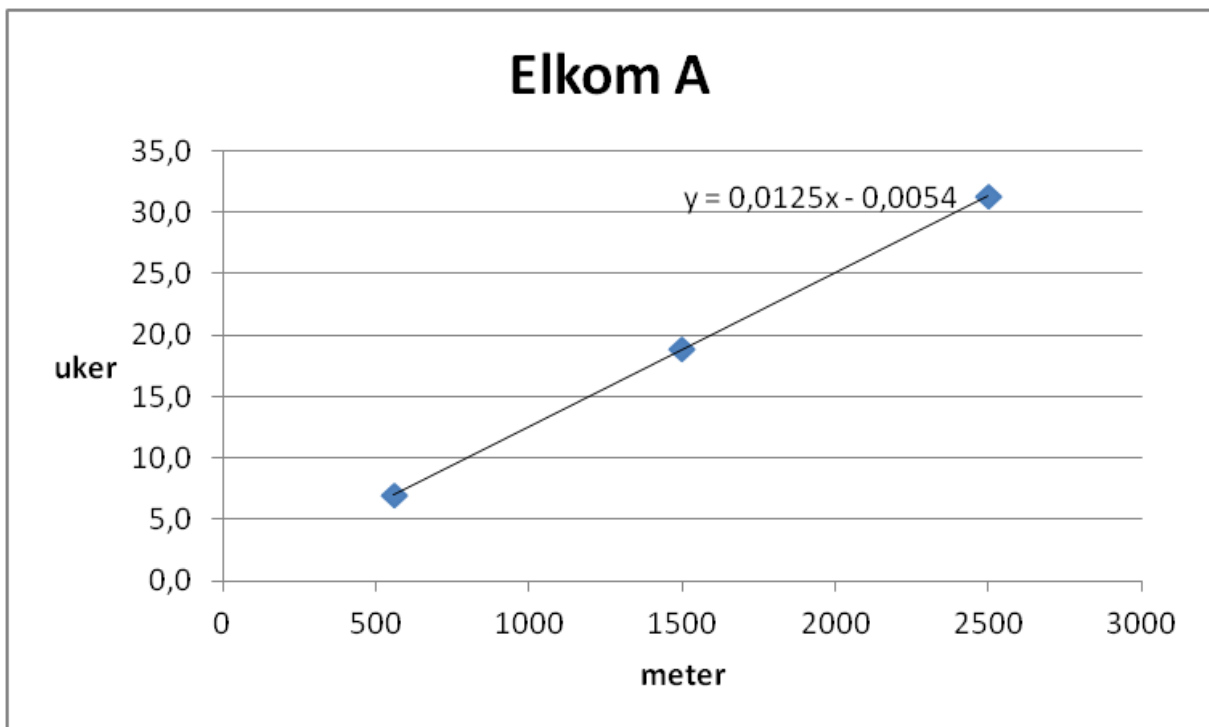
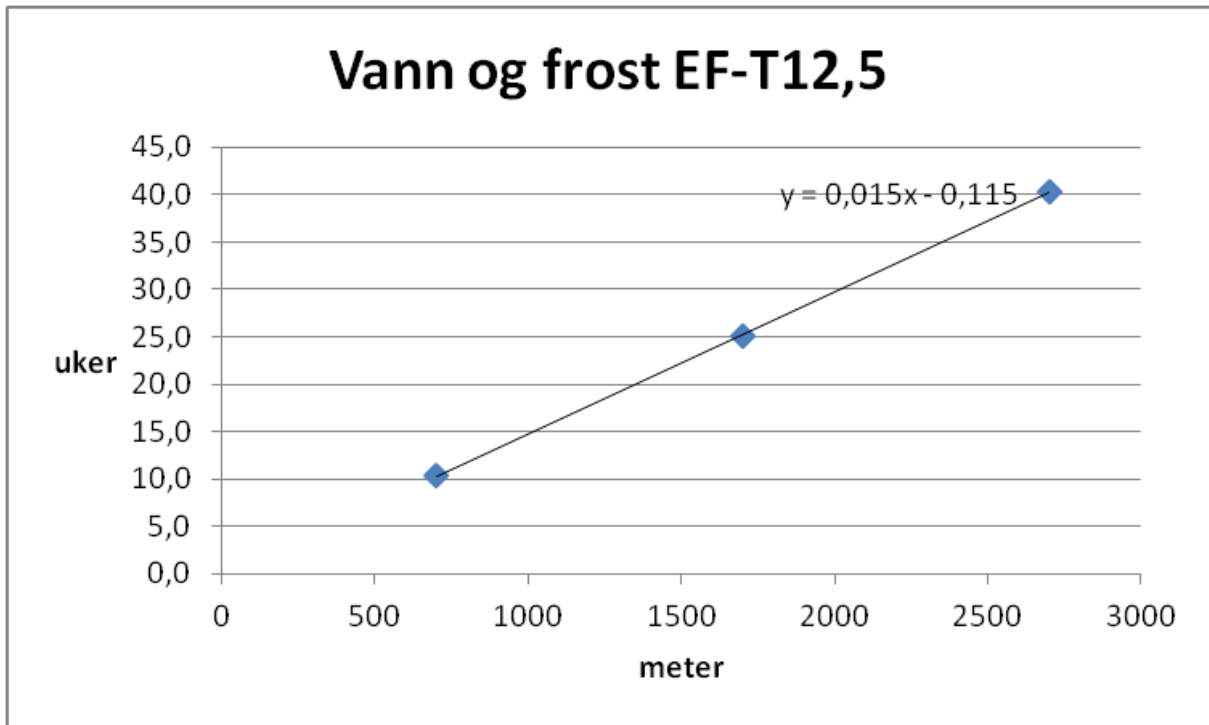
Vedlegg D – Trendlinjer for tidligfasemodell



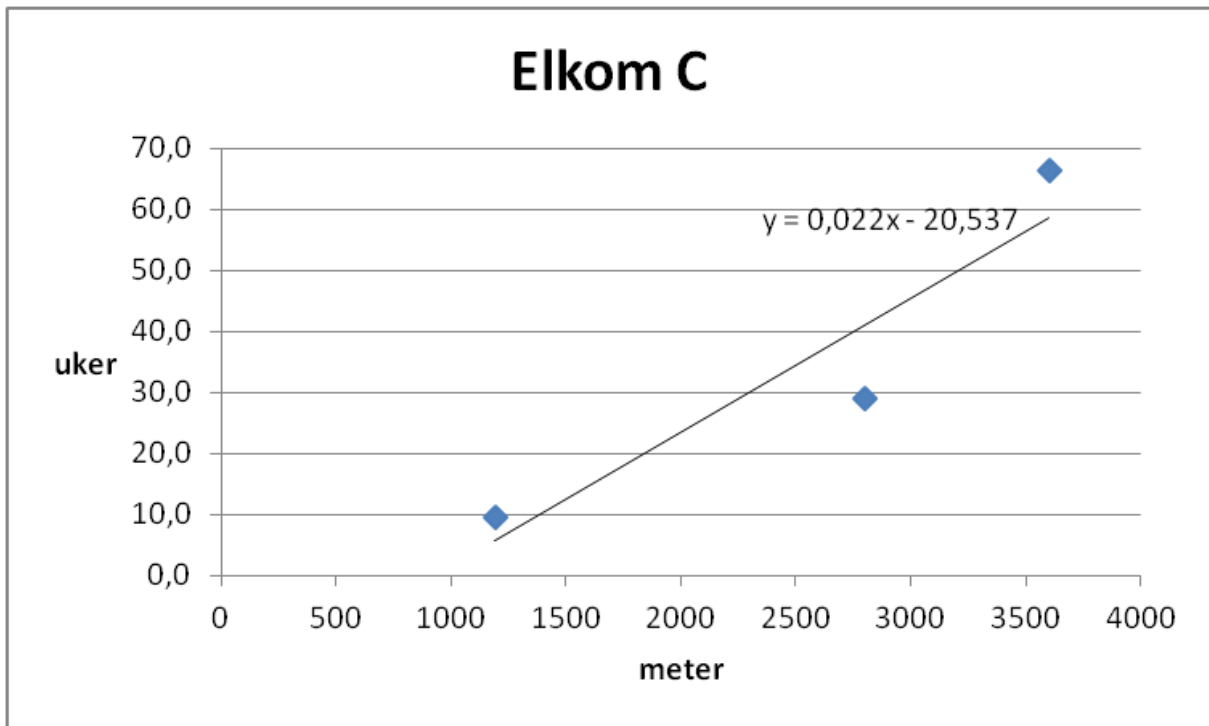
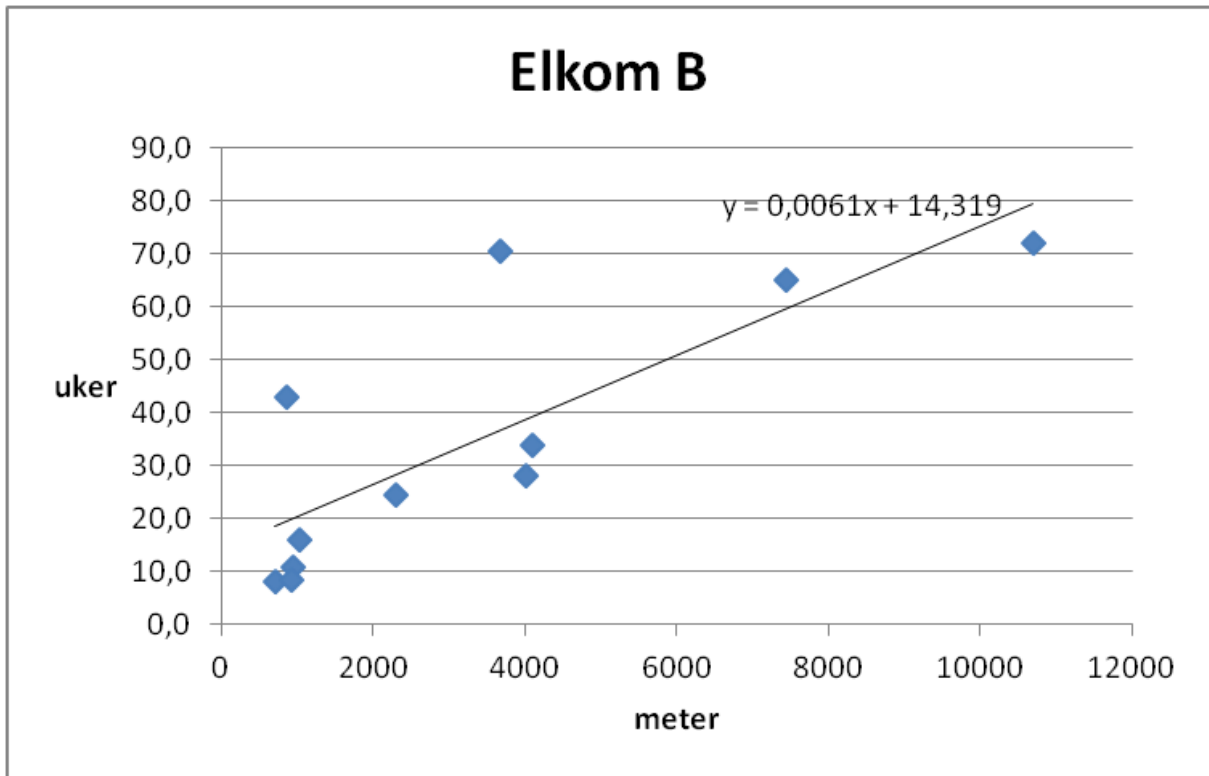


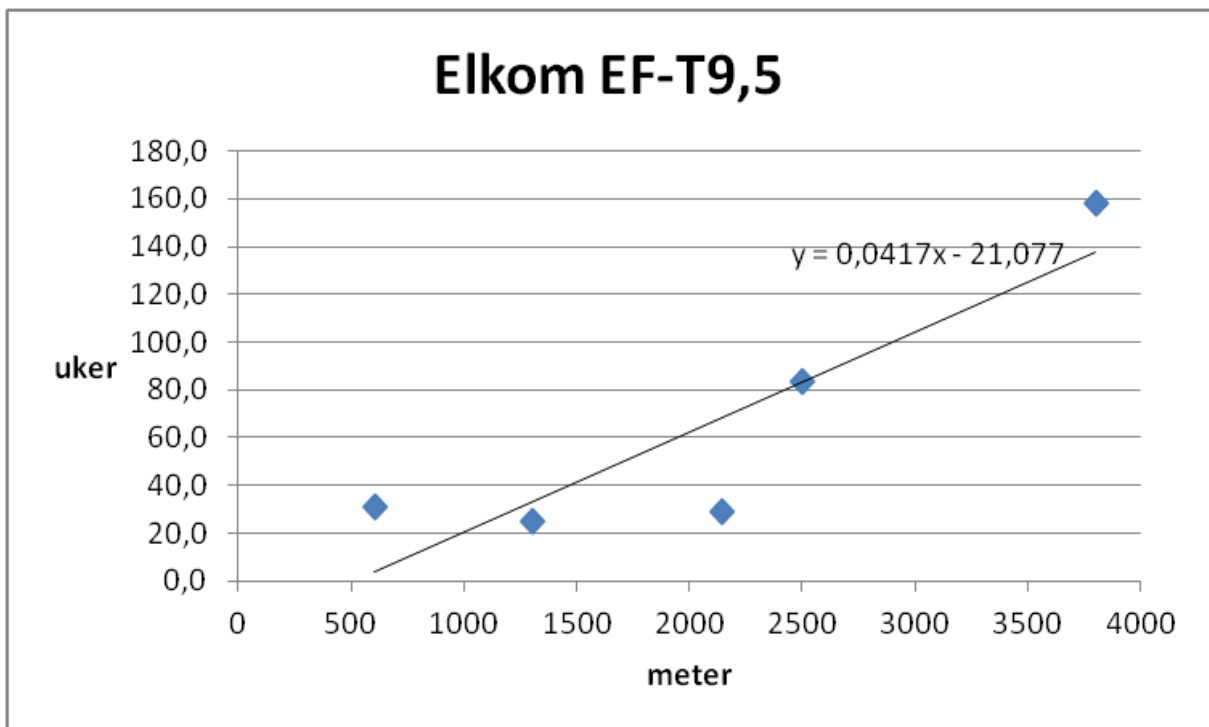
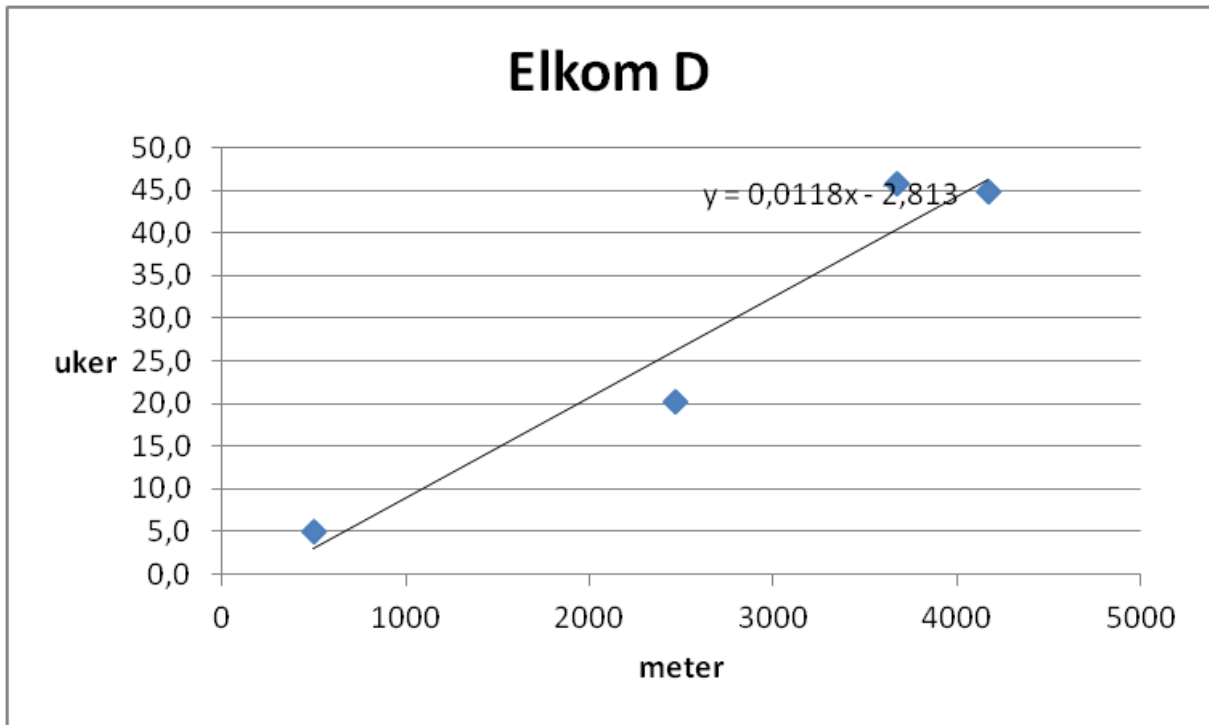


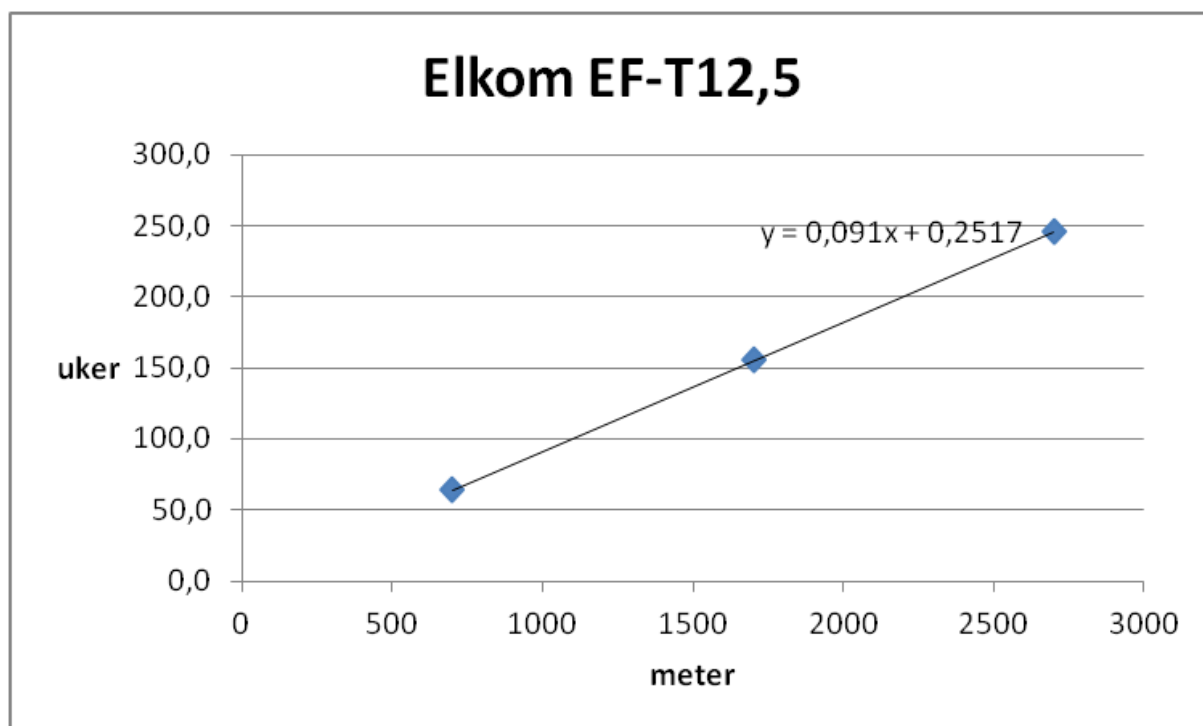




Vedlegg D – Trendlinjer for tidligfasemodell







Vedlegg E

Analyse av tidligere utgave av ekvivalenttidsmodell

Vedlegget viser deler av arbeidet utført i et fordypningsprosjekt høsten 2013 av Erik Hedenstad og Thomas Stoltenberg. Ekvivalenttidsmodell ble mottatt tidlig i høstsemesteret 2013. Vedlegget viser en dybdeanalyse gjort av modellens poster.

Vedlegg E – Analyse av tidligere utgave av ekvivalenttidsmodell

Tabell 1: Før driving, post 1 – 7.

Postnr.	Post	Mengde	Enhetstid	Tidsbestemmende faktor
1	Kontraktsinngåelse	RS	uker	1,0
2	Samhandlingsperiode	RS	uker	1,0
3	Driftsplanlegging	RS	uker	1,0
4	Mobilisering	RS	uker	1,0
5	Nødvendige offentlige tillatelser	RS	uker	1,0
6.1	Anleggsveg	m	m/uke	1,0
6.2	Riggområde	RS	uker	1,0
6.3	Forskjæring inkludert sikring	RS	uker	1,0
6.4	Annet	RS	uker	1,0
7	Tilrigging	RS	uker	1,0

1 Kontraktsinngåelse

- Tiden som trengs for å samkjøre involverte parter mot felles mål.

Hovedark: Modell

- **Mengde [RS]**
Mengden fylles ikke inn.
- **Enhetstid [uker]**
Enhetstid settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Enhetstid [uker]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]

$$\text{Byggetid [uker]} = [\text{uker}] * [\text{tbf}]$$

2 Samhandlingsperiode

- Tiden som trengs for å samkjøre involverte parter mot felles mål.

Hovedark: Modell

- **Mengde [RS]**
Mengden fylles ikke inn.
- **Enhetstid [uker]**
Enhetstid settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0
- **Byggetid [uker]**
 - Enhetstid [uker]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]

$$\text{Byggetid [uker]} = [\text{uker}] * [\text{tbf}]$$

3 Driftsplanlegging

- Innebærer avgjørelser omkring oppbygning av organisasjon, og hvordan komme frem til løsninger som bidrar mest til god fremdrift.

Hovedark: Modell

- **Mengde [RS]**
Mengden fylles ikke inn.
- **Enhetstid [uker]**
Enhetstid settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Enhetstid [uker]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]

$$\text{Byggetid [uker]} = [\text{uker}] * [\text{tbf}]$$

4 Mobilisering

- Folk og utstyr som kan bemanne funksjoner som ble avklart i driftsplanleggingen.

Hovedark: Modell

- **Mengde [RS]**
Mengden fylles ikke inn.
- **Enhetstid [uker]**
Enhetstid settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Enhetstid [uker]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]

$$\text{Byggetid [uker]} = [\text{uker}] * [\text{tbf}]$$

5 Nødvendige offentlige tillatelser

- Tillatelser i forbindelse med entreprenørens drift. Behov blir synliggjort under tilriggingsfasen.

Hovedark: Modell

- **Mengde [RS]**
Mengden fylles ikke inn.
- **Enhetstid [uker]**
Enhetstid settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Enhetstid [uker]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]

$$\text{Byggetid [uker]} = [\text{uker}] * [\text{tbf}]$$

6.1 Anleggsveg

- Anleggsveg er en del av forberedende arbeider. Behov for vedlikehold og etablering av nye anleggsveger underveis er mulige scenarioer.

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden settes direkte inn.
- **Enhetstid [m/uke]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [m/uke]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m]}{\left[\frac{m}{\text{uke}}\right]} * [\text{tbf}]$$

6.2 Riggområde

- Topografi og demografi er faktorer som påvirker hvor lang tid man må regne med at denne prosessen tar. Dette vil være en vurderingssak i hvert enkelt prosjekt.

Hovedark: Modell

- **Mengde [RS]**
Mengden fylles ikke inn.
- **Enhetstid [uker]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Enhetstid [uker]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]

$$\text{Byggetid [uker]} = [\text{uker}] * [\text{tbf}]$$

6.3 Forskjæring inkludert sikring

- Etablering av forskjæring og påhugg foregår ofte under vanskelig bergkvalitet sammenliknet med resten av tunneltraseen.
- Kan være vanskelig å forutse tidsbehov før man har kommet i gang med arbeidene.

Hovedark: Modell

- **Mengde [RS]**
Mengden fylles ikke inn.
- **Enhetstid [uker]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Enhetstid [uker]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]

$$\text{Byggetid [uker]} = [\text{uker}] * [\text{tbf}]$$

6.4 Annet

- Resterende arbeider i forberedelsesfasen.

Hovedark: Modell

- **Mengde [RS]**
Mengden fylles ikke inn.
- **Enhetstid [uker]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Enhetstid [uker]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]

$$\text{Byggetid [uker]} = [\text{uker}] * [\text{tbf}]$$

7 Tilrigging

- Etablering av støttefunksjoner som kontorer, bopel og utstys- og maskinpark.

Hovedark: Modell

- **Mengde [RS]**
Mengden fylles ikke inn.
- **Enhetstid [uker]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Enhetstid [uker]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]

$$\text{Byggetid [uker]} = [\text{uker}] * [\text{tbf}]$$

Vedlegg E – Analyse av tidligere utgave av ekvivalenttidsmodell

Tabell 2: Driving, post 8 – 15.

Postnr.	Post	Mengde	Enhetstid	Tidsbestemmende faktor
8	Igangkjøring	RS	uker	1,0
9.1	Normal driving	m	h/m	1,0
9.2	Tillegg driving på synk	m	%	1,0
9.3	Tillegg redusert salvelengde	m	%	1,0
9.4	Tillegg redusert salvelengde og halve salver	m	%	1,0
10	Tillegg vekseldrift	m	%	1,0
11	Byggherrens tid til kartlegging	salver	h/salve	1,0
12.1	Havarinisjer	stk	h/nisje	1,0
12.2	Snunisjer	stk	h/nisje	1,0
12.3	Møteplasser	stk	h/nisje	1,0
13	Tverrforbindelser	m	h/m	1,0
14	Pumpesump	m ³	h/m ³	1,0
15	Manuell rensk, ekstra rensk	m	h/m	1,0

8 Igangkjøring

- Innebærer heft i starten av drivingen som hindrer fremdrift.
- Modellen foreslår tidsbruk fra to til fire uker på denne posten.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - Tunnelklasse [A, B, C, D, E, F]
 - Geologi [God, Middels, Dårlig]
- **Utdata**
 - Antall løp [1, 2] (avhenger av Tunnelklasse)

Detaljark: 8. Igangkjøring

- **Utdata**
 - Tidsbruk igangkjøring [uker] (tabell angir tidsbruk, med Antall løp [1, 2] og Geologi [God, Middels, Dårlig] som innparametre)

Hovedark: Modell

- **Mengde [RS]**
Mengden fylles ikke inn.
- **Enhetstid [uker]**
Enhetstiden er *Tidsbruk igangkjøring [uker]*.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Enhetstid [uker]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]

$$\text{Byggetid [uker]} = [\text{uker}] * [\text{tbf}]$$

9.1 Normal driving

- Vanlig driving som ikke hindres av bergforhold, vann eller utforming av tunnel.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m]*
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*
 - *Areal av teoretisk sprengningsprofil [m²]*

Detaljark: 9. Driving

- **Utdata**
 - *Fremdrift [m/uke]* (bruker *Areal av teoretisk sprengningsprofil [m²]* til å finne verdi i tabell basert på *Figur 6.3* fra NTNU Department of Civil and Transport Engineering (2006))
 - *Korreksjonsfaktor* (bruker *Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m]* til å finne verdi i tabell basert på *Figur 6.1* fra NTNU Department of Civil and Transport Engineering (2006))
 - *Enhetstid [h/m]* (*Arbeidstid, driving [h/uke]* dividert med produktet av *Fremdrift [m/uke]* og *Korreksjonsfaktor*)

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden blir funnet fra *Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m]*.
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden blir funnet fra *Enhetstid [h/m]*.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid, driving [h/uke]

$$\text{Byggetid (uker)} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

9.2 Tillegg driving på synk

- Vanskelige forhold for maskiner og potensiell oversvømming av stuff kan medføre behov for ekstra tid til driving.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*

Detaljark: 9. Driving

- **Utdata**
 - *Kapasitet, normal driving [h/m]* (enhetstid fra hovedarket Modell)
 - *Lengde, driving på synk [m]* (mengde fra hovedarket Modell)
 - *Kapasitet, driving på synk [h/m]* (produktet av *Kapasitet normal driving [h/m]* og enhetstid fra hovedarket Modell)
 - *Driving på synk [h]* (produktet av *Kapasitet, driving på synk [h/m]* og *Lengde, driving på synk [m]*)

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden settes direkte inn.
- **Enhetstid [%]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - *Arbeidstid [h/uke]*
 - *Driving på synk [h]*

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[h]}{\left[\frac{h}{\text{uke}}\right]}$$

9.3 Tillegg redusert salvelengde

- Reduserte salvelengder utnytter ikke borutstyr og maskiner optimalt.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*

Detaljark: 9. Driving

- **Utdata**
 - *Kapasitet, normal driving [h/m]* (enhetstid fra hovedarket Modell)
 - *Lengde, redusert salvelengde [m]* (mengde fra hovedarket Modell)
 - *Kapasitet, redusert salvelengde [h/m]* (produktet av *Kapasitet, normal driving [h/m]* og enhetstid fra hovedarket Modell)
 - *Redusert salvelengde [h]* (produktet av *Kapasitet, redusert salvelengde [h/m]* og *Lengde, redusert salvelengde [m]*)

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden settes direkte inn.
- **Enhetstid [%]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - *Arbeidstid [h/uke]*
 - *Redusert salvelengde [h]*

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[h]}{\left[\frac{h}{\text{uke}}\right]}$$

9.4 Tillegg redusert salvelengde og halve salver

- Aktuelt for arbeider ved forsiktig sprengning, store tverrsnitt og etablering av påhugg.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*

Detaljark: 9. Driving

- **Utdata**
 - *Kapasitet, normal driving [h/m]* (enhetstid fra hovedarket Modell)
 - *Lengde, redusert salvelengde og halve salver [m]* (mengde fra hovedarket Modell)
 - *Kapasitet, redusert salvelengde og halve salver [h/m]* (produktet av *Kapasitet normal driving [h/m]* og enhetstid fra hovedarket Modell)
 - *Redusert salvelengde og halve salver [h]* (produktet av *Kapasitet, redusert salvelengde og halve salver [h/m]* og *Lengde, redusert salvelengde og halve salver [m]*)

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden settes direkte inn.
- **Enhetstid [%]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - *Arbeidstid [h/uke]*
 - *Redusert salvelengde og halve salver [h]*

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[h]}{\left[\frac{h}{\text{uke}}\right]}$$

10 Tillegg vekseldrift

- Tillegg forbundet med ekstra plunder og heft med å flytte personell og utstyr mellom stoffene.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*
 - *Tunnelklasse [A, B, C, D, E, F]*
 - *Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m]*
- **Utdata**
 - *Antall løp [1, 2]*

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden blir funnet fra Antall løp [1, 2] (2 løp gir mengde fra Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m], 1 løp gir mengde lik 0).
- **Enhetstid [%]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Enhetstid normal driving [h/m]
 - Enhetstid [%]
 - Arbeidstid [h/uke]
 - Mengde [m]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{\left[\frac{h}{m}\right] * [\%] * [m]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

11 Byggherrens tid til kartlegging

- Innebærer kartlegging av bergmassen etter hver salve. Undersøkelsene foretas enten på stoff eller foran stoff.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*
 - *Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m]*
 - *Boret salvelengde [m]*
 - *Inndriftsprosent [%]*

Hovedark: Modell

- **Mengde [salver]**
Mengden blir funnet av Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m], dividert med produktet av Boret salvelengde [m] og Inndriftsprosent [%].
- **Enhetstid [h/salve]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [salver]
 - Enhetstid [h/salve]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[\text{salver}] * \left[\frac{h}{\text{salve}} \right] * [\text{tbf}]}{\left[\frac{h}{\text{uke}} \right]}$$

12.1 Havarinisjer

- Havarinisjer muliggjør parkering for kjørebanen ved nødstopp.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*
 - *Stofflengde, tidsbestemmende stuff [m]*
 - *Tunnelklasse [A, B, C, D, E, F]*

Detaljark: 12-13. Nisjer og tverrforbindelser

- **Utdata**
 - *Normalavstand, havarinisjer [m]* (lengder basert på *Tunnelklasse [A, B, C, D, E, F]* hentet fra Statens vegvesen Vegdirektoratet (2010b))
 - *Nisjeavstand, havarinisjer [m]* (fra *Normalavstand, havarinisjer [m]*)
 - *Havarinisjer [stk]* (dividerer *Stofflengde, tidsbestemmende stuff [m]* på *Nisjeavstand, havarinisjer [m]*)

Hovedark: Modell

- **Mengde [stk]**
Mengden er lik Havarinisjer [stk].
- **Enhetstid [h/nisje]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [stk]
 - Enhetstid [h/nisje]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid, driving [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[\text{stk}] * \left[\frac{h}{\text{nisje}} \right] * [\text{tbf}]}{\left[\frac{h}{\text{uke}} \right]}$$

12.2 Snunisjer

- Snunisjer skal sikre mulighet for større kjøretøy til å kunne snu inne i en tunnel.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*
 - *Stufflengde, tidsbestemmende stuff [m]*
 - *Tunnelklasse [A, B, C, D, E, F]*

Detaljark: 12-13. Nisjer og tverrforbindelser

- **Utdata**
 - *Normalavstand, snunisjer [m]* (lengder basert på *Tunnelklasse [A, B, C, D, E, F]* hentet fra Statens vegvesen Vegdirektoratet (2010b))
 - *Nisjeavstand, snunisjer [m]* (fra *Normalavstand, snunisjer [m]*)
 - *Snunisjer [stk]* (dividerer *Stufflengde, tidsbestemmende stuff [m]* på *Nisjeavstand, snunisjer [m]*)

Hovedark: Modell

- **Mengde [stk]**
Mengden er lik Snunisjer [stk].
- **Enhetstid [h/nisje]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [stk]
 - Enhetstid [h/nisje]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid, driving [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[\text{stk}] * \left[\frac{\text{h}}{\text{nisje}} \right] * [\text{tbf}]}{\left[\frac{\text{h}}{\text{uke}} \right]}$$

12.3 Møteplasser

- Møteplasser er spesielt for enfeltstunneler med toveistrafikk.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*
 - *Stufflengde, tidsbestemmende stuff [m]*
 - *Tunnelklasse [A, B, C, D, E, F]*

Detaljark: 12-13. Nisjer og tverrforbindelser

- **Utdata**
 - *Normalavstand, møteplasser [m]* (lengder basert på *Tunnelklasse [A, B, C, D, E, F]* hentet fra Statens vegvesen Vegdirektoratet (2010b))
 - *Nisjeavstand, møteplasser [m]* (fra *Normalavstand, møteplasser [m]*)
 - *Møteplasser [stk]* (dividerer *Stufflengde, tidsbestemmende stuff [m]* på *Nisjeavstand, møteplasser [m]*)

Hovedark: Modell

- **Mengde [stk]**
Mengden er lik Møteplasser [stk].
- **Enhetstid [h/nisje]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [stk]
 - Enhetstid [h/nisje]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid, driving [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[\text{stk}] * \left[\frac{h}{\text{nisje}} \right] * [\text{tbf}]}{\left[\frac{h}{\text{uke}} \right]}$$

13 Tverrforbindelser

- Gangbare tverrforbindelser mellom to tunnellop muliggjør sikker evakuering dersom nødvendig.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*
 - *Stofflengde, tidsbestemmende stuff [m]*
 - *Tunnelklasse [A, B, C, D, E, F]*

Detaljark: 12-13. Nisjer og tverrforbindelser

- **Inndata**
 - *Nisjeavstand, lengde på hver tverrforbindelse [m] (innsatt mengde overstyrer foreslått tall)*
- **Utdata**
 - *Normalavstand, tverrforbindelser [m] (lengder basert på Tunnelklasse [A, B, C, D, E, F] hentet fra Statens vegvesen Vegdirektoratet (2010b))*
 - *Nisjeavstand, tverrforbindelser [m] (fra Normalavstand, tverrforbindelser [m])*
 - *Tverrforbindelser [stk] (dividerer Stofflengde, tidsbestemmende stuff [m] på Nisjeavstand, tverrforbindelser [m])*

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden er lik Tverrforbindelser [stk] multiplisert med Nisjeavstand, lengde på hver tverrforbindelse [m].
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden er Enhetstid for normal driving [h/m] dividert med 0,7.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid, driving [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{k}{uke}\right]}$$

14 Pumpesump

- Pumpesumpen plasseres på laveste nivå i en undersjøisk tunnel eller tunnel med lavbrekk.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*
 - *Tunneltype [Standard, Undersjøisk]*

Hovedark: Modell

- **Mengde [m³]**
Mengden er avhengig av Tunneltype [Standard, Undersjøisk], med modellforslag til Mengde [0, 5 000].
- **Enhetstid [h/m³]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m³]
 - Enhetstid [h/m³]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid, driving [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m^3] * \left[\frac{h}{m^3}\right] * [tbf]}{\frac{h}{uke}}$$

15 Manuell rensk, ekstra rensk

- Ekstrarensk sikrer tryggere arbeidsforhold på stoff.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*
 - *Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m]*

Hovedark: Modell

- **Mengde [m³]**
Mengden er Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m].
- **Enhetstid [h/m³]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid, driving [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

Vedlegg E – Analyse av tidligere utgave av ekvivalenttidsmodell

Tabell 3 Sikring, post 16 – 25

Postnr.	Post	Mengde	Enhetstid	Tidsbestemmende faktor
16	Bolting	m	h/m	1,0
17	Sprøytebetong	m ³	h/m ³	0,3
18	Forbolting	salver	h/salve	1,0
19	Sonderboring	bm	h/bm	1,0
20	Kjerneboring	bm	h/bm	0,2
21	Injeksjon	m	h/m	0,6
22	Armerte sprøytebetongbuer	m	h/m	1,0
23	Full utstøping	m	h/m	0,6
24	Frysing	RS	uker	1,0
25	Svakhetssoner	stk	h/stk	1,0

16 Bolting

- Tiden som fremkommer i modellen inkluderer bore- og monterings- og monteringstid for polyesterforankrede bolter (NTNU-Anleggsdrift, 1999)

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Stofflengde, tidsbestemmende stuff [m]*
 - *Arbeidstid [h/uke]*
 - *Geologi [God, Middels, Dårlig]*

Detaljark: 16. Bolting

- **Inndata**
 - *Antall bolter per meter [bolt/m]* (modellen anbefaler verdier under ulike geologiske forhold: God = 3, Middels = 6, Dårlig = 10)
 - *Lengde på boltene [m]*
 - *Korreksjonsfaktor fra bransjen: 1,2* (hentet fra notat fra EBA-kontaktgruppe 11.08.08)
- **Utdata**
 - *Korreksjonsfaktor for boltelengde* (bruker *Lengde på boltene [m]* i en lineær likning omformet fra Figur 3.2 i NTNU-Anleggsdrift (1999))
 - *Tid bolting, basis [h/m]* (bruker *Antall bolter per meter [bolt/m]* i en lineær likning omformet fra Figur 3.2 i NTNU-Anleggsdrift (1999))
 - *Tid bolting, korrigert av bransjen [h/m]* (produktet av *Korreksjonsfaktor fra bransjen* og *Tid bolting, basis [h/m]*)
 - *Enhetstid bolting, korrigert for boltelengde [h/m]* (produktet av *Korreksjonsfaktor for boltelengde* og *Tid bolting, korrigert av bransjen [h/m]*)

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden er Stofflengde, tidsbestemmende stuff [m].
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden er Enhetstid bolting, korrigert for boltelengde [h/m].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0 (NTNU-Anleggsdrift, 1999)
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

17 Sprøytebetong

- Tiden som fremkommer i modellen inkluderer rigg, vasking av fjelloverflate og sprøyting (NTNU-Anleggsdrift, 1999).

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - Tunnelprofil [T4-T14]
 - Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2]
 - Stufflengde, tidsbestemmende stoff [m]
 - Tunnellengde med sprøytebetong [m]

Detaljark: 17. Sprøytebetong

- **Inndata**
 - Tykkelse sprøytebetong [m] (4-20 cm)
 - Lengde på boltene [m]
 - Sprøytet sektor [grader, °] (ved 180° sprøytes det fra Y_v og oppover)
 - Sprøytet vegghøyde, kun for T4 [m]
 - Lengde som sprøytes av gangen [m]
 - Korreksjonsfaktor fra bransjen: 1,1 (hentet fra notat fra EBA-kontaktgruppe 11.08.08)

- **Utdata**
 - Radius (vegg) [m] (gir tre mulige verdier, avhengig om tunnelprofilen er T4, T5,5-T8,5 eller om det er T9,5-T14)
 - Radius (heng) [m] (gir tre mulige verdier, avhengig om tunnelprofilen er T4, T5,5-T8,5 eller om det er T9,5-T14)
 - Sprøytet buelengde [m]

For T4:

$$= 6,35 + (2 * \text{Sprøytet vegghøyde [m]})$$

For T5,5-T14:

$$= \pi * (R_{vegg}[m] + R_{heng}[m]) * \frac{\text{Sprøytet sektor } [^\circ]}{360}$$

- Mengde sprøytebetong per løpemeter [m^3/lm]

$$= \frac{\text{Sp. buelengde} * \text{Tunnellengde med sp. bet.} * \text{Tykkelse sp. bet.}}{\text{Stufflengde, tidsbestemmende stoff}}$$

- Korreksjonsfaktor for sprøytet lengde (bruker Lengde som sprøytes av gangen [m] i en tabell, omformet fra figur 3.2 i NTNU-Anleggsdrift (1999))
- Tid til sprøyting, basis [h/m^3] (bruker Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2] og Tykkelse sprøytebetong [m] i en tabell, omformet fra figur 3.2 i NTNU-Anleggsdrift (1999))
- Tid sprøyting, korrigert av bransjen [h/m^3] (produktet av Tid sprøyting, basis [h/m^3] og Korreksjonsfaktor fra bransjen)
- Enhetstid sprøyting [h/m^3] (produktet av Tid sprøyting, korrigert av bransjen [h/m^3] og Korreksjonsfaktor for sprøytet lengde)

17 Sprøytebetong forts.

Hovedark: Modell

- **Mengde [m³]**
Mengden [m³] er produktet av Støfflengde, tidsbestemmende stoff [m] og Mengde sprøytebetong per løpemeter [m³/lm].
- **Enhetstid [h/m³]**
Enhetstiden er Enhetstid sprøyting [h/m³].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 0,2-1,0 (NTNU-Anleggsdrift, 1999).
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m³]
 - Enhetstid [h/m³]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m^3] * \left[\frac{h}{m^3}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

<p>18 Forbolting</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tiden som fremkommer i modellen inkluderer tid til rigg, boring, gysing og festing. (NTNU-Anleggsdrift, 1999)
<p>Hovedark: Tunneldata</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inndata <ul style="list-style-type: none"> - Boret salvelengde [m] - Inndriftsprosent [%]
<p>Detaljark: 18. Forbolting</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inndata <ul style="list-style-type: none"> - Tunnellengde som må forboltes [m] - Antall bolter per salve [bolt/salve] (mellom 4 og 59 bolter) - Boltelengde forbolt [m] (mellom 4 og 10 meter) - Korreksjonsfaktor fra bransjen: 1,2 (hentet fra notat fra EBA-kontaktgruppe 11.08.08) • Utdata <ul style="list-style-type: none"> - Antall salver som må forboltes [Salver]: $= \frac{\text{Tunnellengde som må forboltes}}{\text{Boret salvelengde} * \frac{\text{Inndriftsprosent}}{100}}$ <ul style="list-style-type: none"> - Korreksjonsfaktor for forboltlengde (bruker Boltelengde forbolt [m] i en lineær likning omformet fra Figur 3.4 i NTNU-Anleggsdrift (1999)) - Tid per salve, basis [h/m] (bruker Antall bolter per salve [bolt/salve] i en lineær likning omformet fra Figur 3.4 i NTNU-Anleggsdrift (1999)) - Tid per salve, korrigert av bransjen [h/m] (produktet av Tid per salve, basis [h/m] og Korreksjonsfaktor fra bransjen) - Enhetstid forbolting [h/salve] (produktet av Tid per salve, korrigert av bransjen [h/m] og Korreksjonsfaktor for boltelengde)
<p>Hovedark: Modell</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengde [salver] Mengden er Antall salver som må forboltes [salver]. • Enhetstid [h/salve] Enhetstiden er Enhetstid forbolting [h/salve]. • Tidsbestemmende faktor [tbf] Verdien er 1,0 (NTNU-Anleggsdrift, 1999) • Byggetid [uker] <ul style="list-style-type: none"> - Mengde [salver] - Enhetstid [h/salve] - Tidsbestemmende faktor [tbf] - Arbeidstid [h/uke] $\text{Byggetid [uker]} = \frac{[\text{salver}] * \left[\frac{\text{h}}{\text{salve}} \right] * [\text{tbf}]}{\left[\frac{\text{h}}{\text{uke}} \right]}$

19 Sonderboring

- Tiden som fremkommer i modellen inkluderer rigging, boring, uttrekk og stangskjøt, samt tid til lekkasjemålinger (NTNU-Anleggsdrift, 1999).

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Stufflengde, tidsbestemmende stuff [m]*
 - *Sonderboring [Ja, Nei]*
 - *Arbeidstid [h/uke]*

Detaljark: 19. Sonderboring

- **Inndata**
 - *Andel tunnellengde som skal sonderbores [%]* (modellen anbefaler 20 % ved standard tunnel, og 100 % ved undersjøisk tunnel)
 - *Antall sonderhull [stk]*
 - *Lengde sonderhull [m]*
 - *Lengde overlapp [m]*
 - *Antall maskiner [stk]* (1 eller 2)
- **Utdata**
 - *Antall boremeter per lengdemeter [bm/m]* (se likning 33)
 - *Enhetstid sonderboring [h/bm]* (finnes ved å bruke *Antall boremeter per lengdemeter [bm/m]* i en tabell. Tabellen er en omforming av *Figur 3.5* fra NTNU-Anleggsdrift (1999))

Hovedark: Modell

- **Mengde [bm]**
Mengden er produktet av Stufflengde, tidsbestemmende stuff [m] og Antall boremeter per lengdemeter [bm/m].
- **Enhetstid [h/bm]**
Enhetstiden er Enhetstid sonderboring [h/bm].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [bm]
 - Enhetstid [h/bm]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[\text{bm}] * \left[\frac{\text{h}}{\text{bm}} \right] * [\text{tbf}]}{\left[\frac{\text{h}}{\text{uke}} \right]}$$

20 Kjerneboring

- Tiden som fremkommer i modellen inkluderer rigg, boring, inn- og utkjøring av borestreng, tid til avviksmåling, spyling, montering og tømning (NTNU-Anleggsdrift, 1999).

Detaljark: 20. Kjerneboring

- **Inndata**
 - Totalt antall boremeter [bm]
 - Lengde på hvert hull [m] (17-120 meter)
 - Avviksforhold [Enkle, Normale, Kompliserte]
- **Utdata**
 - Enhetstid kjerneboring [h/bm] (finnes ved å bruke verdien for Lengde på hvert hull [m] og Avviksforhold i en tabell. Tabellen er en omforming av Figur 3.6 fra NTNU-Anleggsdrift (1999))

Hovedark: Modell

- **Mengde [bm]**
Mengden er Totalt antall boremeter [bm].
- **Enhetstid [h/bm]**
Enhetstiden er Enhetstid kjerneboring [h/bm].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 0,2 (NTNU-Anleggsdrift, 1999).
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [bm]
 - Enhetstid [h/bm]
 - Tidsbestemmende faktor
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[\text{bm}] * \left[\frac{\text{h}}{\text{bm}} \right] * [\text{tbf}]}{\left[\frac{\text{h}}{\text{uke}} \right]}$$

21 Injeksjon

- Tiden som fremkommer i modellen inkluderer tid til pumping, montering av pakkere, skifting av slanger med mer, forutsetter sementbasert forinjeksjon under høye trykk (NTNU-Anleggsdrift, 1999).

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2]
 - Stuffle lengde, tidsbestemmende stoff [m]
 - Arbeidstid [h/uke]

Detaljark: 21. Injeksjon

- **Inndata**
 - Gjennomsnittlig mengde tørrsement per løpemeter tunnel [kg/m]
 - Antall pumpelinjer [stk]
 - Antall boremaskiner [stk]
 - Injisering gjøres [Parallelt med, Etter skjerm boring]
- **Utdata**
 - Tid til injisering [h/m] (finnes ved å bruke Gjennomsnittlig mengde tørrsement per løpemeter tunnel [kg/m] i en lineær likning omformet fra Figur 3.7 i NTNU-Anleggsdrift (1999))
 - Korreksjonsfaktor (avhengig av Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2], Antall pumpelinjer [stk] og Injisering gjøres [Parallelt med, Etter skjerm boring]. Blir funnet i tabeller omformet fra Figur 3.8 og 3.9 i NTNU-Anleggsdrift (1999))
 - Enhetstid injeksjon [h/m] (produktet av Tid til injisering [h/m] og Korreksjonsfaktor)

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengen er Stuffle lengde, tidsbestemmende stoff [m].
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden er Enhetstid injeksjon [h/m].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 0,6-0,7 (NTNU-Anleggsdrift, 1999)
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

22 Armerte sprøytebetongbuer

- Sprøytebetongbuer kan benyttes som permanent stabilitetssikring, utført enkeltvis som lokal forsterkning, systematisk i svakhetssoner med stor utstrekning, bak stuff, nær stuff eller inntil stuff.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Buelengde normalprofil [m]*
 - *Arbeidstid [h/uke]*

Detaljark: 22. Armerte sprøytebetongbuer

- **Inndata**
 - *Buebredde [m]* (i tunnelens lengderetning)
 - *Avstand mellom buene (cc) [m]*
 - *Buetykkelse [m]* (i radiell retning)
 - *Faktor for ekstra volum med sprøytebetong*
 - *Antall bolter per meter bue [bolt/m]*
 - *Antall braketter per bolt [stk/bolt]*
 - *Antall armeringsjern per brakett [stk]*
 - *Enhetstid per bolt [min/bolt]*
 - *Andel bolter som må settes nye til buene [%]*
 - *Enhetstid per brakett [min/stk]*
 - *Enhetstid per armeringsjern per brakett [min/stk]*
 - *Enhetstid sprøytebetong [m³/h]*
 - *Samtidighetsfaktor ved mange påfølgende buer*
- **Utdata**
 - *Volum med sprøytebetong per meter bue [m³/m-bue]* (produktet av *Buebredde [m]*, *Buetykkelse [m]* og *Faktor for ekstra volum med sprøytebetong*)
 - *Antall buer per meter tunnel [buer/m]* (1 dividert med *Avstand mellom buene [m]*)
 - *Boltetid per buemeter [h/bue-m]* (produktet av *Antall bolter per meter bue [bolt/m]*, *Enhetstid per bolt [min/bolt]* og *Andel bolter som må settes nye til buene [%]*, dividert med 60)
 - *Tid til brakettmontering per buemeter [h/bue-m]* (produktet av *Antall bolter per meter bue [bolt/m]*, *Antall braketter per bolt [stk/bolt]* og *Enhetstid per brakett [min/stk]*, dividert med 60)
 - *Tid til montering av armeringsjern per buemeter [h/bue-m]* (produktet av *Antall bolter per meter bue [bolt/m]*, *Antall braketter per bolt [stk/bolt]*, *Antall armeringsjern per brakett [stk/stk]* og *Enhetstid per armeringsjern [min/stk]*, dividert med 60)
 - *Tid til sprøytebetong per buemeter [h/bue-m]* (*Volum med sprøytebetong per buemeter [m³/bue-m]* dividert med *Enhetstid sprøytebetong [m³/h]*)
 - *Enhetstid per buemeter [h/bue-m]* (summen av de fire foregående enhetstidene)
 - *Enhetstid per bue [h/bue]* (produktet av *Enhetstid per buemeter [h/bue-m]* og *Buelengde [m]*)
 - *Enhetstid, ukorrigert for tidsbestemmende faktor [h/m]* (*Enhetstid per bue [h/bue]* dividert med *Avstand mellom buene [m]*)
 - *Enhetstid per meter tunnel med buer [h/m]* (produktet av *Enhetstid, ukorrigert for tidsbestemmende faktor [h/m]* og *Samtidighetsfaktor ved mange påfølgende buer*)

22 Armerte sprøytebetongbuer forts.

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden [m] er andel av tunnallengde som skal utføres med sprøytebetongbuer, dette fylles direkte inn.
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden er Enhetstid per meter tunnel [h/m].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

23 Full utstøping

- Basis støpelengde er satt til 6,0 m og kapasitet gjelder for full treningseffekt (NTNU-Anleggsdrift, 1999).

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2]
 - Arbeidstid [h/uke]

Detaljark: 23. Full utstøping

- **Inndata**
 - Det skal utføres [Enkel utstøping på stoff, Enkel utstøping bak stoff, Kontinuerlig utstøping bak stoff]
 - Betongtykkelse [cm]
 - Støpelengde [m] (fylles inn i hovedarket Modell)
 - Korreksjonsfaktor fra bransjen: 2 (ved støpelengder mellom 0 og 10 meter) (hentet fra notat fra EBA-kontaktgruppe 11.08.08)

Detaljark: 23. Full utstøping

- **Utdata**
 - Tid utstøping, basis [h/m] (finnes ved å bruke Det skal utføres [Enkel utstøping på stoff, Enkel utstøping bak stoff, Kontinuerlig utstøping bak stoff], Betongtykkelse [cm] og Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2] i en tabell. Tabellen er en omforming av Figur 3.10 i NTNU-Anleggsdrift (1999))
 - Enhetstid utstøping [h/m] (produktet av Tid utstøping, basis [h/m] og Korreksjonsfaktor fra bransjen)

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden fylles direkte inn.
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden er Enhetstid utstøping [h/m].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 0,6-0,7 (NTNU-Anleggsdrift, 1999).
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

24 Frysing

- Tid til frysing avhenger av kompleksitet og lengde av fryseseone (NTNU-Anleggsdrift, 1999).

Hovedark: Modell

- **Mengde [RS]**
Mengde fylles ikke inn.
- **Enhetstid [uker]**
Enhetstiden fylles direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Modellen anbefaler verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Enhetstid [uker]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]

$$\text{Byggetid [uker]} = [\text{uker}] * [\text{tbf}]$$

25 Svakhetssoner

- Svakhetssoner kan føre til økt tidsbruk.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Arbeidstid [h/uke]*

Hovedark: Modell

- **Mengde [stk]**
Mengden fylles direkte inn, og er antall svakhetssoner [stk].
- **Enhetstid [h/stk]**
Enhetstiden fylles direkte inn, og er tidsbruk per svakhetsone [h/stk].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Modellen anbefaler verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [stk]
 - Enhetstid [h/stk]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[\text{stk}] * \left[\frac{\text{h}}{\text{stk}} \right] * [\text{tbf}]}{\left[\frac{\text{h}}{\text{uke}} \right]}$$

Tabell 4 Omrigg, post 26.

Postnr.	Post	Mengde	Enhetstid	Tidsbestemmende faktor
26	Omrigg fra driving til komplettering	m	m/h	1,0

26 Omrigg fra driving til komplettering
<p>- Tidsavhengig av tid brukt til nedrigg av drivefunksjoner og tilrigg av kompletteringsfunksjoner.</p>
<p>Hovedark: Tunneldata</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inndata <ul style="list-style-type: none"> - <i>Arbeidstid, driving [h/uke]</i> - <i>Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m]</i>
<p>Hovedark: Modell</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengde [m] <i>Mengden blir funnet av Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m].</i> • Enhetstid [m/h] <i>Enhetstiden settes direkte inn.</i> • Tidsbestemmende faktor [tbf] <i>Verdien er 1,0.</i> • Byggetid [uker] <ul style="list-style-type: none"> - Mengde [m] - Enhetstid [m/h] - Tidsbestemmende faktor [tbf] - Arbeidstid [h/uke] $\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m]}{\left[\frac{m}{h}\right]} * \frac{[tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$

Vedlegg E – Analyse av tidligere utgave av ekvivalenttidsmodell

Tabell 5 Vann- og frostsikring, post 27 - 30.

Postnr.	Post	Mengde	Enhetstid	Tidsbestemmende faktor
27	Betonghvelv av betongelementer	m	h/m	1,0
28	PE-skum med sprøytebetong	m	h/m	1,0
29	Kombinerte løsninger	m	h/m	1,0
30	Luftport eller annen port	RS	uker	1,0

27 Betonghvelv av betongelementer

- Tiden som fremkommer i modellen inkluderer etablering av fundament for betonghvelv og montering av vegg- og takelementer. Det er forutsatt bruk av optimalisert utstyr og høy treningseffekt. Montering av duk og etterarbeid på element er ikke tidsbestemmende og derfor ikke inkludert her. (NTNU-Anleggsdrift, 1999)

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2]
 - Støfflengde, tidsbestemmende stoff [m]
 - Arbeidstid [h/uke]

Detaljark: 27-29. Vann- og frostsikring

- **Inndata**
 - Tidsbestemmende faktor for Enhetstid, fundament (anbefalt verdi i modellen: 0,1)
 - Tidsbestemmende faktor for Enhetstid, vegg (anbefalt verdi i modellen: 0,02)
 - Tidsbestemmende faktor for Enhetstid, tak (anbefalt verdi i modellen: 1,0)
- **Utdata**
 - Enhetstid, fundament [h/m] (fylles inn av bruker og multipliseres deretter med Tidsbestemmende faktor for Enhetstid, fundament)
 - Enhetstid, vegg [h/m] (finnes ved å bruke Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2] i en tabell, omformet fra Figur 4.1 i NTNU-Anleggsdrift (1999). Multipliseres deretter med Tidsbestemmende faktor for Enhetstid, vegg)
 - Enhetstid, tak [h/m] (finnes ved å bruke Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2] i en tabell, omformet fra Figur 4.1 i NTNU-Anleggsdrift (1999). Multipliseres deretter med Tidsbestemmende faktor for Enhetstid, tak)
 - Enhetstid, betongelementer [h/m] (summen av Enhetstid, fundament [h/m], Enhetstid, vegg [h/m] og Enhetstid, tak [h/m])

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden er Støfflengde, tidsbestemmende stoff [m].
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden er Enhetstid, betongelementer [h/m].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [$uker$]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

28 PE-skum med sprøytebetong

- Tiden som fremkommer i modellen er kapasitet for montering av PE-skumplater i hele tverrsnittet, med forutsatt boltemønster på 1,2 m x 1,2 m (NTNU-Anleggsdrift, 1999).

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2]*
 - *Arbeidstid [h/uke]*

Detaljark: 27-29. Vann- og frostsikring

- **Inndata**
 - *Skal det brukes armeringsmatter [Ja, Nei]*
 - *Tidsbestemmende faktor for bolteboring* (anbefalt verdi i modellen: 0,3)
 - *Tidsbestemmende faktor for montering av bolter* (anbefalt verdi i modellen: 0,7)
 - *Tidsbestemmende faktor for montering av PE-skum* (anbefalt verdi i modellen: 1,0)
 - *Tidsbestemmende faktor for nettarmering* (anbefalt verdi i modellen: 0,7)
 - *Tidsbestemmende faktor for sprøytebetong* (anbefalt verdi i modellen: 1,0)
 - *Korreksjonsfaktor fra bransjen: 0,5* (hentet fra notat fra EBA-kontaktgruppe 11.08.08)
- **Utdata**
 - *Enhetstid, bolteboring [h/m]* (finnes ved å bruke *Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2]* i en tabell, omformet fra *Figur 4.3* i NTNU-Anleggsdrift (1999). Multipliseres deretter med *Tidsbestemmende faktor for bolteboring*)
 - *Enhetstid, montering av bolter [h/m]* (finnes ved å bruke *Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2]* i en tabell, omformet fra *Figur 4.3* i NTNU-Anleggsdrift (1999). Multipliseres deretter med *Tidsbestemmende faktor for montering av bolter*)
 - *Enhetstid, montering av PE-skum [h/m]* (finnes ved å bruke *Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2]* i en tabell, omformet fra *Figur 4.3* i NTNU-Anleggsdrift (1999). Multipliseres deretter med *Tidsbestemmende faktor for montering av PE-skum*)
 - *Enhetstid, nettarmering [h/m]* (avhengig av *Skal det brukes armeringsmatter [Ja / Nei]*). Finnes ved å bruke *Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2]* i en tabell, omformet fra *Figur 4.3* i NTNU-Anleggsdrift (1999). Multipliseres deretter med *Tidsbestemmende faktor for nettarmering*)
 - *Enhetstid, sprøytebetong [h/m]* (finnes ved å bruke *Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2]* i en tabell, omformet fra *Figur 4.3* i NTNU-Anleggsdrift (1999). Multipliseres deretter med *Tidsbestemmende faktor for sprøytebetong*)
 - *Tid PE, basis [h/m]* (summen av *Enhetstid, bolteboring [h/m]*, *Enhetstid, montering av bolter [h/m]*, *Enhetstid, montering av PE-skum [h/m]*, *Enhetstid, nettarmering [h/m]* og *Enhetstid, sprøytebetong [h/m]*)
 - *Enhetstid PE, korrigert [h/m]* (produktet av *Tid PE, basis [h/m]* og *Korreksjonsfaktor fra bransjen*)

28 PE-skum med sprøytebetong forts.

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden fylles direkte inn.
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden er Enhetstid PE, korrigert [h/m].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

29 Kombinerte løsninger

- Tiden som fremkommer i modellen er kapasitet for montering av en kombinert løsning, hvor de aktuelle delløsningene som inngår beregnes (NTNU-Anleggsdrift, 1999).

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2]
 - Arbeidstid [h/uke]

29 Kombinerte løsninger forts.

Detaljark: 27-29. Vann- og frostsikring

• **Inndata**

- *Skal det brukes armeringsmatter [Ja, Nei]*
- *Tidsbestemmende faktor for fundament for hvelv (anbefalt verdi i modellen: 0,1)*
- *Tidsbestemmende faktor for bolteboring (anbefalt verdi i modellen: 0,3)*
- *Tidsbestemmende faktor for montering av bolter (anbefalt verdi i modellen: 0,7)*
- *Tidsbestemmende faktor for skinnemontering (anbefalt verdi i modellen: 0,7)*
- *Tidsbestemmende faktor for montering av PE-skum (anbefalt verdi i modellen: 1,0)*
- *Tidsbestemmende faktor for armeringsmatter (anbefalt verdi i modellen: 0,7)*
- *Tidsbestemmende faktor for sprøytebetong (anbefalt verdi i modellen: 1,0)*
- *Tidsbestemmende faktor for veggelementer (anbefalt verdi i modellen: 1,0)*

• **Utdata**

- *Enhetstid, fundament for hvelv [h/m] (finnes ved å bruke Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2] i en tabell, omformet fra Figur 4.2 i NTNU-Anleggsdrift (1999). Multipliseres deretter med Tidsbestemmende faktor for fundament for hvelv)*
- *Enhetstid, bolteboring [h/m] (finnes ved å bruke Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2] i en tabell, omformet fra Figur 4.2 i NTNU-Anleggsdrift (1999). Multipliseres deretter med Tidsbestemmende faktor for bolteboring)*
- *Enhetstid, montering av bolter [h/m] (finnes ved å bruke Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2] i en tabell, omformet fra Figur 4.2 i NTNU-Anleggsdrift (1999). Multipliseres deretter med Tidsbestemmende faktor for montering av bolter)*
- *Enhetstid, skinnemontering [h/m] (finnes ved å bruke Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2] i en tabell, omformet fra Figur 4.2 i NTNU-Anleggsdrift (1999). Multipliseres deretter med Tidsbestemmende faktor for skinnemontering)*
- *Enhetstid, montering av PE-skum [h/m] (finnes ved å bruke Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2] i en tabell, omformet fra Figur 4.2 i NTNU-Anleggsdrift (1999). Multipliseres deretter med Tidsbestemmende faktor for montering av PE-skum)*
- *Enhetstid, armeringsmatter [h/m] (avhengig av Skal det brukes armeringsmatter [Ja / Nei]. Finnes ved å bruke Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2] i en tabell, omformet fra Figur 4.2 i NTNU-Anleggsdrift (1999). Multipliseres deretter med Tidsbestemmende faktor for armeringsmatter)*
- *Enhetstid, sprøytebetong [h/m] (finnes ved å bruke Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2] i en tabell, omformet fra Figur 4.2 i NTNU-Anleggsdrift (1999). Multipliseres deretter med Tidsbestemmende faktor for sprøytebetong)*
- *Enhetstid, veggelementer [h/m] (finnes ved å bruke Areal av teoretisk sprengningsprofil [m^2] i en tabell, omformet fra Figur 4.2 i NTNU-Anleggsdrift (1999). Multipliseres deretter med Tidsbestemmende faktor for veggelementer)*
- *Enhetstid, kombinert løsning [h/m] (summen av Enhetstid, fundament for hvelv [h/m], Enhetstid, bolteboring [h/m], Enhetstid, montering av bolter [h/m], Enhetstid, skinnemontering [h/m], Enhetstid, montering av PE-skum [h/m], Enhetstid, armeringsmatter [h/m], Enhetstid, sprøytebetong [h/m] og Enhetstid, veggelementer [h/m])*

29 Kombinerte løsninger forts.

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden fylles direkte inn.
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden er Enhetstid, kombinert løsning [h/m].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

30 Luftport eller annen port

- Tiden som fremkommer i modellen er avhenger av luftportens kompleksitet (NTNU-Anleggsdrift, 1999).

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Luftport eller annen port [Ja, Nei]* (ved valget *Ja*, vil modellen anbefale en verdi på fire uker, hentet fra NTNU-Anleggsdrift (1999))

Hovedark: Modell

- **Mengde [RS]**
Mengden fylles ikke inn.
- **Enhetstid [uker]**
Enhetstiden fylles inn direkte.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Enhetstid [uker]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]

$$\text{Byggetid [uker]} = [\text{uker}] * [\text{tbf}]$$

Vedlegg E – Analyse av tidligere utgave av ekvivalenttidsmodell

Tabell 6 Vegkropp, post 31 – 34.

Postnr.	Post	Mengde	Enhetstid	Tidsbestemmende faktor
31.1	Sålerensk med total masseutskiftning	m	h/m	1,0
31.2	Sålerensk til knøl	m	h/m	1,0
31.3	Avretting av traubunn	m	h/m	1,0
32.1	Stikkrenner	m	h/m	0,2
32.2	Grøft	m	h/m	0,2
33.1	Frostsikring i vegkroppen	m	h/m	1,0
33.2	Bære-, forsterknings- og dre slag	m	h/m	0,5
33.3	Dekke	m	h/m	1,0
34	Bankett, trekkør etc.	m	h/m	1,0

31.1 Sålerensk med total masseutskiftning

- Innebærer sålerensk med etterfylling av masser til prosjektert traubunn.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Stofflengde, tidsbestemmende stuff [m]*
 - *Tunnelbredde [m]*
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*

Detaljark: 31-33. Vegkropp

- **Inndata**
 - *Korreksjonsfaktor fra bransjen*
- **Utdata**
 - *Tunnelbredde [m]*
 - *Tabell over kapasiteter [h/m] (basert på Figur 4.4 i NTNU-Anleggsdrift (1999))*
 - *Kapasitet total utskiftning [h/m] (hentet i Tabell over kapasiteter [h/m])*
 - *Underbygning, total utskiftning [h/m] (søker opp i Tabell over kapasiteter [h/m] og finner Kapasitet total utskiftning [h/m] ved Tunnelbredde [m])*
 - *Total utskiftning korrigeret [h/m] (Korreksjonsfaktor fra bransjen multiplisert med Underbygning, total utskiftning [h/m])*

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden blir funnet fra Stofflengde, tidsbestemmende stuff [m].
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden blir funnet fra Total utskiftning korrigeret [h/m].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - *Mengde [m]*
 - *Enhetstid [h/m]*
 - *Tidsbestemmende faktor [tbf]*
 - *Arbeidstid [h/uke]*

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

31.2 Sålerensk til knøl

- Innebærer sålerensk til knøl med etterfylling av masser til prosjektert traubunn.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - Tunnelbredde [m]
 - Arbeidstid, driving [h/uke]

Detaljark: 31-33. Vegkropp

- **Utdata**
 - Tunnelbredde [m]
 - Tabell over kapasiteter [h/m] (basert på Figur 4.4 i NTNU-Anleggsdrift (1999))
 - Kapasitet knølrensk [h/m] (hentet i Tabell over kapasiteter [h/m])
 - Underbygning, knølrensk [h/m] (søker opp i Tabell over kapasiteter [h/m] og finner Kapasitet knølrensk [h/m] ved Tunnelbredde [m])

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden settes direkte inn.
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden blir funnet fra Underbygning, knølrensk [h/m].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

31.3 Avretting av traubunn

- Innebærer avretting av traubunn med etterfylling av masser til prosjektert traubunn.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - Tunnelbredde [m]
 - Arbeidstid, driving [h/uke]

Detaljark: 31-33. Vegkropp

- **Utdata**
 - Tunnelbredde [m]
 - Tabell over kapasiteter [h/m] (basert på Figur 4.4 i NTNU-Anleggsdrift (1999))
 - Kapasitet avretting traubunn [h/m] (hentet i Tabell over kapasiteter [h/m])
 - Underbygning, avretting av traubunn [h/m] (søker opp i Tabell over kapasiteter [h/m] og finner Kapasitet total avretting traubunn [h/m] ved Tunnelbredde [m])

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden settes direkte inn.
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden blir funnet fra Underbygning, avretting av traubunn [h/m].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

32.1 Stikkrenner

- Inkluderer hjelpegrøftsystemer i tilfeller med mye innlekkasjer.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Stufflengde, tidsbestemmende stuff [m]*
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden blir funnet fra Stufflengde, tidsbestemmende stuff [m].
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 0,2.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

32.2 Grøft

- Forholdsvis lik utforming i alle tunnelprofil. Skal sikre et frostsikkert sjikt for diverse føringer.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m]*
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden blir funnet fra Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m].
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 0,2.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

33.1 Frostsikring i vegkroppen

- Nøyaktig utførelse og kvalitetssikring sikrer en god barriere mot potensielle frostrelaterte problemstillinger.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m]*
 - *Areal av teoretisk sprengningsprofil [m²]*
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*

Detaljark: 31-33. Vegkropp

- **Utdata**
 - *Overbygning, frostsikring [h/m]* (bruker *Areal av teoretisk sprengningsprofil [m²]* i en lineær likning omformet fra *Figur 4.5* i NTNU-Anleggsdrift (1999))

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden blir funnet fra Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m].
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden blir funnet fra Overbygning, frostsikring [h/m].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

33.2 Bære-, forsterknings- og drenslag

- For å sikre en godt utført vegbane er det viktig i det minste å dekke minimumskrav for bære-, forsterknings- og drenslag.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m]*
 - *Areal av teoretisk sprengningsprofil [m²]*
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*

Detaljark: 31-33. Vegkropp

- **Inndata**
 - *Overbygning, bære-, forsterknings- og drenslag legges i [Hel, Halv]*
- **Utdata**
 - *Overbygning, bære-, forsterknings- og drenslag [h/m] (sjekker Overbygning, bære-, forsterknings- og drenslag legges i [Hel, Halv] og bruker Areal av teoretisk sprengningsprofil [m²] i tabell omformet fra Figur 4.5 i NTNU-Anleggsdrift (1999))*

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden blir funnet fra Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m].
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden blir funnet fra Overbygning, bære-, forsterknings- og drenslag i [h/m].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 0,5.
- **Byggetid [uker]**
 - *Mengde [m]*
 - *Enhetstid [h/m]*
 - *Tidsbestemmende faktor [tbf]*
 - *Arbeidstid [h/uke]*

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

33.3 Dekke

- I norske tunneler er det mest vanlig å legge et asfaltdekke da betongdekker ikke går så godt overens med utfordringer ved det norske klimaet.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m]*
 - *Areal av teoretisk sprengningsprofil [m²]*
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*

Detaljark: 31-33. Vegkropp

- **Utdata**
 - *Overbygning, dekke [h/m]* (bruker *Areal av teoretisk sprengningsprofil [m²]* i en lineær likning omformet fra *Figur 4.5* i NTNU-Anleggsdrift (1999))

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden blir funnet fra Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m].
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden blir funnet fra Overbygning, dekke [h/m].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

34 Bankett, trekkør etc.

- Bankett skal sørge for sikker ferdsel for fotgjengere så vel som bilister.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m]*
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden blir funnet fra Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m].
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

Vedlegg E – Analyse av tidligere utgave av ekvivalenttidsmodell

Tabell 7 Elektroarbeider, post 35.

Postnr.	Post	Mengde	Enhetstid	Tidsbestemmende faktor
35	Elektroarbeider	m	h/m	0,5

35 Elektroarbeider

- Innebærer arbeider i forbindelse med fellesanlegg, ventilasjon, belysning, sikkerhetsutstyr, overvåkning og trafikkregulering.

Hovedark: Tunneldata

- **Inndata**
 - *Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m]*
 - *Arbeidstid, driving [h/uke]*
 - *Areal av teoretisk sprengningsprofil [m²]*
 - *Tunneltype [Standard, Undersjøisk]*

Detaljark: 35. Elektroarbeider

- **Inndata**
 - *Korreksjonsfaktor fra bransjen*
- **Utdata**
 - *Enhetstid dersom ikke undersjøisk [h/m] (bruker Areal av teoretisk sprengningsprofil [m²] til å finne verdi i tabell basert på Figur 4.6 fra NTNU-Anleggsdrift (1999))*
 - *Korreksjonsfaktor, 1,25 hvis undersjøisk (bruker valg av Tunneltype [Standard, Undersjøisk])*
 - *Enhetstid elektroarbeider, basis [h/m] (produktet av Enhetstid dersom ikke undersjøisk [h/m] og Korreksjonsfaktor, 1,25 hvis undersjøisk)*
 - *Enhetstid elektroarbeider, korrigert [h/m] (produktet av Enhetstid elektroarbeider, basis [h/m] og Korreksjonsfaktor for bransjen)*

Hovedark: Modell

- **Mengde [m]**
Mengden blir funnet fra Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m].
- **Enhetstid [h/m]**
Enhetstiden blir funnet fra Enhetstid elektroarbeider, korrigert [h/m].
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 0,5.
- **Byggetid [uker]**
 - Mengde [m]
 - Enhetstid [h/m]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]
 - Arbeidstid, driving [h/uke]

$$\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m] * \left[\frac{h}{m}\right] * [tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$$

Vedlegg E – Analyse av tidligere utgave av ekvivalenttidsmodell

Tabell 8 Nedrigg, testing og overtakelse, post 36 – 39.

Postnr.	Post	Mengde	Enhetstid	Tidsbestemmende faktor
36	Nedrigg	m	m/h	1,0
37	Opprydding	RS	Uker	1,0
38	Testing	RS	Uker	1,0
39	Overtakelse	RS	Uker	1,0

36 Nedrigg
<p>- Nedrigging av anlegg som har vært brukt i løpet av prosjektutførelsen.</p>
<p>Hovedark: Tunneldata</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inndata <ul style="list-style-type: none"> - <i>Arbeidstid, driving [h/uke]</i> - <i>Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m]</i>
<p>Hovedark: Modell</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengde [m] <i>Mengden blir funnet av Stofflengde, tidsbestemmende stoff [m].</i> • Enhetstid [m/h] <i>Enhetstiden settes direkte inn.</i> • Tidsbestemmende faktor [tbf] <i>Verdien er 1,0.</i> • Byggetid [uker] <ul style="list-style-type: none"> - Mengde [m] - Enhetstid [m/h] - Tidsbestemmende faktor [tbf] - Arbeidstid [h/uke] $\text{Byggetid [uker]} = \frac{[m]}{\left[\frac{m}{h}\right]} * \frac{[tbf]}{\left[\frac{h}{uke}\right]}$

37 Opprydding

- Innebærer opprydding av hele anleggsområdet og håndtering av overskuddsmaterialer og avfall.

Hovedark: Modell

- **Mengde [RS]**
Mengden fylles ikke inn.
- **Enhetstid [uker]**
Enhetstid settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0
- **Byggetid [uker]**
 - Enhetstid [uker]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]

$$\text{Byggetid [uker]} = [\text{uker}] * [\text{tbf}]$$

38 Testing

- Denne prosessen innebærer funksjonstesting og utvidede tester for å avdekke risikomomenter i driftsfasen, og hvordan man håndterer eventuelle hendelser.

Hovedark: Modell

- **Mengde [RS]**
Mengden fylles ikke inn.
- **Enhetstid [uker]**
Enhetstid settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0
- **Byggetid [uker]**
 - Enhetstid [uker]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]

$$\text{Byggetid [uker]} = [\text{uker}] * [\text{tbf}]$$

39 Overtakelse

- Innebærer sluttbefaringer og overlevering med all dokumentasjon redegjort for.

Hovedark: Modell

- **Mengde [RS]**
Mengden fylles ikke inn.
- **Enhetstid [uker]**
Enhetstid settes direkte inn.
- **Tidsbestemmende faktor [tbf]**
Verdien er 1,0
- **Byggetid [uker]**
 - Enhetstid [uker]
 - Tidsbestemmende faktor [tbf]

$$\text{Byggetid [uker]} = [\text{uker}] * [\text{tbf}]$$