

Byggetid for tunneler

Utvikling av beregningsmodeller for byggetid
for vei og jernbanetunneler.

Espen Aasen Lima

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2017

Hovedveileder: Amund Bruland, IBM

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Oppgavens tittel:	Dato:11.06.2017
Byggetid for tunneler – Utvikling av beregningsmodeller for byggetid for vei og jernbanetunneler.	Antall sider (inkl. bilag): 106
	Masteroppgave
Navn: Espen Aasen Lima	
Veiledere: Amund Bruland og Pål Drevland Jakobsen	

<p>Abstrakt:</p> <p>Denne rapporten beskriver bakgrunnsarbeidet i utvikling av estimeringsverktøy for byggetid i tunneler. Det er utviklet en ny modell for estimering av byggetid for jernbanetunneler. Det er også blitt videreutviklet en estimeringsmodell for veitunneler.</p> <p>Modellene er like i den form av at de bruker statistiske data fra virkelige prosjekter som datagrunnlag. Begge modellene er ment til bruk i prosjekteringsfasen. Fordi modellene er basert på statistiske data vil innsetting av data fra flere prosjekter gjøre data fra pr gjøre estimatene sikrere.</p> <p>Det er også undersøkt om opprinnelig byggetid for vei-og jernbanetunneler er realistisk. Resultater indikerer at mange tunnelprosjekter har for kort byggetid. Kort byggetid kan føre til dårlig HMS og ulykker.</p>

Stikkord:

1. Byggetid
2. Estimeringsverktøy
3. Veitunneler
4. Jernbanetunneler

(sign.)

Forord

Denne masteroppgave er skrevet i emnet TBA4935 Anleggsteknikk ved Institutt for bygg- og miljøteknikk (tidligere BAT) ved NTNU. Oppgaven ble skrevet i vårsemesteret 2017 og tilsvarer en belastning på 30 studiepoeng.

Temaet i oppgaven er byggetid for vei- og jernbanetunneler. Hovedmålet med rapporten er å presentere to modeller for estimering av byggetid. Modellene er tiltenkt bruk i prosjekteringsfasen. Modellen for veitunneler er en videreutvikling av en tidligere modell. Jernbanemodellen er utviklet gjennom arbeidet i denne masteroppgaven.

Jeg vil takke alle som har hjulpet meg med innsending av data til oppgaven min, det settes pris på. Jeg vil også takke de som hjalp til litt ekstra; Jan Lima i Hæhre, Roar Johansen i Bane Nor ved *Farriseidet-Porsgrunn* utbyggingen, Ole Jørgen Aakre og Jørn Gjennestad i Veidekke på *E134 Damåsen-Tislegård*. Til slutt vil takke mine veiledere Pål Drevland Jakobsen og Amund Bruland for veiledning og råd til oppgaven.

Trondheim 11. juni 2017

Espen Aasen Lima

Sammendrag

Denne masteroppgaven redegjør for arbeidet med to estimeringsmodeller for byggetid i konvensjonelt drevne tunneler. En for veitunneler og en for jernbanetunneler. Modellene er oppbygd på samme måte ved at det er statistiske data fra virkelige prosjekter som er grunnlaget. Modellene er ment å brukes i en prosjekteringsfase. Den ene modellen kalt Tidligfasemodellen for veitunneler er videreutviklet fra en modell som ble laget i 2014. Tidligfasemodellen for jernbanetunneler er produsert i denne masteroppgaven.

I tillegg til arbeidet med estimeringsverktøy er det blitt undersøkt om opprinnelig byggetid for en rekke vei- og jernbanetunneler her i landet er realistisk. I utsendt spørreskjema har 40% av respondentene svart at byggetiden er for kort. Et resultat av for kort byggetid er overlappende aktiviteter. Det fører til flere folk og maskiner i tunnelen samtidig. Konsekvens av dette er dårlig luftkvalitet og generelt svekket HMS.

Litteraturstudien har inneholdt kartlegging av norsk tunnelbransje og tunnelforhold.

Til informasjonsinnhenting har kontakt opp mot pågående eller fullførte prosjekter vært hovedkilde. Det er blitt innhentet informasjon fra fremdriftsplaner og utsendt spørreskjema. To feltbesøk er blitt gjennomført på to pågående tunnelprosjekter. I tillegg har intervju og samtaler med personer fra bransjen vært en viktig kilde til informasjon.

Modellene gir gode resultater så lenge de brukes på riktig måte. Det er likevel en mulighet for forbedring ved at data fra nye prosjekter føres inn. Dette gjelder spesielt for Tidligfasemodellen for jernbane.

Tidligfasemodellen for veitunneler inneholder alle de kritiske aktivitetene i byggingen av tunnel. På det nåværende tidspunkt inneholder Tidligfasemodellen for jernbanetunneler ikke aktiviteter etter vann- og frostsikring. Ved utvikling av jernbanemodellen med kan det bli mulig å inkludere alle hovedaktivitetene for jernbanetunneler.

Summary

This report presents the development of two estimation models for construction time in conventional tunnelling. There is one model for construction of road tunnels and one for railway tunnels. The models are both based on statistical data from current road and railway projects. Projected purpose for both models is estimation of construction time in the early stages of projects (Early Phase Models). The model for road tunnels is a development of an earlier model made in 2014. The model for railway tunnels is produced exclusively during the work with this thesis.

In addition to producing estimations models, construction time in itself has been looked into. Results from questionnaire indicate that 40% of the projects in contact had insufficient construction time. The consequence of insufficient construction time is more simultaneous work tasks in the tunnel. The consequence can be alarming air quality and HSE issues for the workers.

The literature study has been focused on obtaining information about Norwegian tunnel industry. In gathering information and data, contacting previous or current tunnelling projects have been critical. The staffs of several tunnelling projects in Norway has shared information to assistance this report. Information required where time schedules of work tasks along with answering a questionnaire. Field study has also been a method of gaining information as two on going tunnel projects where visited. Last method implemented in the report was interview/communication with people in the tunnelling industry. Interaction has been with both clients and contractors.

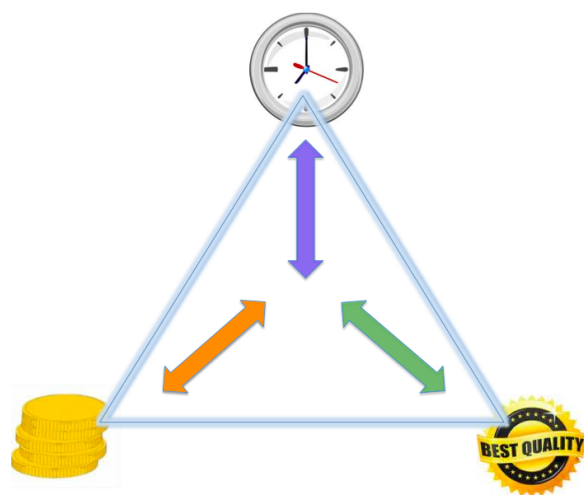
It is expected that the models in the current state present decent results as long as they are used the proper way. However there is still room for improvement, through implementing new data into the models. Especially the railway model would benefit that. Currently the road model includes all critical operations for completion of the tunnel. The railway model at the present state does not include the operations after the instalment of water and frost protection. By further developing the model with other railway projects it can include all critical operations.

Innholdsfortegnelse

FORORD	III
SAMMENDRAG	V
SUMMARY	VII
1. INNLEDNING.....	1
1.1 BAKGRUNN FOR OPPGAVEN	3
1.2 FORMÅL	3
1.3 BEGREPSFORKLARING.....	4
2. METODE.....	5
2.1 FORSKNINGSMETODER.....	5
2.2 DATAINNSAMLING	7
2.3 BEARBEIDING AV DATA.....	11
2.4 FEILKILDER	14
2.5 KVALITETSSIKRING AV DATA	16
3. TEORI	17
3.1 GANTT DIAGRAM	17
3.2 EKVIVALENTTID	18
3.3 TIDLIGFASEMODELLEN FRA 2014	22
3.4 AKTIVITETENE I MODELLEN	26
4. RESULTATER	30
4.1 SPØRRESKJEMA.....	33
4.2 INTERVJU PÅ ANLEGGSBESØK	38
4.3 TIDLIGFASEMODELL FOR VEITUNNELER.....	40
4.4 TIDLIGFASEMODELL FOR JERNBANE.....	47
4.5 RESULTATER FRA INNSETTING I VEIMODELLEN.....	53
5. DISKUSJON.....	54
5.1 TIDLIGFASEMODELLEN FOR VEITUNNELER.....	55
5.2 TIDLIGFASEMODELL FOR JERNBANE.....	59
5.3 BYGGETID	60
6. OPPSUMMERING.....	63
LITTERATURLISTE	64
VEDLEGG.....	66

1. Innledning

Denne masteroppgaven i emnet TBA4935 omhandler temaet byggetid i tunneler. Bygging av tunneler er prosess med mange ulike momenter, fra reguleringsplan til klipping av snor ved åpning av tunnelen. Fordi prosessen inneholder såpass mange uavhengige ledd kan utregning av optimal byggetid være krevende. Da byggetid har mye å si for økonomi og kvalitet(HMS) er det avgjørende at den beregnede byggetiden er realistisk. Målet er ofte å bygge så fort som mulig. Det er et behov for tunnelen og ved rask byggetid stiller man det behovet så raskt som mulig.



For utregning av byggetid for tunneler er ekvivalenttidsprinsippet mest vanlig ved detaljprosjektering av anbud. Ekvivalenttidsprinsippet går ut på at byggetiden er fleksibel i forhold til usikkerhet tilknyttet mengdene fastsatt i kontrakten. Det fungerer bra i tunnelbransjen hvor det er usikre grunnforhold og bergkvalitet (Grøv, Nilsen, & Haug, 2012). Hvis tunnelen krever mer sikring eller injeksjon enn antatt i kontrakten skal entreprenør få ekstra tid på å bygge som samsvarer med de økte injeksjonsmengdene.

Som komplimentering til ekvivalenttidsregnskap ble det i 2014 utviklet en modell ved bruk i tidligfase (Tidligfasemodellen) av prosjekter. Modellen ble laget i tilknytning til masteroppgaven *Byggetid for vegtunneler* (Stoltenberg & Hedenstad, 2014).

Tidligfasemodellen er tiltenkt bruk før det foreligger konkurransegrunnlag med mengder. Tidligfasemodellen er blitt revidert og videreutviklet i denne rapporten. Modellens grunnlag er fremdriftsplaner fra 25 tunnelprosjekter ferdigstilt eller i oppstartfase våren 2014. Mye av

arbeidet i denne rapporten omfatter innsetting av nye fremdriftsplaner. De fleste – men ikke alle er tunneler med oppstart etter masteren fra 2014. I tilknytting til denne masteroppgaven er det også utviklet et nytt estimeringsverktøy for byggetid i jernbanetunneler. Datagrunnlaget er på nåværende tidspunkt litt tynt, men modellen kan være et godt utgangspunkt eller grunnlag for videreutviklede estimeringsverktøy.

Denne rapporten omhandler tunneler som utelukkende er bygget med konvensjonell driving. Den inneholder ikke tunneler drevet med TBM (tunnelboremaskin) eller andre metoder.

1.1 Bakgrunn for oppgaven

I forbindelse med masteroppgave innen anleggsteknikk i 2014 ble det utviklet/videreutviklet tre estimeringsverktøy for byggetid i veitunneler. De er beregnet på bruk tre forskjellige stadier i prosjektprosessen. Grov tidligfasemodell, tidligfasemodell og ekvivalenttidsmodell. Grov tidligfase og tidligfase har det samme statistiske datagrunnlaget, men bruker dataene forskjellig. De er tenkt til bruk i henholdsvis idefasen og tidlig i prosjekteringsfasen. Grov tidligfasemodell ble vurdert til ikke å være detaljert og treffsikker nok til å utvikles videre. Derfor er det tidligfasemodellen for veitunneler som har blitt utviklet videre i denne masteren. I tillegg var det ønskelig at en lignende modell for jernbanetunneler skulle lages.

Den tredje modellen fra 2014 – ekvivalenttidsmodellen – er ment til bruk etter at mengdene i kontrakten er satt. Den baserer seg på kapasiteter og mengder. Mengdene fra kontrakten fylles rett inn i modellen og ut en mer presis byggetid enn ved de andre metodene. Det ble tidlig innsett at det som krevdes for utvikling av modellen var nye og oppdaterte kapasiteter. Da dette ble ansett som for tidkrevende ble videreutvikling av denne modellen forkastet.

1.2 Formål

Det var ønsket at Tidligfasemodellen skulle få et bedre grunnlag ved innsetting av flere tunneler i det statistiske grunnlaget. Slik kunne modellen bli mer nøyaktig, men fortsatt være enkel og brukervennlig. Det var også ønsket et lignende estimeringsverktøy for jernbanetunneler. Ved utvikling av denne modellen ble de samme framgangsmåtene som for veimodellen brukt. Fokuset har vært på brukervennlighet og treffsikkerhet i arbeidet med modellene. Hvis modellene er vanskelige og tidkrevende å bruke vil eventuelle brukere ikke sette seg inn i de. Ingen vil heller benytte seg av modeller som er unøyaktige.

I tillegg til utviklingen av modellene har det blitt sett på byggetid i vei og jernbanetunneler. Er byggetiden realistisk for vei og jernbane tunneler? Og hva er konsekvensene av at byggetiden blir feil?

1.3 Begrepsforklaring

Tabell 1 Begrepsforklaring

Begrep	Forklaring
Tidligfasemodell for veitunneler	Estimeringsmodell for byggetid i veitunneler utviklet i 2014. Modellen baserer seg på statistiske data og er oppdatert i inneværende masteroppgave. Omdøpt fra ”Tidligfasemodellen” for å unngå misforståelser.
Tidligfasemodell for jernbanetunneler	Estimeringsmodell for byggetid i jernbanetunneler utviklet i denne masteroppgaven.
Tidsbestemmende/kritisk aktivitet	Aktiviteter som ligger på kritisk linje i forhold til ferdigstillelse av prosjektet. Blir en kritisk aktivitet forsinket, blir hele prosjektet forsinket.
Kritisk linje	En sammenhengende kjede av kritiske aktiviteter fra prosjektets start til slutt.
Tidsbestemmende faktor	Faktor som brukes hvis ikke hele aktiviteten er tidsbestemmende. Hvis halve aktiviteten gir utslag på kritisk linje er faktoren 0,5.

2. Metode

Dette kapittelet avdekker hvilke forskningsmetoder som er blitt benyttet til skriving av oppgaven. I form av at mye av oppgaven handler om å videreføre andres arbeid, er det helt naturlig og nødvendig at mange av metodene til rapporten *Byggetid for vegtunneler* (Stoltenberg & Hedenstad, 2014) er blitt benyttet i denne masteroppgaven.

2.1 Forskningsmetoder

Forskningsmetoder kan i utgangspunktet inndeles i to kategorier. Kvantitere eller kvalitative metoder. Kvantitative metoder er tallbasert informasjon, som inneholder få opplysninger om mange undersøkelsesenheter (Samset, 2014). Kvalitativ informasjon er tekstlig informasjon, med mye informasjon om færre enheter. Etterprøvbarhet er ofte vanskelig for kvalitative metoder, mens det nesten er påkrevd for kvantitative metoder.

Under utarbeidelsen av denne rapporten er det brukt en rekke ulike forskningsmetoder for anskaffelse av informasjon. Først og fremst har det vært innhenting av fremdriftsplaner fra nye prosjekter som har vært hovedprioritet. I tillegg har informasjon fra personer i anleggsbransjen vært viktig for å få forståelse om de ulike aktivitetene i tunnelbransjen, hvordan prosjekter planlegges og hvordan byggetid håndteres.

Dette har vært metodene for innhenting av informasjon:

- Litteratursøk
- Innhenting av fremdriftsplaner fra vei- og jernbanetunneler
- Spørreskjema
- Intervju/dialog med fagpersoner i bransjen

En kombinasjon av kvalitative og kvantitative metoder er blitt brukt til innhenting av informasjon i denne masteroppgaven. Det er kvantitativ data i form av fremdriftsplaner. Disse kom i et relativt stort antall, men inneholder begrenset med informasjon. For at

fremdriftsplanene kunne generaliseres trengtes kvalitativ informasjon om hvert enkelt prosjekt. Til innhenting av denne informasjonen ble spørreskjemaer benyttet. Til ytterligere klarhet i tilfeller hvor innsendt informasjonen fra spørreskjemaet ikke var tilfredsstillende ble informasjonen avklart gjennom e-post eller telefonsamtaler.

Utvalg

Det ble tidlig i prosessen klart at det som gjaldt var å skaffe mange fremdriftsplaner fra tunneler bygget ved konvensjonell drift. Kontaktnettverk, veiledere og internett var hovedfremgangsmåtene for å finne prosjekter. For veiprosjekter ble blant annet Statens vegvesens hjemmeside om aktive prosjekter 2014-2017 benyttet til å finne tunneler som ikke var med i oppgaven fra 2014 (SVV, 2017b). Denne siden var nyttig da den inneholder alle prosjekter som bygges eller ferdigstilles mellom 2014 og 2017. Den eneste mangelen til siden var at den innehold kun tunneler med en kontraktsverdi på 500 millioner eller mer. Dermed kan det være tunneler som er blitt glemt gjennom rene tabber. Tunneler som jeg ikke har klart å har hørt om eller klart å finne. Jobergtunnelen på Rv. 13 er et eksempel på en slik glipp. Kontakt med ansatte i Bane Nor gjennom nettverk var måten det ble opprettet kontakt for jernbanetunneler. E-poster brukt på hjemmesidene deres gav ingen resultater. Gjennom kontakt med Trine Sagen i Bane Nor Trondheim ble det opplyst om at det kun var Dovrebanen Langset-Kleverud, Holmestrandporten og Farriseidet-Porsgrunn som var nyere prosjekter drevet med konvensjonell drift.

2.2 Datainnsamling

Dette avsnittet beskriver hvilke data som er blitt innhentet i oppgaven og hvordan de er blitt innhentet.

Litteraturstudie

Det ble høsten 2016 gjennomført en litteraturstudie tilknyttet prosjektoppgaven. I forbindelse med litteraturstudie ble det skrevet en rapport som inneholdt beskrivelse og evaluering av faglitteratur. Det var planlagt at masteroppgaven skulle omhandle det samme tema som prosjektoppgaven så mye litteratur ble funnet på høsten. Det har også vært nødvendig med supplerende litteratur innhentet våren 2017.

Det er blitt gjennomført grundige søk i både Google Scholar og BIBSYS. Metodene for tunnelbygging i Norge er særegne i forhold til utlandet. Derfor har utenlandsk litteratur i liten grad vært relevant eller har vært vanskelig å finne. Den norske tunnelmetoden ved at berget brukes som byggematerialet er sentralt i hvordan vi bygger tunneler her til lands, og mindre vanlig i land med mykere bergarter (Nilsen F., 2016).

Litteratur som har vært mest nyttig var publikasjoner fra Norsk forening for fjellsprengning, NTNU anleggsdrift og håndbøker fra Statens vegvesen. Kartlegging av norsk tunnelbransje har vært en viktig del av studien. Dette innebærer blant annet den norske kontraktsmodellen for arbeid underjord og ekvivalenttider.

E-post til nøkkelpersoner

For innhenting av fremdriftsplaner fra vei- og jernbanetunneler ble e-post benyttet for oppretting av kontakt. Prosjektledere, byggeledere, anleggsledere etc. har ofte en hektisk hverdag. E-post ble benyttet for å unngå å være for pågående. Det ble laget en mal for e-posten som ble sendt ut, men ingen e-poster var helt like. Dette kunne være en liten notis om prosjektet det gjaldt eller fordi jeg har møtt vedkommende tidligere. Da følte det naturlig å skrive mailen litt annerledes. Det ble laget to spørreskjema (Vedlegg A og B) for innhenting av supplerende informasjon. Informasjonen var enten i tilknytning til fremdriftsplanene eller

prosjektspesifikk. Det ble utformet et spørreskjema for jernbanetunneler og et for veitunneler. Spørreskjema ble som regel lagt ved som link sammen med e-post om innhenting av fremdriftsplaner. Noen ganger ble de sendt etter at vedkommende hadde innsendt fremdriftsplan.

E-post om fremdriftsplan og spørreskjema ble utsendt til både byggherrer og entreprenører. For byggherre og spesielt Statens Vegvesen var det lettvis å finne kontaktinfo på nettsidene til prosjektet. E-post ble som regel sendt til prosjektleder og byggeleder. Det er typisk at prosjektledere har mindre detaljkunnskap (og tid) til å kunne hjelpe med fremdriftsplan og spørreskjema. Som regel ble e-posten videresendt til personer som kunne. For Bane Nor (Jernbaneverket) var det ofte kontaktinformasjon på prosjektsidene, men det var ikke like lettvis å få svar. Bane Nor har også færre tunnelprosjekter som drives med konvensjonell driving, så utvalget var mindre. Det er en årsak til at det har kommet færre svar Bane Nor.

Entreprenører har også vært til stor hjelp til innsending av prosjektdata. Det er de som detaljplanlegger fremdriften, så uansett om jeg har fått data fra entreprenør eller byggherre er det som regel entreprenør som har laget planene. Da entreprenører ikke kontaktinfo har like lett tilgjengelig som byggherre har jeg brukt kontaktnettverket mitt til å innhente e-post og telefonnummer til nøkkelpersoner. Min far jobber i Hæhre, samt at jeg har hatt sommerjobb i både Hæhre og Implenia. Dette har vært til stor hjelp for å få kontakt med personer som har informasjon om pågående eller fullførte prosjekter. Entreprenører har sjeldent fremdriftsplan for elektroarbeider. Det er kun ved totalentreprise at de utfører eller har fremdriftsansvar for elektroarbeidene. Det har vært den største svakheten ved å få informasjon fra entreprenør.

Det kom inn fremdriftsplaner på under halvparten av veiprosjektene jeg sendte e-post til eller hadde annen kontakt med. En årsak var at jeg aldri fikk svar på e-posten. For mange prosjekter var det fordi entreprenør eller byggherre ikke hadde ønske eller mulighet til å dele de. For jernbane fikk jeg planer fra 2/3 av de prosjektene som hadde konvensjonell drift. I Vedlegg L ligger alle prosjektene som har blitt kontaktet. Dette er et rotete notat, men det gir oversikt over alle tunneler som ble forsøkt inkludert i oppgaven. Det er først og fremst ment for bruk til videre arbeider.

Telefonsamtaler med nøkkelpersoner i bransjen

Informasjonsinnhenting gjennom samtaler, enten det har vært i form av dialog eller intervju har vært viktig i utvikling av masteroppgaven. Det har satt sitt preg på utvikling av modellene. Jeg har fått tips til hva som er viktig og som bør sees nærmere på. Det har også vært nyttig i form av ren læring om temaet byggetid. Selv om det kanskje ikke alt kommer til direkte uttrykk i oppgaven har jeg fått ny innsikt og forståelse som har vært godt å ha med seg under utviklingen av oppgaven. Over telefon har jeg hatt samtaler med flere nøkkelpersoner i bransjen. Både fra byggherre og entreprenør siden, her representert ved Bane Nor, Hæhre og Veidekke. (Ausland, 2017) (Lima, 2017) (Gjennestad, 2017). Dette har vært til god hjelp for å belyse hvordan ting fungerer i bransjen og innhenting av informasjon som ikke finnes i faglitteratur. Prosjektspesifikk informasjon i tilknytning til utvikling av estimeringsmodellene har også blitt formidlet i samtalene.

Feltbesøk på anlegg

Det ble gjennomført anleggsbesøk på to pågående tunnelprosjekter. Et jernbaneprosjekt og et veiprojekt. Jernbaneprojektet som ble besøkt var Farriseidet-Porsgrunn, i regi av Bane Nor. Prosjektet er et stort jernbaneprojekt med fire lange tunneler og fire hovedentrepriser/grunnentrepriser. Her ble fremdriftsplaner og data om prosjektet utvekslet da disse filene var for store for e-post. Delprosjektleder Roar Johansen gav også en omvisning rundt om på anlegget.

Det ble i tillegg et besøk på Kongsberg i regi av Veidekke på prosjektet E134 Damåsen-Tislegård. Målet med anleggsbesøket var å få forståelse for byggetid som verken fagteori eller framdriftsplanene kunne gi. Samt og observere hvordan tunnelbygging foregår i praksis gjennom omvisning i Kongsbergtunnelen. På Kongsberg ble det også gjennomført et intervju med prosjektleder Ole Jørgen Aakre og avdelingsleder Jørn Gjennestad.

Kvalitativt forskningsintervju

Intervjuet ble foretatt som et kvalitativt forskningsintervju (Samset, 2014). Det vil si at intervjuet ble gjennomført på en ustrukturert måte. I forkant av intervjuet ble det laget en intervjuguide (Vedlegg E) med hvilke spørsmål/emner som var interessentene, men disse ble ikke stilt slavisk. Meningen med kvalitative intervjuer er å skape en dialog mellom intervjuer og respondent, og ikke en direkte utspørring (Sander, 2017). Dermed blir ikke respondenten tvunget til å tenke på en bestemt måte og kan svare på spørsmålet slik de selv ønsker. Man får fram respondentens egne erfaringer og synspunkter om saken.

Intervjuet ble tatt opp på en smarttelefon slik at fokus til intervjuer var på selve intervjuet og ikke på skriving av notater. Det blir i tillegg enkelt å dokumentere svarene. Opptaket ble på nesten 1 time og 15 minutter. For å forenkle tilgangen til informasjonen fra intervjuet ble alt av interesse skrevet ned i et Word dokument.

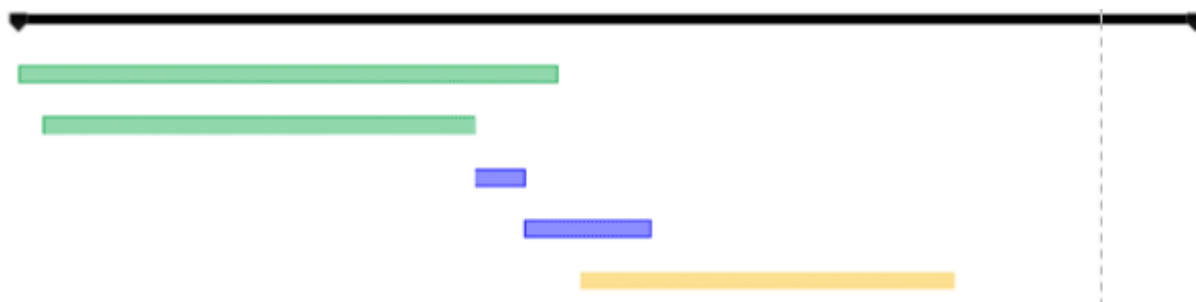
2.3 Bearbeiding av data

Dette kapitlet omtaler hvordan innhentede fremdriftsplaner og svar på spørreskjema er blitt behandlet. Metodene er benyttet for at modellen skal bli mest mulig realistisk.

Fremdriftsplaner

Hovedarbeidet med fremdriftsplanene har vært å finne varighet for de ulike aktivitetene og vurdering av hvor kritisk aktivitetene er for framdriften (tidsbestemmende faktor).

Grunnarbeider er et eksempel hvor alle aktivitetene sjeldent er på kritisk linje. Typisk er at bunnrensk er på kritisk linje for ferdigstilling av tunnelen, mens arbeid med grøftene kan overlape med vann- og frostsikringsarbeidene.

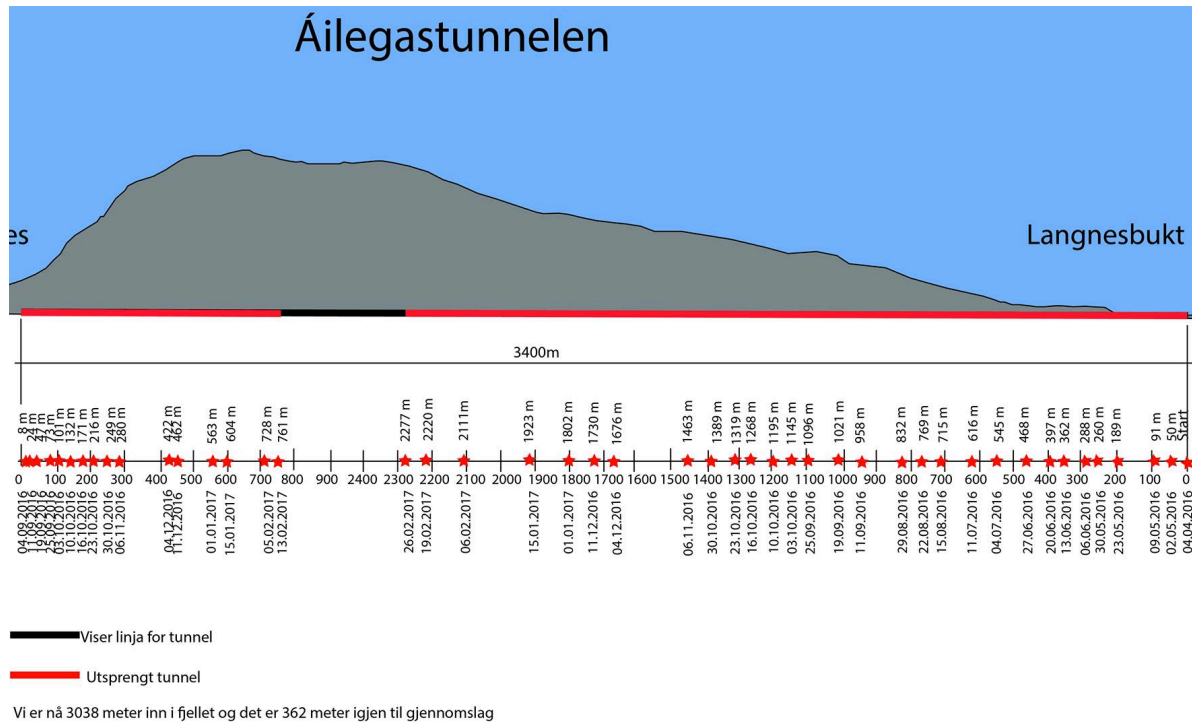


Figur 1 Eksempel fremdriftsplan

For eksempelet ovenfor er driving i grønt, grunnarbeider i blått og vann- og frostsikring i gult. Driving er i modellen definert til alltid å være kritisk ved overlapping med andre aktiviteter. Vann- og frostsikring blir valgt som kritisk hvis den overlapper med grunnarbeider. I eksempelet over vil grunnarbeider kun være kritisk i perioden mellom slutten på driving (grønt) og starten på vann- og frost (gult). Altså ha en lav tidsbestemmende faktor.

Ganske overraskende har Facebook vært et viktig hjelpemiddel for kartlegging av fremdriftsplanene, spesielt for veitunneler. Statens vegvesen legger ut mye informasjon om prosjektene sine på Facebook. Det legges ut bilder som viser de fysiske arbeidene som er utført, oversiktskart over prosjektet og illustrasjon over framdriften. Særlig for driving har Facebook sidene til prosjektene vært til god hjelp til å finne driftsopplegg og lengde på stoff(ene). Tidsbestemmende stoff er et av spørsmålene i spørreskjemaet, men i noen tilfeller

ble spørsmålet enten ikke besvart eller svaret var åpenbart feil. Lengde på tidsbestemmende stoff er essensiell for begge estimeringsmodellene. Det er derfor viktig at riktig lengde blir innsatt ved logging av fremdriftsplanene. Framstillinger som den for Áilegastunnelen nedenfor har vært nyttige:



Figur 2 Driving av Áilegastunnelen, E6 Alta vest.

Fremdriftsplanene er laget av mange ulike entreprenører. De har ofte forskjellige måter å lage fremdriftsplaner på. Noen regner reelle arbeidsdager. Det trekkes fra helg, ferier og helligdager. Andre regner en arbeidsuke som 7 dager. Det var også noen planer hvor omfanget arbeidet er beskrevet i antall timer. I modellen er det faktiske arbeidsdager som brukes og en arbeidsuke er regnet som 5 dager. Utrekning til virkelige arbeidsdager har vært omfattende for noen av planene, mens for andre har man kunnet sette tiden rett inn fra framdriftsplanen. For prosjektene hvor det trengtes utregning ble det brukt et eget Excel dokument. Det har i disse tilfellene blitt sett på start- og sluttdato. Dager det ikke jobbes på for eksempel helligdager er blitt fjernet. Det har blitt regnet med 5 ferieuken per år. Nettsiden timeanddate.no har vært et hjelpemiddel til dette arbeidet, da den kan fjerne helger og helligdager. 5 uker ferie må fjernes manuelt, hvis aktiviteten går over flere år. For eksempel ved 2 år med driving må 10 uker ferie fjernes. Etter at antall dager og tidsbestemmende faktor

er funnet for alle aktivitetene ble alle prosjektene satt inn i Excel-arket *Prosjektdata*. I henholdsvis Vedlegg G og Vedlegg I.

Det har vært forskjeller i hvor detaljerte planene har vært. Noen har fått plass på en A3 side, mens andre var betydelig større. Dette gjenspeiler ofte størrelse eller tverrfagligheten til prosjektene.

Spørreskjema

Spørreskjema ble laget i *Google Forms* hvor svarene automatisk sendes til et regneark (*Google Sheets*). Slik ble det lett å holde orden på svarene, uten å måtte manuelt sette inn svarene. Regnearkene for svar fra vei og jernbane ble kopiert og satt inn i et Excel-dokument (Vedlegg F) slik at alt ble samlet på et sted.

Spørreskjema ble brukt først og fremst for å innhente informasjon om tunnelarbeidene slik at framdriftsplanene kunne settes inn i tidligfasemodellen. Bruk av spørreskjema har vært avgjørende for å kunne normalisere prosjektene opp mot hverandre. Nedenfor vises et eksempel på hvordan informasjonen fra 7 tunneler ble registrert i Excel. Dette er kun et eksempel som viser et utdrag av hvilke tunneler og svar som er med. Resten finnes i Vedlegg F.

Tidsmerke	2. Prosjektnavn	3. Tunnelnavn	4. Tunnellengde	5. Antall løp	6. Tunnel klasse	7. Tunnelprofil	8. Geologiske forhold
10.02.2017 kl. 10.17.23	RV. 77 Tjernfjelltunnelen	Tjernfjelltunnelen	3230	1	B	T9,5	Gode
14.02.2017 kl. 07.05.29	E134 Myntbrua - Trollerudmoen	Svartåstunnelen	1470	2	E	T9,5	Middels
14.02.2017 kl. 15.17.01	E134 Gvammen-Århus	Mælefjelltunnelen	9296	1	C	T10,5	Middels
22.02.2017 kl. 17.53.04	E16 Varpe bru - Smedalsosen	Filefjelltunnelen	5750	2	B	T9,5	Gode
01.03.2017 kl. 12.13.40	Alta Vest	Åilegastunnelen	3405	1	B	T9,5	Gode
02.03.2017 kl. 08.00.06	E16 Sandvika - Skaret	Bjørnegårdtunnelen	2300	2	E	T9,5	Dårlig
10.03.2017 kl. 09.35.44	Harstadpakken	Harstadåstunnelen	1368	1	D	T10,5	Gode

Figur 3 Eksempel på hvordan informasjon fra spørreskjema ble sortert.

2.4 Feilkilder

Dette kapitlet omhandler mulige feilkilder for forskningsmetodene benyttet i oppgaven. Forhåpentligvis kan det bli lettere å håndtere de ved videre arbeid.

Litteraturstudie

Litteraturstudiets feilkilder kan være forbundet med søket. Det burde kanskje vært vurdert å brukt flere søkemotorer eller bruk av database. Det er også mulig at andre søkerord eller en annen kombinasjon av søkeord kunne gitt bedre resultater.

En feilkilde som kan ha forekommet er at litteraturen ikke er oppfattet som relevant, selv om den er det når man leser mer enn kun abstrakt/sammendrag. Det er begrenset med tid i en masteroppgave og alt kan ikke leses. Derfor kan det være at litteratur har blitt oversett. Spesielt gjelder det lange artikler eller rapporter hvor det er vanskelig å få med seg alt.

Fremdriftsplaner

Entreprenørene hadde ofte ulike metoder for å framstille fremdriftsplanene på. Dette kan være en feilkilde til korrekt registrering av informasjonen i planene. Entreprenørene hadde sine alle særegne måter å utarbeide planer på. For eksempel dette med utregning av dager/timer som er nevnt tidligere. Ikke alle var i tradisjonell Microsoft Project stil, noe som kan ha gitt rom for misforståelser eller feil i loggingen av planene. En plan var også laget i spansk MS Project. Det er forskjell i hvor komplekse og detaljerte planene er. Noen planer er ganske enkle og konsise, mens andre er mer detaljerte. For noen prosjekter som er store og tverrfaglige er det naturlig at det er mange fag som inngår i planen, ikke bare tunnel. Forskjell i utførelse av fremdriftsplaner kan føre til misforståelser eller feil i registrering og kartlegging av data fra fremdriftsplaner

Fremdriftsplaner som bommer grovt på virkelig byggetid kan være en feilkilde til et godt resultat. Så lenge forskjellene ikke er altfor store har det ikke så mye betydning. Modellen er tiltenkt bruk i en fase hvor begrenset informasjon er tilgjengelig. Det er da forventet mindre treffsikkerhet til en slik modell i forhold til et ekvivalenttidsregnskap.

Spørreskjema

Spørreskjemaene (Vedlegg A og B) fungerer som supplerende informasjon til fremdriftsplanene. De er nødvendige for at informasjonen fra planene kan kategoriseres og normaliseres opp mot hverandre. I forbindelse med spørreskjema er typiske feilkilder at respondenten misforstår spørsmålet, svarer feil eller husker feil. En årsak til dette kan være at spørsmål burde vært stilt på en annen måte slik at feil minimeres. Likevel er det menneskelig å gjøre feil, så slike feilkilder er vanskelig å eliminere fullstendig. En annen feilkilde kan være at respondenten har manglende detaljkunnskap om noen av emnene eller uttrykkene som inngår i spørreskjemaet. Spesielt for spørsmålet om lengde for tidsbestemmende stuff har det kommet inn svar som kan tyde på dette. Både for spørreskjema for vei og jernbane. I de tilfellene svaret er åpenbart feil eller ikke blitt besvart er det blitt funnet lengde på tidsbestemmende stuff gjennom andre kilder. Da gjennom prosjektdokumenter, oversiktstegninger eller på Facebook sidene til prosjektet.

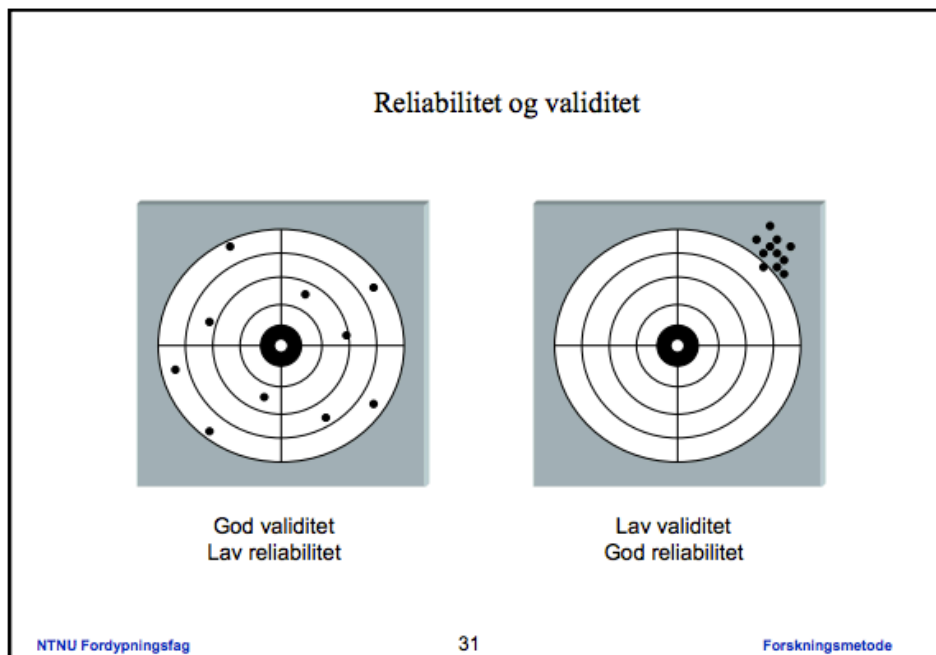
Når det har vært helt åpenbare feil for spørsmål har dette blitt sjekket med andre kilder og endret. Fikk blant annet inn et svar om at tunnelen som ble bygget var en 2-løpstunnel når det var en 1-løpstunnel. Dette er et eksempel på at det er rett og slett er svart feil. Det at jeg har hatt kontakt med både entreprenører og byggherrer har gjort at kan kryssjekkes hvis det er mistanke om at svaret ikke stemmer. For eksempel spørsmålet om arbeidstidsordning/skiftordning har vært greit å sjekke med entreprenør hvis man har mistanke om at svaret ikke er 100% rett.

Intervju/samtaler med eksperter i bransjen

Feilkilder ved intervju kan komme av måten spørsmålene stilles på. Det er viktig å unngå ledene spørsmål som skaper en forventning for hvordan den intervjuede skal svare. Foregående spørsmål kan også ha den samme effekten og dermed være en feilkilde. Misforståelser enten av det stilte spørsmålet eller i hvordan svaret oppfattes kan være betydelig feilkilde. Ren feilinformasjon eller overdrivelser er også en mulighet for feilkilder.

2.5 Kvalitetssikring av data

En kvalitetssikring av innhentet data er viktig å gjennomføre. De vanligste metodene for kvalitetssikring av data er å undersøke validiteten og reliabiliteten til informasjonen (Samset, 2014). Reliabilitet omhandler nøyaktigheten eller påliteligheten. Det er avgjørende at målingene er blitt utført på en korrekt måte for å få en god reliabilitet. Validitet eller gyldighet handler om at det du måler faktisk er det du er ute etter. Det er mulig at du finner gode data, men dataen du finner svarer ikke på problemstillingen din.



Figur 4 Reliabilitet og validitet (Samset, 2014)

Gyldighet og pålitelighet til fremdriftsplanene må undersøkes for at de kan brukes i denne rapporten. Hvis tunnelene har grunnforhold som du bare vil støte 1/100 ganger så er kanskje ikke den tunnelen så representativ at den kan brukes i modellen. Dette gjelder Mælefjelltunnelen, som har vært helt ekstrem når det gjelder vannlekaskjer og vanntrykk (NCC, 2017). Entreprenør har vært nødt til å utvikle eget utstyr kun for denne jobben. Tunnelen er blitt vurdert til å ikke tilfredsstille normale forhold og fremdriftsplanen er derfor ikke inkludert i oppgaven. Andre fremdriftsplaner har ikke blitt inkludert fordi de har vært for grove til at tilstrekkelig informasjon kan hentes ut av dem.

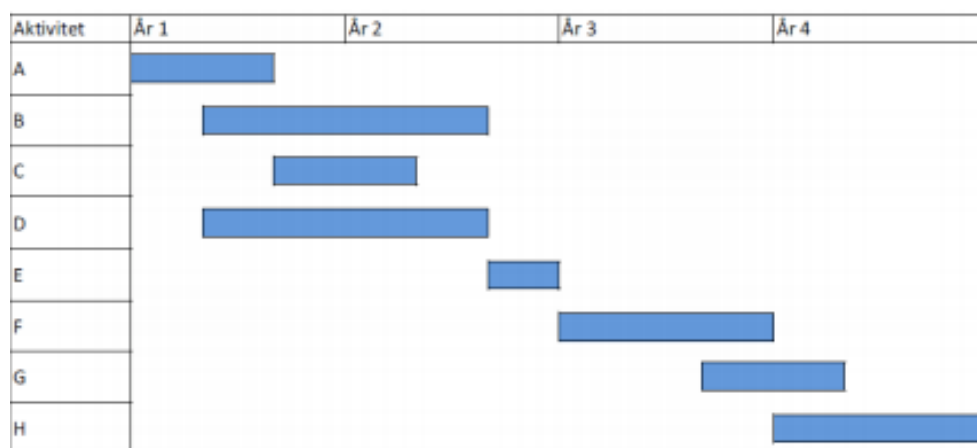
3. Teori

Teoridelen er ment å belyse de viktigste temaene for forståelse av oppgaven. Den inneholder blant annet en beskrivelse av hvordan Tidligfasemodellen for veitunneler fungerer.

Tidligfasemodellen for jernbanetunneler har likheter med veimodellen slik at teorien gjelder for den også.

3.1 Gantt diagram

Både tidligfasemodell for vei og jernbane baserer seg på fremdriftsplaner. Alle fremdriftsplanene bortsett fra en (TILOS-stil) var laget med Gantt diagram. Her brytes prosjektet ned i aktiviteter og tiden for alle aktivitetene listes i et nettverk.



Figur 5 Eksempel på Gantt diagram

I Gantt diagram vises varighet på aktiviteten på x-aksen og alle aktivitetene på y-aksen. Det er en oversiktlig måte å planlegge på, da man har oversikt over aktivitetenes start, lengde og slutt. Det er enkelt å bruke både for de med og uten teknologisk bakgrunn. Det vanligste programmet som brukes for å lage Gantt diagrammer er MS Project. Her kan man legge inn relasjoner mellom aktivitetene. I figur 5 kan det for eksempel være; aktivitet E begynner når aktivitet D er ferdig.

3.2 Ekvivalenttid

Et viktig begrep innen tunnelbygging i Norge er ekvivalenttid eller kapasiteter. (Grøv, Nilsen, & Haug, 2012). Det vil si tiden det tar for å gjøre en mengde arbeid, tiden er oppgitt i timer. Typiske mengder som brukes er stykk (stk.), m³, bormeter (bm) eller løpemeter (lm). For eksempel er 60 bm/time en vanlig kapasitet når det gjelder sonderboring. Ekvivalenttider brukes blant annet for å ta hensyn til usikkerhet i geologiske forhold.

” ‘Standard capacities’ (‘time equivalents’). Traditionally these have been set by negotiations between the contractors’ and owners’ organisations. They may be updated concurrently with technology developments, but are usually kept from contract to contract over a period of a few years. As long as they are reasonably realistic, they provide a fair tool for adjusting the construction time and completion date if the balance of ‘time equivalents’ increases more than a specified amount.”
(Grøv, Nilsen, & Haug, 2012)

Usikkerheten tilknyttet bergforhold er en viktig faktor for at ekvivalenttidsregnskap brukes for tunnelprosjekter i Norge. Det er ment å veie opp slik at den ene parten (byggherre eller entreprenør) ikke skal dra urimelige fordeler av at bergforholdene er betydelig annerledes enn antatt. Ekvivalenttid brukes av Statens Vegvesen for å beregne tilleggstid ved ekstra sikring. Trengs det mer injeksjon, flere bolter eller sikkerhetsbuer enn det står i kontrakten får man ekstra byggetid med den ekvivalente tiden det tar å utføre de ekstra mengdene. Innenfor en gitt ramme.

”Dette er et system for regulering av byggetid forårsaket av økt mengde stabilitetssikring ved stoff og arbeider foran stoff sammenlignet med kontraktens mengder. Systemet skal ikke brukes som grunnlag for å beregne total byggetid.”
(SVV, 2017a)

AKTIVITET	Mengde/time	Kontraktsmengde	Utført mengde
Stabilitetssikring ved stuff			
Driftsrensk med spett i vegger og heng	1 time / time		
Sikringsbolter med lengde til og med 5 m	12 stk / time		
Sikringsbolter med lengde over 5 m	6 stk / time		
Bånd	25 m / time		
Nett	10 m ² / time		
Sprøytebetong inkl. tilrigging og rengjøring av fjelloverflaten	6 m ³ / time		
Tillegg for Sprøytebetongbuer ekskl. sprøytebetong pr meter buer	4 m / time		
Sikringsstøp	0,1 m / time		
Ekstra betong utover gjennomsnittlig tykkelse 0,4 m	10 m ³ / time		
Halv salvelengde	0,3 stk / time		
Todelt tverrsnitt	0,3 stk / time		
Arbeider foran stuff			
Boring sonderhull og injeksjonshull	60 m / time		
Injeksjonsarbeid	1 time / time		
Sum			

Figur 6 Vegvesenets ekvivalenttider for regulering av byggetid. (SVV, 2017a)

Statens Vegvesen bruker altså ikke ekvivalenttid til utregning av total byggetid, men kun til regulering av byggetid. De har i hvert ikke kapasiteter for andre aktiviteter som entreprenøren får innsyn i.

For Bane Nor er det bruken av ekvivalenttidsregnskap annerledes. Dette er erfart fra prosjektet Farriseidet-Porsgrunn (Gjennestad & Aakre, 2017). Her fikk entreprenør oppgitt komplett ekvivalenttidsregnskap for arbeidene. Ikke bare inneholdt det kapasiteter for alle de viktigste aktivitetene. Det var også utregnet oversiktlig stuff for stuff, med estimerte mengder. Slik at det var oversiktlig å se hvor lang tid som var satt av til hver stuff. Det er ikke vist fram mengder i denne oppgaven. Det er også flere stuffer enn det som er vist. Å sette det opp på denne måten er oversiktlig og representerer fra Veidekke fortrakk denne måten (Gjennestad, 2017):

Tabell 2 Eksempel på hvordan ekvivalenttider var satt, stuff for stuff. Dette er et eksempel og inneholder ikke alle stoffene.

Tverrslagstunnel 635 m		Stuff mot Herregårdsbekken 555 m		Stuff fra tverrslag mot byggegrop 526 m	
Mengder	Tid (timer)	Mengder	Tid (timer)	Mengder	Tid (timer)

Tabell 3 Kapasiteter for aktiviteter før gjennomslag. Alle kapasitetene er i per time.

Uketimer tunneldrift og etterarbeid	101 t/uke	Kapasitet
A. Arbeider foran stoff		
Boring av sonderhull		60 bm
Boring av injeksjonshull		90 bm
Boring av injeksjonshull, kryssområde		60 bm
Injeksjonstid		1 time
Opp og nedrigging for injeksjon, inkl. plassering av pakkere		1 time/in
B. Sprengningsarbeider inkl. opplasting / transport		
Sprengning av tunnel ekskl. utvidelser	tverrslag	45 m ³
Sprengning av tunnel ekskl. utvidelser	parallell rømning	20 m ³
Sprengning av tunnel inkl. siktutvidelser	hovedtunnel	70 m ³
Sprengning med redusert salvelengde,	lengde 2-3 m	0,5 lm
tillegg til tid for sprengning	lengde < 2 m	0,4 lm
Sprengning med flerdelt tverrsnitt, tillegg til tid for sprengn.		0,3 lm
Restriksjoner for de første 50 m		1 lm
Byggherrens inspeksjon og kartlegging		1 time
C. Stabilitetssikring på stoff		
Eksrarenisk, manuell		3 tv
Eksrarenisk, maskinell		1 time
Sikringsbolter, alle typer og lengder		15 stk.
Forbolter, alle lengder		6 stk.
Bergbånd		25 m
Sprøytebetong (med og uten fiber) inkl. tilrigging		9 m ³
Sikringsbuer av sprøytebetong, armert med kamstål		0,2 stk.
Oppdeling av sikringsbue, tillegg til tid for buer		0,5 stk.
Sikringsbuer av sprøytebetong, armert med gitterbuer		0,3 stk.

Tabell 4 Kapasiteter for tunnelarbeider etter gjennomslag. Alle kapasitetene er i per time.

Arbeider etter gjennomslag i hovedtunnel	
	Kapasitet
Injeksjonstid	1 time
Bolter, uavhengig av boltelengde	30 stk.
Sprøytebetong (med og uten fiber) inkl. tilrigging og rengjøring av fjelloverflaten	16 m ³
Betongutstøping alle tverrsnitt og nisjer inkl. endesteng	0,15 lm
Ekstrabetong ved utstøping	10 m ³
Underbygning før V/F (bunnrensk, grøft, kum, rørkryss etc.)	2 lm
Vann- og frostsikring, inkl. brannsikring	1 lm
Komplettering før jernbaneteknikk. Kabelkanaler, mv	2 lm

3.3 Tidligfasemodellen fra 2014

Tidligfasemodellen ble utviklet av Erik Hedenstad og Thomas Stoltenberg i tilknytning til masteroppgave våren 2014. Det er egentlig snakk om to modeller – grov tidligfase og tidligfase – men i denne masteren er det kun blitt jobbet med tidligfasemodellen. Grunnen til dette er at de to modellene, grov tidligfase- og tidligfasemodell bruker det samme datagrunnlaget. Forskjellen er at grov tidligfase kun har to valgbare inputparametere – tunnallengde og antall tunnellop – og er ment å brukes på et enda tidligere stadiet enn tidligfasemodellen. Det er i bunn og grunn er de samme modellene, den grove er en forenklet versjon. Forskjellen er måten de sammenstiller prosjektdata på. Da der såpass like er det bare tidligfasemodellen som har blitt betraktet og skrevet om i denne masteroppgaven.

Tidligfasemodellen fra 2014 inneholder prosjektdata fra totalt 25 tunneler.

Generelt

Tidligfasemodellen er dannet på grunnlag av innhentede fremdriftsplaner fra mange ulike tunneler i regi av Statens Vegvesen, samt innspill fra fagpersoner i tunnelbransjen. Modellen deler de ulike aktivitetene i tunnelbygging opp i sju:

- Samhandlingsprosess
- Forskjæring
- Driving og sikring
- Grunnarbeider
- Vann og frostsikring
- Elektroarbeider og komplimentering
- Testing

For 4 av aktivitetene tar modellen utgangspunkt i antall arbeidstimer per uke som brukes til aktivitetene. Disse 4 er driving og sikring, grunnarbeider, vann- og frostsikring og elektro og komplimentering. Dette er gjort for å kunne sammenligne framdriften til de ulike prosjektene. Forutsatte arbeidstimer per uke er standardisert slik:

- Driving og sikring: 101 t/uke
- Grunnarbeider: 37,5 t/uke

- Vann- og frostsikring: 101 t/uke
- Elektro og komplimentering: 37,5 t/uke

Tidligfasemodellen er laget i et Excel-ark og brukerarket ser slik ut:

TIDLIGFASEMODELL, BYGGETID FOR VEGTUNNELER

Lengde og ÅDT	Bruker	
Tunnellengde i meter	2 000	
Årsdøgntrafikk (ÅDT)	5 000	
Tunnelegenskaper	Modell	Bruker
Tunnelklasse	C	
Antall løp	1	
Tunnelprofil	T10,5	
Undersjøisk	Nei	Nei
Sårbar omgivelser	Nei	Nei
Tidsbestemmende stuff	1 000	
Arbeidstider (timer/uke)	Modell	
Driving og sikring	101,0	
Grunnarbeider	37,5	
Vann- og frostsikring	101,0	
Komplettering og elektro	37,5	

ESTIMERING AV BYGGETID		
	Modell	Bruker
Samhandlingsprosess	3,0	uker
Forskjæring	4,8	uker
Driving og sikring	31,8	uker
Grunnarbeider	10,6	uker
Vann- og frostsikring	13,1	uker
Komplettering og elektro	23,5	uker
Testing	5,0	uker
TOTAL BYGGETID	91,8	uker

Figur 7 Tidligfasemodellen

Figur 7 viser modellens utseende i Excel-arket. Den er enkel å bruke da eneste inndata som kreves er tunnellengde og årsdøgntrafikk (ÅDT). Bruker kan overstyre modellens anslag i de blå feltene til høyre hvis vedkommende mener byggetid for noen av aktivitetene blir enten for kort eller for lang. Det er også mulig å endre på antall timer per uke det jobbes i hver aktivitet. Dette vil en da gi en lengre byggetid hvis antall timer per uke blir justert ned. Det er ikke uvanlig at vann- og frost går 12-16 skift for eksempel. Tidsbestemmende stuff kan også endres manuelt. Modellen er ikke anbefalt til bruk for tunneler under 500 meter.

Tunnelklasser og tunnelprofiler

Hvilket tunnelprofil og tunnelklasse som skal bygges er viktig for byggetiden. For et større profil er det mer masser som skal ut av tunnelen etter sprengning, flere hull som skal bores, mer fjell som skal sikres etc. For tunnelklasser er det ulike krav som gjelder for de forskjellige klassene. Kravene gjelder blant annet sikkerhetstiltak, sikkerhetsutrustning og vann- og frostsikring (SVV, 2016a). Tunnelklasse A er de minst tekniske, mens tunnelklasse F er de med mest utstyr. Klasse E og F bygges også alltid som 2-løpstunneler. Nedenfor er et

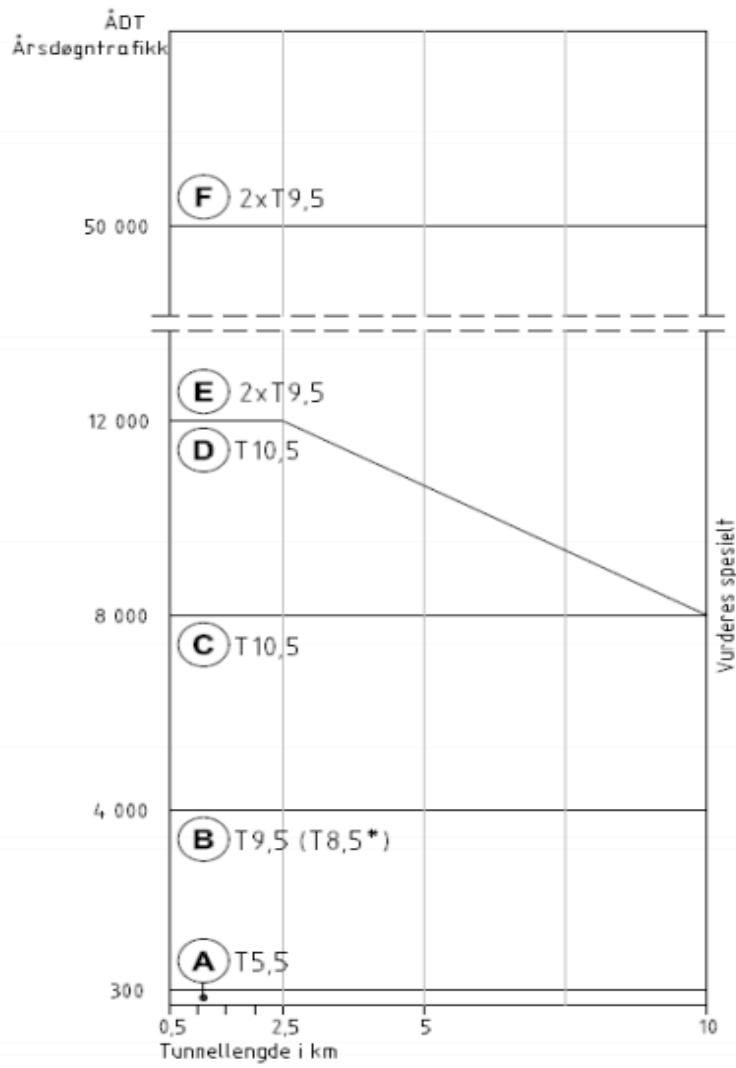
eksempel på hvilke vann- og frostsikringsløsninger som er godkjent for bruk i de ulike tunnelklassene.

Tabell 5 Vann- og frostsikringsmetoder for de ulike tunnelklassene (SVV, 2016a)

Vann- og frostsikring	Frostmengder ⁽¹⁾ (kap.7.2)	Tunnelklasser						Føringskant	Membran Type I, II, III	PE-skum	Frost-isolasjon XPS
		A	B	C ⁽⁴⁾	D	E	F				
Hvelv av sprøytebetong ⁽²⁾	F ₁₀ < 8 000 h°C	X	X	X				X	III	(X)	-
	F ₁₀ ≥ 8 000 h°C	X	X	X				X	-	X	-
Hvelv av betongelementer ⁽³⁾	F ₁₀ < 8 000 h°C			(X)	X	X	X	-	I, III	-	-
	F ₁₀ ≥ 8 000 h°C			(X)	X	X	X	-	I, III	-	X
Kontaktstøpt vann-/frostsikrings-hvelv med membran	Alle F ₁₀			(X)	(X)	(X)	(X)	-	II	-	-
Tunnelportal		X	X	X	X	X	X	-	I		-

Utdypende informasjon om tunnelklasser og tunnelprofiler finnes i *Håndbok N500* (SVV, 2016a)

Tidligfasemodellen tar hensyn til *Håndbok 021* (SVV, 2010b) (se figur nedenfor) for hvilke tunnelprofil og tunnelklasser som velges. Tunnelprofil og tunnelklasse avhenger av tunnellengde og forventet ÅDT i tunnelen. Det kan også velges manuelt.



Figur 8 Valg av tunnelklasse og profil, basert på ÅDT og tunnallengde (SVV, 2010b).

3.4 Aktivitetene i modellen

Samhandlingsprosessen

Samhandlingsprosessen er fasen etter kontraktinngåelse og går først og fremst ut på å etablere kontakt mellom partene. Koordinering mellom partene og opprettelse av hvordan kommunikasjonen skal foregå hører med i denne prosessen. Det vanlige er at denne prosessen utføres før det foregår noe slags arbeid på anlegget. Derfor faller den på kritisk linje.

I tidligfasemodellen er varighet på prosessen satt til 3 uker uavhengig av inndata. Det vil si at modellen antar like lang samhandlingsprosess for en 1 km og 15 km lange tunneler. Bakgrunn for verdien kommer fra gjennomsnittsverdien til 7 veiprojekter. Det var de 7 prosjektene som brukte nyere konkurransegrunnlaget. Før 2010 lå ikke samhandlingsprosessen inne i konkurransegrunnlaget. Nøkkelpersoner var også en viktig kilde for denne posten. Selv om tiden for samhandlingsprosessen er satt til 3 uker i modellen er det ikke uvanlig at det tar lenger tid. Estimert tid kan endres av bruker hvis det er nødvendig.

Forskjæring

Ved estimering av byggetid for forskjæring skiller modellen mellom 1- og 2-løpstunneler. Her er det gjennomsnittstiden fra kritisk linje som brukes. For 1-løpstunneler var snittverdien 4,8 for etablering av forskjæring. For 2-løpstunneler var det 7,6 uker. Disse kan justeres hvis det er ønskelig. Tiden for etablering av påhugg kan variere og er spesielt avhengig av svakhetssoner, bergkvalitet og fjelloverdekning ved påhugget. Korteste oppgitte tid for 1-løpstunneler var 1 uke og lengste var 8 uker så bruker bør være oppmerksomme på at modellens verdi ikke er noen fasit.

Driving og sikring

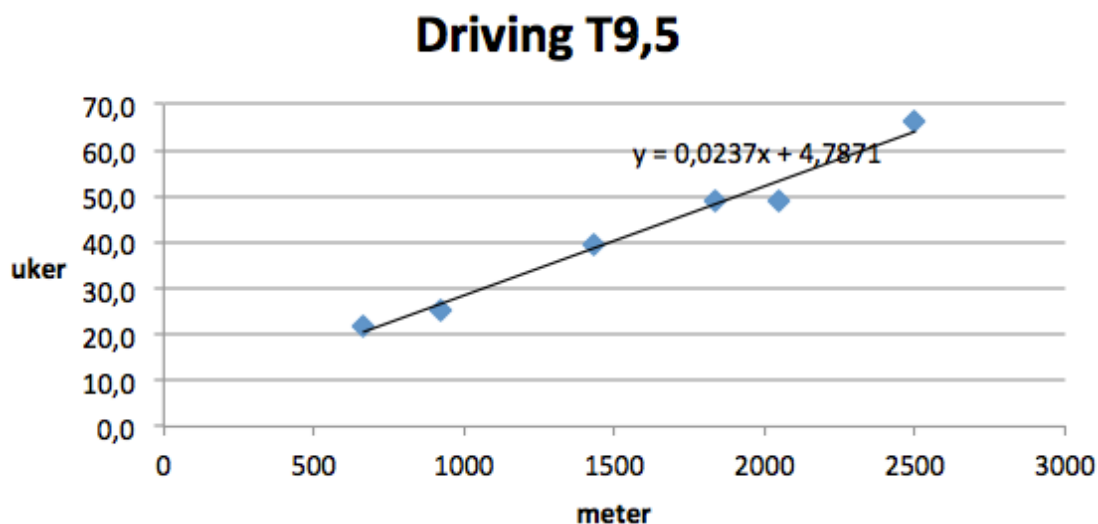
I modellen er driving og sikring estimert ut ifra hva slags tunnelprofil tunnelen har og om det er bygget 1 eller 2 løp. Disse profilene er med i modellen:

Tabell 6 Tunnelprofil i modellen

1 Løp	2 Løp
T5,5	T9,5
T8,5	T9,5 Undersjøisk
T8,5 Undersjøisk*	
T9,5	T12,5
T10,5	

* Ny i denne modellen,. Ikke med i tidligfasemodellen fra 2014

Data om fremdrift fra prosjekter med like profiler er da satt sammen i en tabell med informasjon om lengde på tidsbestemmende stuff og drivetid i antall uker. En lineær trendlinje er grafisk framstilt, slik som for tunnelprofil T9,5:



Figur 9 Trendlinje for driving av T9,5 tverrsnitt

Her er byggetid på y-aksen, mens tidsbestemmende stuff er på x-aksen. Tidsbestemmende stuff er den stuffen som er mest kritisk med tanke på ferdigstilling av tunnelen. Ofte er det den lengste stuffen. En tunnel på 2000 meter som drives 1100 meter fra den ene siden og 900 meter fra den andre vil ha en tidsbestemmende stuff på 1100 meter.

Modellen antar tidsbestemmende stuff på en halv tunnallengde. Dette på bakgrunn gjennomsnittsverdi fra tolv 1-løpstunneler. Unntaket er tunneler under 1 km som i modellen antas å være drevet fra en side. Derfor vil modellen estimere at en 1000 meter tunnel vil ta

kortere tid å drive enn en tunnel på 999 meter. Bruker kan sette inn egen lengde på tidsbestemmende stuff der den ikke samsvarer med modellens antagelse.

Grunnarbeid

Når det gjelder grunnarbeider er de ikke sortert etter tunnelprofilen, men etter hvilken tunnelklasse de hører til. Klasse A, B C, D, E eller F. Klasse E og F tilsvarer 2-løpstunneller og det får utslag på byggetid og effektivitet i forhold til 1-løpstunneler. Det blir mulighet til å drive vekseldrift (tverrslag), det blir flere stuffer å arbeide på og du kan holde på med flere aktiviteter på en gang. Dette kan føre til at arbeidsoperasjoner som er på kritisk linje for en 1-løpstunnel ikke vil være det for 2-løpstunneler. Årsaken til at grunn er inndelt i tunnelklasser er fordi kravene og spesifikasjonene som tilhører tunnelklassene er mer dominerende for byggetid enn det profilen er. Selv om et større profil vil føre til større mengder for vann- og frostsikring for eksempel. Profilet vil som regel også øke i takt med høyere tunnelklasse. Klasse A vil si T5,5 mens klasse B vil si T8,5/9,5 osv. (som regel) Tunnelklasse E og F er blitt benyttet i få prosjekt og er antatt å være såpass like at de havner i samme bolck, men her skilles det mellom T9,5 og T12,5 profil.

I framdriftsplanene er grunnarbeider sjeldent 100 % tidsbestemmende. Derfor er det brukt en tidsbestemmende faktor (tbf) for trendlinjene til grunnarbeid. Dette ble gjort for å tilpasse hvor stor andel av arbeidet som lå på til kritisk linje. Altså det arbeidet som faktisk gav utslag for byggetiden. Faktoren er beregnet slik:

$$tbf(klasse c) = \frac{\sum \text{antall uker grunnarbeid på kritisk linje}}{\sum \text{antall uker grunnarbeid}} = \frac{17,1 + 0 + 7,9}{28,1 + 27,7 + 7,9}$$

$$tbf(klasse c) = \mathbf{0,39}$$

Bortsett fra tidsbestemmende faktor og tidsbestemmende stuff er trendlinjene for grunnarbeid lik som den for driving. Den er lineær, har antall uker på y-aksen og tunnallengde på x-aksen. Det samme gjelder også for trendlinjene for vann- og frostsikring og elektro og komplimentering. Den tidsbestemmende faktoren multipliseres med trendlinja for å få kritisk byggetid.

Vann og frostsikring

Trendlinjene for vann og frost er også inndelt i tunnelklasser slik som grunnarbeider. Tilsvarende grunn er det heller ikke i alle tilfeller at denne aktiviteten er tidsbestemmende, selv om vann og frost for det meste var tidsbestemmende. Aktiviteten er mindre kritisk når det gjelder 2-løpstunneler. I en 2-løpstunnel er det større mulighet for å overlappe arbeidsoperasjoner. Inndeling etter tunnelklasser gav mest mening da kravene i de ulike klassene er vesentlig forskjellig (SVV, 2016a). Dette gjelder blant annet krav til brannventilasjon i tunneler, valg av hvelvtype og brannmotstand for konstruksjoner.

Elektro og komplimentering

Posten elektro og komplimentering (elkom) innebærer alt arbeid som gjenstår når vann- og frostsikring er ferdig. Aktiviteten er som driving 100 % tidsbestemmende og det er laget trendlinjer for de ulike tunnelklassene.

Testing

Den siste aktiviteten ved bygging av veitunneler. Fasen innebærer at byggherre (Statens Vegvesen) driver egentesting av utstyr og godkjenner sikkerheten til tunnelen. Etter innspill fra bransjen ble den satt til å være 5 uker i 2014. Hvis bruker er uenig i tiden avsatt kan det endres i det blå feltet i modellen. Da det ikke foregår annet arbeid i tunnelen, mens egentesting pågår havner aktiviteten på kritisk linje.

Undersjøisk tunnel og sårbare omgivelser

I modellen er det satt inn faktorer for tunneler som bygges undersjøisk og som er bygget i sårbare omgivelser. Disse faktorene multipliseres da med verdier fra "vanlig" tunnelbygging slik at byggetid blir forlenget. Bruker må være oppmerksom på at faktoren for undersjøisk tunnel multipliseres med byggetiden for driving og sikring, mens faktoren for sårbare omgivelser multipliseres med total byggetid for tunnelen. Faktoren for sårbare omgivelser kommer fra bygging av Lørentunnelen i Oslo. Den ble bygget i urbane strøk med krav til aktsomhet til vibrasjoner og støy.

4. Resultater

Dette kapitlet omhandler resultatene fra analysen av innhentet data. Det innledes med informasjon innhentet gjennom spørreskjema og forskningsintervju. Deretter presenteres estimeringsmodellene. Som avslutning blir modellene fra 2014 og 2017 sammenlignet for en rekke tunnelkonfigureringer.

I tabell 7 og 8 presenteres alle tunnelene som har vært brukt i arbeidet med estimeringsmodeller. I tabell 7 er ikke rekkefølgen kronologisk. Årsaken til at tunnelene ikke er logget i kronologisk rekkefølge er fordi listen over aktuelle tunneler var betydelig lengre og inkluderte totalt 31 tunneler. Det er ikke blitt tilsendt fremdriftsplaner for alle i utvalget, men da loggingen startet ble det opprinnelige nummeret brukt og ikke endret i etterkant.

Modellene er lagt ved oppgaven i elektroniske vedlegg. Det er laget brukerversjoner som ikke inneholder sensitive opplysninger. Dette er Vedlegg H for vei og Vedlegg J for jernbane. For videre arbeid med modellene er det Vedlegg G og Vedlegg I som må brukes. Disse inneholder all prosjektdata som grunnlag for modellene.

Tabell 7 Nye tunneler i datagrunnlaget til tidligfasemodellen

Nr. og Tunnelnavn	Prosjekt	Lengde (m)
1. Filefjelltunnelen	E16 Varpe bru - Smedalsosen	5 750
3. Harstadåstunnelen	Harstadpakken	1 400
5. Svartåstunnelen	E134 Damåsen-Saggrenda	1 470 (2 løp)
8. Bjørnegårdtunnelen	E16 Sandvika-Wøyen E01	2 300 (2 løp)
9. Morskogtunnelen	Fellesprosjektet E6-Dovrebanen. Parsell 2	2 400 (2 løp)
10. Espatunnelen	Fellesprosjektet E6-Dovrebanen. Parsell 3	690 (2 løp)
11. Áilegastunnelen	E6 Storsandnes-Langnesbukt	3 405
12. Kvernsundtunnelen	Bjarkøyforbindelsen	3 222
13. Bagnskleivtunnelen	E16 Bagn-Bjørgo	4 300
16. Tjernfjelltunnelen	RV. 77 Tjernfjelltunnelen	3 230
24. Nordnestunnelen	E6 Indre Nordnes-Skardalen	5810
28. Trældalstunnelen	E6 Hålogalandsbrua	1100
31. Reinforsheia tunnel	E6 Helgaland Nord	620

Tabell 8 Tunneler i jernbanemodellen

Nr. og Tunnelnavn	Prosjekt	Lengde (m)
1. Ulvintunnelen	E6-Dovrebanen FP2	4 000
2. Eidangertunnelen	UFP08	2 080
3. Nøklegårdtunnelen	UFP05	3 700
4. Langangentunnelen	UFP05	600
5. Storberggtunnelen	UFP07	4 500
6. Kleivertunnelen	UFP01	4 000

4.1 Spørreskjema

Veitunneler

For veitunneler fikk jeg inn svar for 14 ulike tunneler. Tre av tunnelene er ikke med i datagrunnlaget for den oppdaterte tidligfasemodellen. To av fremdriftsplanene var for lite detaljerte til å kunne brukes som datagrunnlag for modellen. Den tredje tunnelen (Mælefjelltunnelen på E134 Gvammen-Århus) ble ikke inkludert i planen brukt fordi planlagt fremdrift ikke samsvarte med virkelig framdrift. Gjennomslaget i tunnelen ble gjennomført 6-7 måneder etter planen (Stenersen, 2017).

Tunnelene det kom inn svar på varierte i lengde fra 620 til 9296 meter. Gjennomsnittslengden for veitunnelene innsatt i denne oppgaven er 2729 meter. I snitt er dette ganske lange tunneler i forhold til hva som generelt bygges. Fordi tunneler under 500 meter ikke inngår i modellen er det forståelig at snittet ligger høyt. Hvorfor de ikke inngår i modellen er utdypet i kapittel 5.1. Av tunnelene det kom inn svar på spørreskjema var åtte 1-løpstunneler og seks var 2-løpstunneler.

Jernbanetunneler

For jernbanetunneler fikk jeg svar på alle tunnelene som er brukt til utarbeidelse av jernbanemodellen. For en tunnel, Eidangertunnelen har jeg fått svar både fra entreprenør og byggherre. Lengdene på tunnelene var i gjennomsnitt omtrent 3100 meter. Av de samme grunnene som for veitunneler er tunneler under 500 meter ikke inkludert i datagrunnlaget. Alle tunnelene bortsett fra Ulvintunnelen stammer fra den store utbyggingen Farriseidet-Porsgrunn (UFP). Derfor er det en del forskjeller mellom tunnelene på UFP og Ulvintunnelen, som blir diskutert senere i oppgaven.

Byggetid

Både spørreskjema om jernbanetunneler og veitunneler inneholdt en kategori med navnet byggetid. De inneholdt følgende spørsmål og alternativer:

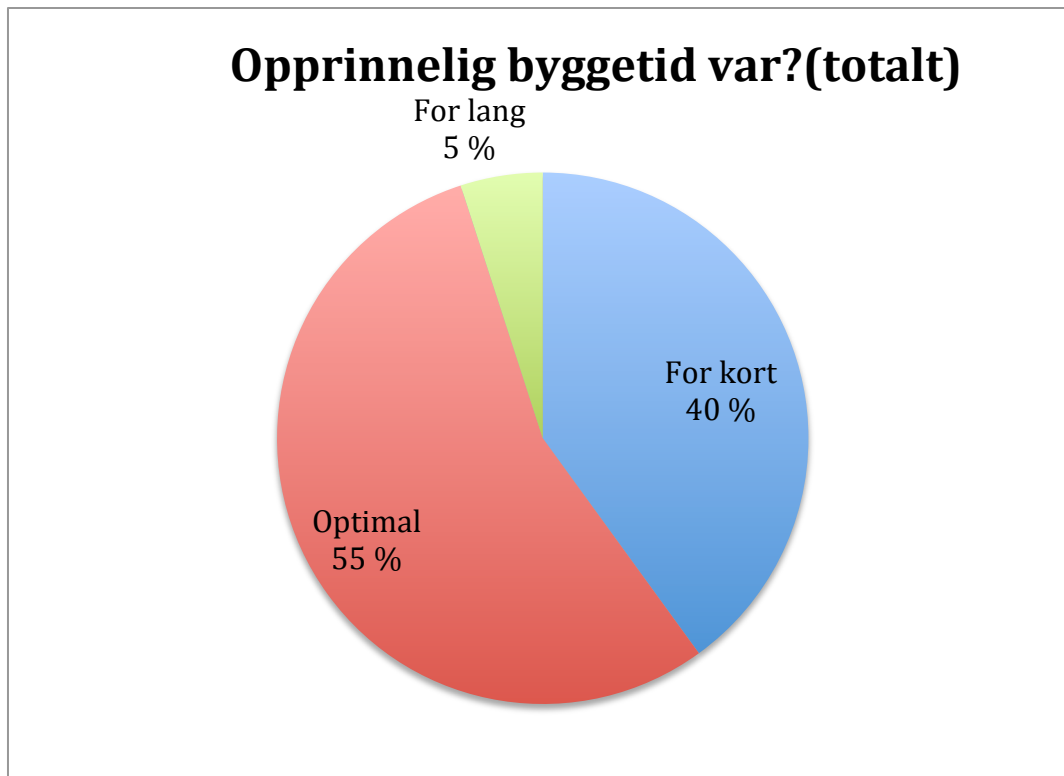
1. Mener du at byggetid ble vurdert som? For kort, optimal eller for lang
2. Har valgt byggetid hatt innvirkning på kvalitet, HMS etc.? Negativt, positivt eller ingen.
3. Kommentar:

På spørsmål 1: *Mener du at byggetid ble vurdert som?* Ble følgende svar registrert:

Tabell 9 Svar fra spørsmål 1: Mener du byggetid ble vurdert som?

	For kort	Optimal	For lang
Vei	6	7	1
Vei (Entreprenør)	2	1	1
Vei (Byggherre)	4	6	0
Jernbane	2	4	0
Jernbane (Entreprenør)	1	0	0
Jernbane (Byggherre)	1	4	0
Totalt	8	11	1

Dette viser at i mange tilfeller mener respondentene at den estimerte/opprinnelige byggetiden ikke er tilstrekkelig. Dette gjelder både for jernbane- og veitunneler.

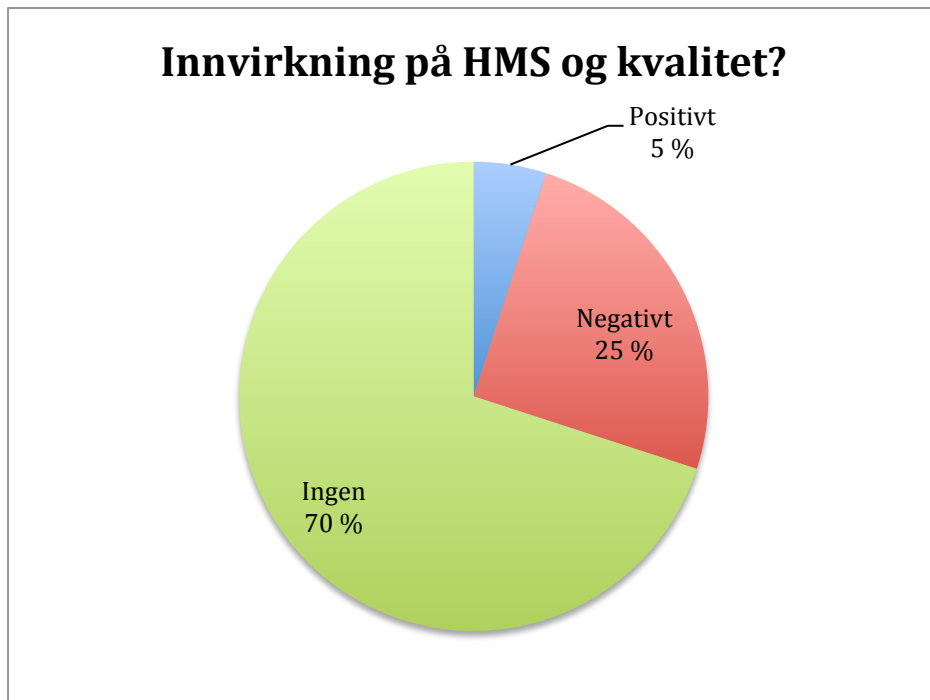


Figur 10 Svar for både jernbane og vei: Mener du byggetid ble vurdert som?

For spørsmål 2: *Har valgt byggetid hatt innvirkning på kvalitet, HMS etc.?* var svarene:

Tabell 10 Har valgt byggetid hatt innvirkning på kvalitet, HMS etc.?

	Negativt	Positivt	Ingen
Vei	3	1	10
Jernbane	2	0	4
Totalt	5	1	14



Figur 11 Valgt byggetids innvirkning på kvalitet og HMS

Respondentene ble til slutt bedt om å utdype svarene sine for de to foregående spørsmålene. Nedenfor er alle kommentarene gjengitt ordrett. Svarene/kommentarene er inndelt i vei og jernbane:

Kommentarer vei

- Mange samtidige aktiviteter i fasen etter tunneldriving skaper utfordringer med hensyn til arbeidsmiljø og kvalitet.
- Mengdene i kontrakten harmonerer ikke med byggetida. Fører til samtidigheter som igjen gir utfordringer m.h.p. HMS.
- Valgt byggetid har bidratt til å sørge for god kvalitet og mulighet for god HMS, men utfordringer med vinter/kulde har medført litt setninger og noe utfordringer med støv på grunn av begrenset utførelse av vanning av vegbanen i tunnelen.
- Entreprenør mente det var liten byggetid og valgte i en periode å ha nattarbeid i drivefasen. Også for å slippe å ha vann og frost-arbeid samtidig med driving.
- Entreprenøren ble forsinket. Det ble inngått en forseringsavtale. Dette medførte uforutsette samtidige arbeider. Samtidighet er ikke heldig m.h.p. HMS. Det blir flere personer, flere maskiner, ofte på begrensede områder.

- Isolert sett kunne tunnelen vært ferdigstilt på kortere tid. Brua nord for tunnelen må ferdigstilles før tunnelen kan tas i bruk. Istedenfor å si at byggetida er for lang, kan en også si at tunnelen er for kort.
- Byggetiden ble satt etter erfaringer fra kjente entreprenører som ble vurdert til optimal. Når det viser seg at ett utenlandsk firma som i dette tilfelle får jobben, er nok byggetiden for kort.

Kommentarer jernbane

- Kvaliteten på produktet er blitt bra, men kort byggetid betyr utfordringer mht HMS. Det skal også sies at det har blitt gitt ekstra byggetid i forhold til den opprinnelige plan under veis. (ca. 4 uker totalt).

4.2 Intervju på anleggsbesøk

Den 28. April 2017 ble det gjennomført et anleggsbesøk ved Veidekkes kontor på prosjektet E134 Damåsen-Tislegård. Det ble foretatt et intervju med to representanter for Veidekke. Prosjektleder Ole Jørgen Aakre og avdelingsleder for tunnel Jørn Gjennestad. Viktige innspill rundt modellene og aspekter ved byggetid er gjengitt nedenfor:

- For samhandlingsprosessen er 3-4 uker er vanlig. Det får være opp til oppdragsgiver å bestemme hvor lang den skal være. Hvis entreprenør kan begynne med tilrigging er det noe ikke stort utslag på kritisk linje. Det er bra hvis samhandlingsfasen ikke i seg selv gjør den kritiske veien enda mer kritisk.
- Massehåndtering og massebalanse har en effekt på byggetiden. Lokale mellomlagre er viktig for å få tømt stoffen raskest mulig.
- Ved totalentreprise er det mulig å spare tid ved og la elektro slippe til tidligere. Dette egner seg mer ved elementer enn ved PE-skum og sprøytebetong.
- Med hensyn til effektivitet er det ikke alt for mye å hente på mye samtidighet. Hvis 50% ikke havner på kritisk linje, men effektiviteten synker med 35% sparer du ikke alt for mye tid og konsekvensen er dårligere HMS. Krav til yrkeshygiene i forhold til avgasser gjør også at du ikke kan jobbe med for mange overlappende aktiviteter.
- På dette prosjektet blir permanent sikring utført mens drivinga pågår. Ikke i etterkant. Det er viktig å få gjort etterkontrollen tidlig, og grunnet mye injeksjon har vært greit å fått sikra hengen det skal jobbes under så raskt som mulig.
- Det er viktig med en realistisk byggetid. En sikker og god gjennomføring vil også som regel vil gi bedre kvalitet.
- Det er to hovedhensikter for entreprenør med et ekvivalenttidssystem som gir forutsigbar og realistisk byggetid. Det ene er å ha en relevant byggetid slik at entreprenør har en forutsigbarhet for etterfølgende aktiviteter. Det kan gi ekstra kostnader hvis byggetiden ikke stemmer. Nr. 2 er sikkerhetsaspektet til de ansatte. ”Hvis du ender opp med at du får noe som er feil og plutselig skal ha hele verden inni der med en gang så vet du at på et eller annet tidspunkt så kommer det kommer det til å skje noe fælt”.
- Paradoks at før i tida da det var mindre krav til yrkeshygiene og arbeidsmiljø og mindre omfattende etterarbeider ble driving og etterarbeider gjort separat, men i dag

med strenge krav til arbeidsmiljø og mye mer etterarbeid skal det plutselig gjøres samtidig. Ting skal gå fortere og fortere selv om det er flere restriksjoner. (Støy krav, når du kan borre og spreng, HMS krav)

- Foretrakk ekvivalenttidsregnskapet til Bane Nor (tabell 2, 3 og 4) med oppsett stuff for stuff, for da har du ingen ukjente. Da er det mye greiere å se om du ligger på planen.
- Ekvivalenttidsregnskap fungerer bra når det er gjort riktig. Da ser du hva slags tid du har til rådighet. Du vet hvor mye samtidighet du eventuelt må se på og om dette er realistisk. I tillegg til at det skal utarbeide byggetid må ekvivalenttidsregnskapet brukes til og styres etter. Ved at det gir den byggetida som kreves i takt med reelle mengder.
- Press på byggetid med mange samtidige aktiviteter har indirekte ført til ulykker. Ved for høyt press på byggetid sammen med mange overlappende aktiviteter kan det føre til glipp i risikovurderinger og de tiltakende som skal til for at det skal kunne drives sikkert.
- Helst maks to fag (driving, grunn, vann og frost, betong, elektro) inne i tunnelen samtidig av hensyn til HMS.

4.3 Tidligfasemodell for veitunneler

Innhenting av fremdriftsplaner fra nye prosjekter har vært kritisk for å utvikle tidligfasemodellen med et større datagrunnlag. Totalt 13 nye tunneler er blitt lagt inn i grunnlaget. Ved to av tunnelene er det ikke fylt ut spørreskjema. Nødvendig informasjon er blitt sendt over e-post.

Modellen har mange ulike alternativer for tunnelklasse og tunnelprofil. Derfor er mest mulig spredning av tunnelkonfigurasjoner det som vil gi den beste modellen. Det er ikke tilfellet i virkeligheten da noen type tunneler er vanligere å bygge enn andre. For tunnelklasser var det først og fremst klasse B og E som ble sendt inn. Når det gjaldt tunnelprofil var det større variasjon. T9,5 og 2xT9,5 var mest vanlig med 4 tunneler hver.

Samhandlingsprosessen

Etter samtale med personer i tunnelbransjen fikk jeg opplyst at 3-4 uker for samhandlingsprosessen er vanlig (Gjennestad & Aakre, 2017). Derfor har modellens forslag til tid på samhandlingsfasen ikke blitt endret. Modellen foreslår fortsatt 3 uker. Entreprenør får ofte lov til å drive med tilrigging, mens fasen pågår slik at samhandlingsprosessen i seg selv egentlig ikke blir kritisk. Er det sterke indisier på at 3 uker blir feil kan brukere av modellen endre dette manuelt. At lengden på samhandling varierer med kompleksitet og størrelse på prosjektet er vanlig.

Forskjæring

Nye data for forskjæringer er satt inn og et nytt gjennomsnitt er regnet ut. Flere prosjekter hadde ikke "vanlig" forskjæring på kritisk linje eller detaljert i planen. For eksempel hvis tunnelen blir drevet fra et tverrslag. Det hendte også at forskjæring ble gjort på en forentreprise og ikke var en del av hovedentreprisen. Derfor er det kun data fra 7 tunneler som er lagt inn i grunnlaget til modellen

Forskjæringene som er blitt inkludert i denne masteroppgaven tok lengre tid enn de fra 2014. Modellen foreslår nå 6,1 uker i stede for 4,8 uker for 1-løpstunnler. For 2-løpstunneler økte snittet fra 7,6 til 8,3 uker.

Gjennom samtaler med nøkkelpersoner i bransjen har det vist seg at tid på forskjæringer varierer veldig mye av andre forhold enn inputten som settes inn i modellen. Et tilfelle som ble nevnt var at det på et prosjekt tok mye lengre tid å etablere påhugg grunnet feil i kartleggingen av fjell. Det var antatt at det skulle være berg der det var løsmasser. Dermed ble tunneldrifta forsinket med flere måneder. Et annet eksempel er tunneldrift spuntgrop før du kan etablere påhugget. I urbane strøk f.eks. Ved slike tilfeller vil modellen sannsynligvis ikke gi et godt estimat.

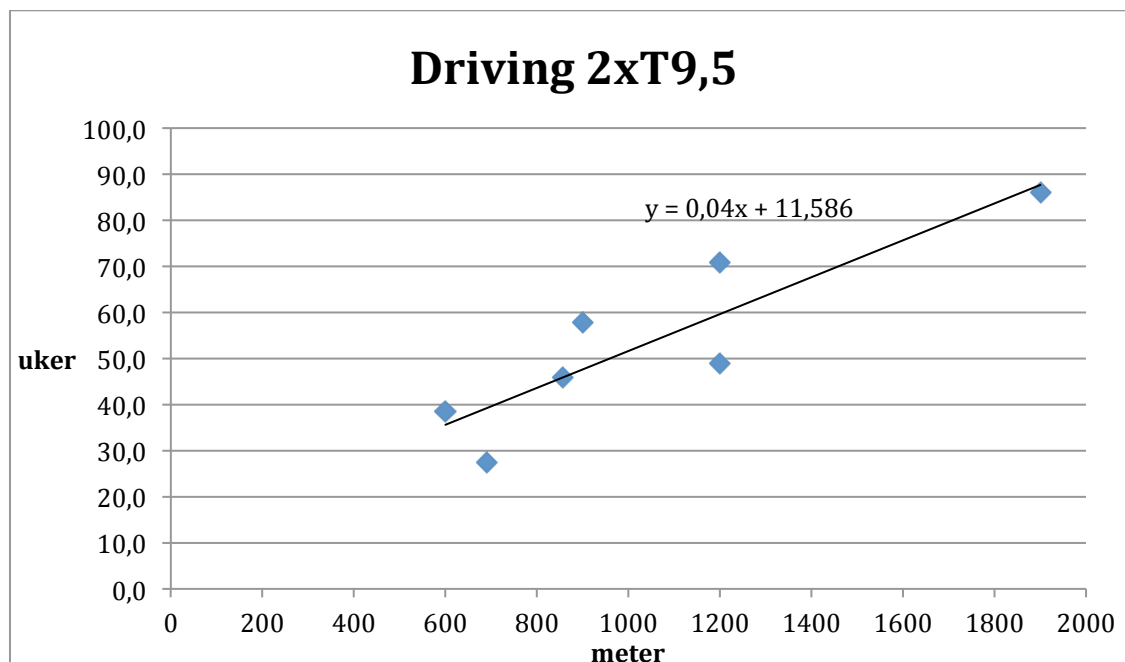
Driving og sikring

For driving og sikring er det kommet inn mye data for noen typer tunnelprofil, mens andre som T8,5 eller 2xT12,5 har ingen nye tunneler i datagrunnlaget. For T8,5 var det riktignok en undersjøisk tunnel med i rapporten. Det er også i denne masteroppgaven innhentet data om geologiske forhold (gode, middels, dårlig) for en eventuell utvikling av modellen med driving opp mot geologi. Det ble i midlertidig ikke funnet noen korrelasjon mellom geologi og byggetid. Det er foreløpig bare en tunnel som har blitt oppgitt med dårlig geologi, og den hadde raskere byggetid på driving enn tilsvarende tunneler med middels geologi.

Det var ønsket at modellen skulle ta hensyn til injeksjonsarbeider. Det har ikke latt seg gjøre. Grunnen til dette er måten mengdene injeksjon blir bestemt på. Behovsprøvd injeksjon etter innlekkasje på stuff er i hovedsak det som avgjør hvor mye injeksjon det blir. (SVV, 2010a) Det er vanskelig å planlegge mengdene fordi man ikke vet hvor mye injeksjon som vil være nødvendig. Siden man ikke vet nøyaktige mengder gir ikke dette til utslag i fremdriftsplanene. Det hender alt blir injisert, såkalt systematisk injeksjon. Dette er typisk over bekker, elver, vann eller i urbane strøk hvor man vil hindre senkning av grunnvannsnivået (Vedlegg F). Ingen av tunnelene har nok systematisk injeksjon til at det var mulig å lage noen gode estimat for injeksjon.

Tidsbestemmende stuff er ikke blitt endret. Modellen foreslår halv tunnallengde som tidsbestemmende stuff for tunneler på 1000 meter eller mer, og hele tunnallengden for tunneler under 1000 meter. Dette er et greit forslag så det har ikke blitt endret. Det gjør modellen brukervennlig. Hvis bruker har kunnskaper om driftsopplegg som tilsier noe annet enn det modellen foreslår, det overstyres i det blå feltet til høyre (figur 7).

Figuren nedenfor viser trendlinja til driving og sikring for 2-løpstunnel med tverrsnitt T9,5. Her er tidsbestemmende stuff avgjørende for byggetida, ikke tunnallengden. Trendlinja er basert på fremdriftsplaner fra 7 ulike tunneler. Trendlinjer for andre tunnelprofil finnes i Vedlegg C.

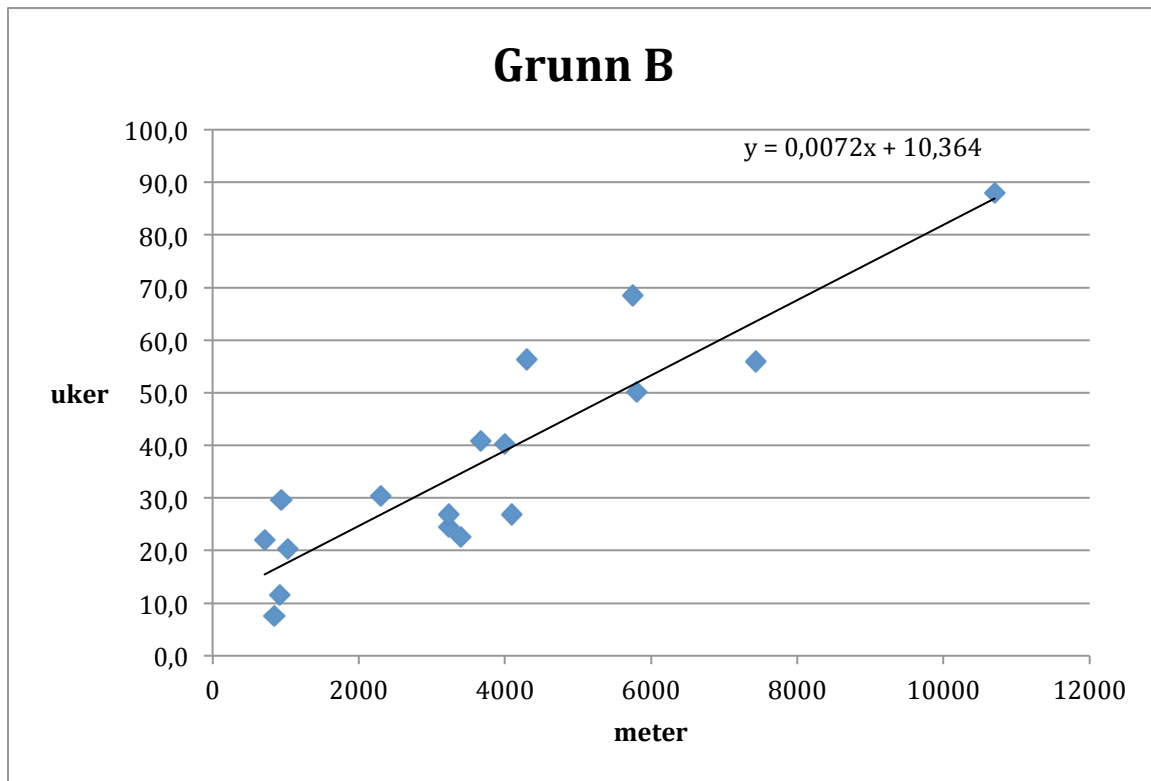


Figur 12 Trendlinje for driving og sikring, tunnelprofil 2xT9,5

Grunnarbeider

Grunnarbeider sorteres ikke etter tunnelprofil, men tunnelklasse. Det er den fulle lengden av tunnelen som er avgjørende med hensyn på byggetid. Byggetid var på ingen prosjekter 100% tidsbestemmende. Derfor er det utregnet en tidsbestemmende faktor for hvor mye av grunnarbeidene som var kritisk for framdriften. Dette er utregnet i hjelpeark *Grunn* i Vedlegg G.

Figur 13 viser grunnarbeidene for tunellklasse B. Det er totalt 17 tunneller som danner grunnlaget for trendlinja. Tunnelklasse B inneholder desidert flest datapunkter sammenlignet med de andre klassene. Her er byggetid i antall uker representert på y-aksen og tunnellengde på x-aksen. Trendlinjer for de andre klassene ligger i Vedlegg C.

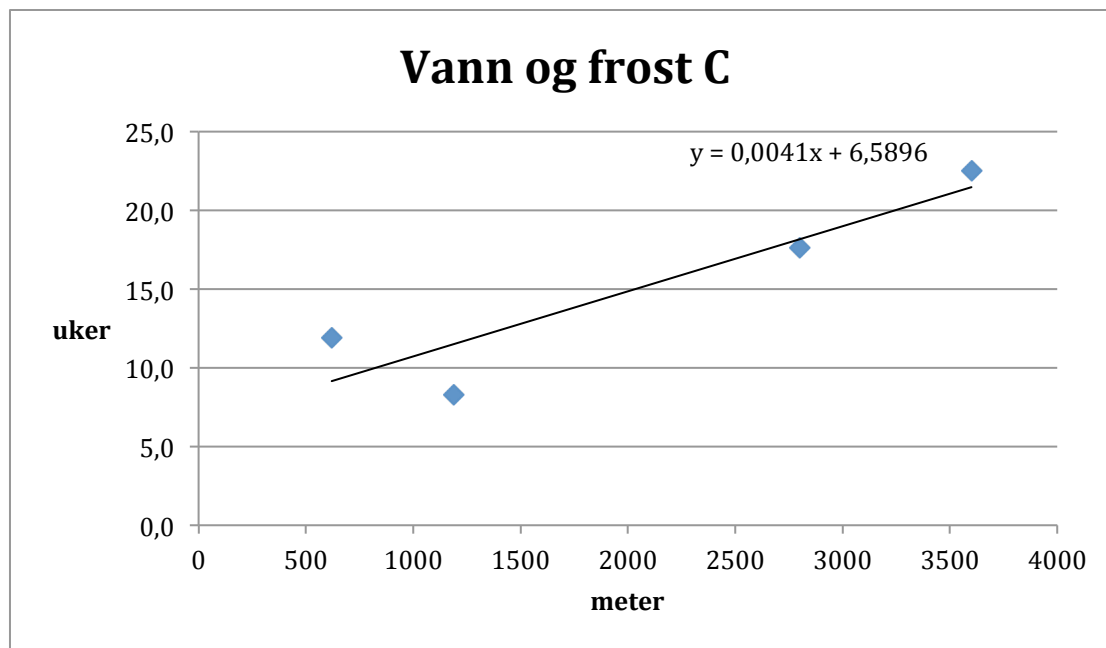


Figur 13 Trendlinje for grunnarbeider, tunnelklasse B

Vann- og frostsikring

Vann- og frostsikring var i større grad tidsbestemmende enn grunnarbeider. For 1-løpstunneler er vann- og frost nesten alltid tidsbestemmende. For 2-løpstunneler er vann- og frost i mindre grad tidsbestemmende. Dette skyldes muligheten til å drive med overlappende aktiviteter for 2-løpstunneler. Utregning av tidsbestemmende faktorer og trendlinjer finnes i hjelpeark *V&F* i Vedlegg G.

Figur 14 viser trendlinje for vann- og frostsikring, for tunnelklasse C. Med tunnellengde på x-aksen og byggetid på y-aksen.

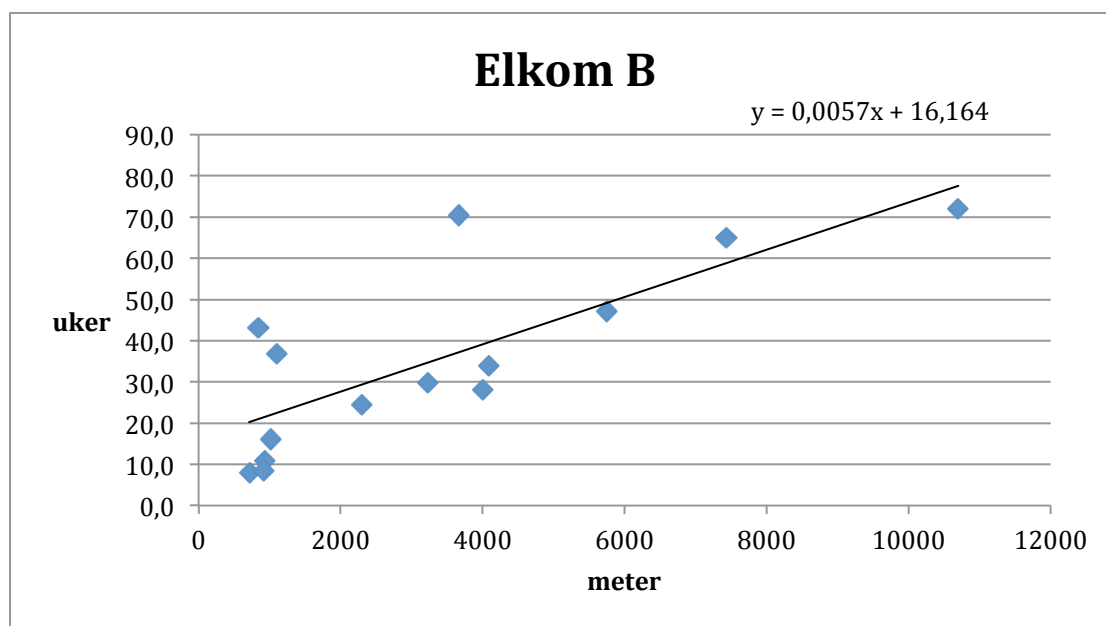


Figur 14 Trendlinje for vann- og frost, tunnelklasse C

Elektro og komplimentering

Mange av prosjektene som er brukt i tilknytning til oppgaven er fortsatt er i tidlig i byggefasen. Derfor er det for mange av prosjektene ikke lyst ut elektrokontrakt enda. Da er verken framdrift eller arbeidsordning bestemt. Det er mulig å anta tid fra fristene for ferdig arbeid hovedentreprenør til åpning av tunnelen, samt å anta arbeidstidsordning. Dette vil bli mange antakelser og gitt usikre data. Derfor er det ikke blitt satt inn data på denne måten. Dette har ført til at lite data om elektro er blitt tilført den nye modellen, noe den sårt trenger.

Figur 15 viser elektroarbeidene for tunnelklasse B. Trendlinjer for de andre klassene ligger i Vedlegg C.



Figur 15 Trendlinje for elektro og komplimentering, tunnelklasse B

Testing

Etter tolkning av *Byggetid for vegtunneler* (Stoltenberg & Hedenstad, 2014) er det innspill fra personalet i Statens vegvesen som er bakgrunn for testfasen har varighet fem uker. Etter korrespondanse med byggeleder for elektro på E6 Hålogalandsbrua kom det fram at region Nord har lengre tid for testfasen (Vollan, 2017). De har en SAT (Site acceptance test/Byggherre test) med en varighet på 4 uker og en UAT (User acceptance test/bruker test) på 6 uker. Testene kan overlappe hverandre, slik at det tar totalt 6-8 uker. Testperiode på 8 uker var også oppgitt i en av fremdriftsplanene hvor det var totalentreprise. Det har vært stor utvikling på mengden elektronisk utstyr som skal inn i tunnelen (Anlegg&Transport, 2015). Det vil derfor ikke være usannsynlig at testfasene vil bli lengre de neste årene.

Det kan virke som om lengden på testfasen varierer fra prosjekt til prosjekt og ikke kun regioner. Lar likevel modellen fortsatt foreslå at dette tar fem uker, med mulighet for overstyring hvis det er for kort tid.

Undersjøisk og sårbare omgivelser

I forhold til andre land er det mange undersjøiske tunneler i Norge. Likevel er det undersjøiske tunneler som bygges i forhold til ”vanlige” tunneler. I *Byggetid for vegtunneler* var det to tunneler som var undersjøiske. I denne masteroppgaven var det en. Faktor for undersjøisk tunnel er blitt regnet ut på en ny måte da den forrige metoden gav for lav økning i byggetid for undersjøiske tunneler. Faktor for undersjøisk tunneler multipliseres med tid for driving og sikring. Den nye faktoren er på 1,18. Utregningen ligger i hjelpearket Faktor-US i Vedlegg G.

Ingen av tunnelene i det nye datagrunnlaget inneholdt tunneler med særskilte omgivelser. Derfor er ikke faktor for sårbare omgivelser blitt endret.

4.4 Tidligfasemodell for jernbane

Ved utvikling av Tidligfasemodellen for jernbanetunneler er det brukt en lignende framgangsmåte som for Tidligfasemodellen for veitunneler. Det er informasjon fra fremdriftsplaner som er hovedgrunnlaget til beregningene. Spørreskjema for jernbane har også vært en helt nødvendig støttekilde for å kunne standardisere fremdriftsplanene. Slik at data fra tunnelene kan sammenlignes. Det er få jernbanetunneler sammenlignet med vegtunneler som bygges ved konvensjonell drift her i landet. Derfor har det vært vanskeligere å fremskaffe prosjektdata for jernbanetunneler. Det er foreløpig kun 6 tunneler som ligger inne i datagrunnlaget til modellen. Alle er fra dobbeltsporede jernbane. Ved innsetting av flere prosjekter kan modellen utvikles til og inkludere enkeltsporete jernbanetunneler. Tunnelene varierer i lengde mellom 600 og 4500 meter.

Fem av seks tunneler er fra det samme prosjektet. Dermed havner de i samme kategori når det gjelder byggemetode. Alle er i hovedsak utført med hvelv av betongelementer som vann- og frostsikringsløsning. I varierende grad – mellom 6 og 15 prosent – er det brukt PE-skum og sprøytebetong. Den siste tunnelen – Ulvintunnelen – er utført med en vann- og frostsikringsløsning som er ganske unik sett med norske øyne. Løsningen går ut på å kombinere en vanntett membran med full utstøpning av profilet (ikke i sålen). Betongstøpen er uarmert og minimum 30 cm tykk (Ausland, 2017). Grunnet såpass ulike metoder for vann- og frostsikring er modellen delt inn i hva slags løsning som er brukt. Dette får ikke utslag for driving og sikring, da tunnelprofilene som er drevet er på jernbanetunnelene er sammenlignbare. Byggetid for grunnarbeider og vann- og frost avhenger derimot av hvilken løsning som er valgt. Modellen antar elementer fordi det er mer brukt enn full utstøpning. Bruker av modellen kan velge ”Fullutstøpt” i det blå feltet. Da Ulvintunnelen er den eneste tunnelen i datagrunnlaget som er bygget med membran og full utstøpning bør bruker være oppmerksom på at det er stor usikkerheten til estimatene.

Tidligfasemodellen for jernbanetunneler inkluderer ikke arbeidene etter vann- og frostsikring. Disse er mer innviklet for jernbanetunneler enn veitunneler, med elkraft, telekommunikasjon, sporlegging etc. I fremdriftsplanene som ble innhentet deles det jernbanetekniske ikke inn for hver tunnel, men hele for prosjektet. Det var derfor ikke mulig generalisere informasjonen til hver tunnel. Dette er nok vanlig da elektronikk ute i dagen henger sammen med elektronikken

i tunnelen. De jernbanetekniske arbeidene er ikke uavhengig hverandre i samme grad som anleggsarbeidene. Dette kan illustreres i at det var 4 grunnentrepriser på Farriseidet-Porsgrunn, mens elkraft, skinnelagging og tele gjøres over hele strekningen på en entrepriser (hver).

Tidligfasemodellen for jernbane antar de samme arbeidstidsordningene som for veitunneler:

- Driving og sikring: 101 t/uke
- Grunnarbeider: 37,5 t/uke
- Vann- og frostsikring: 101 t/uke

Samhandlingsprosess

Framdriftsplanene hadde lite eller ingen informasjon om lengde på samhandlingsprosessen. Planen fra Ulvintunnelen oppgav innledende fase på 5 uker, men dette var et stort prosjekt i tillegg til at det var et samarbeid mellom jernbane og vei. Fordi prosjektet var komplekst og hadde en uvant prosjektorganisasjon er det ikke urealistisk at det tok lengre tid en vanlig. Derfor er samhandlingsfasen satt til 4 uker.

Forskjæring

De fleste av jernbanetunnelene brukt i masteroppgaven er drevet fra et tverrslag. Det vil si at i stede for å drive tunnelen fra en eller begge endene, sprenger de seg ned (eller bort) til det innsiden av ferdig tunnel. For eksempel at det drives ned til midten av tunnelen først. Så starter tunneldringa av selve tunnelen derfra. Dette gir god utnyttelse av mannskap og flere angrepspunkt. Tverrslaget brukes ofte i etterkant av tunneldringa som rømningsvei for jernbanetunnelen.

Som nevnt er mange av tunnelene drevet med tverrslag. Derfor var det mindre data for tradisjonelle forskjæringer enn for de andre aktivitetene. Gjennomsnittlig tid for forskjæring er utregnet i hjelpearket *Forskjæring* i Vedlegg I. Her kan det settes inn flere tunneler slik at du får et større datagrunnlag for anslaget for byggetid.

Gjennomsnittlig tid på forskjæring ble 6,7 uker. Som for veitunneler er denne verdien ingen fasit. Det er mange faktorer som kan spille inn på byggetid på forskjæringer som ikke spilte inn for tunnelene i dette grunnlaget.

Driving og sikring

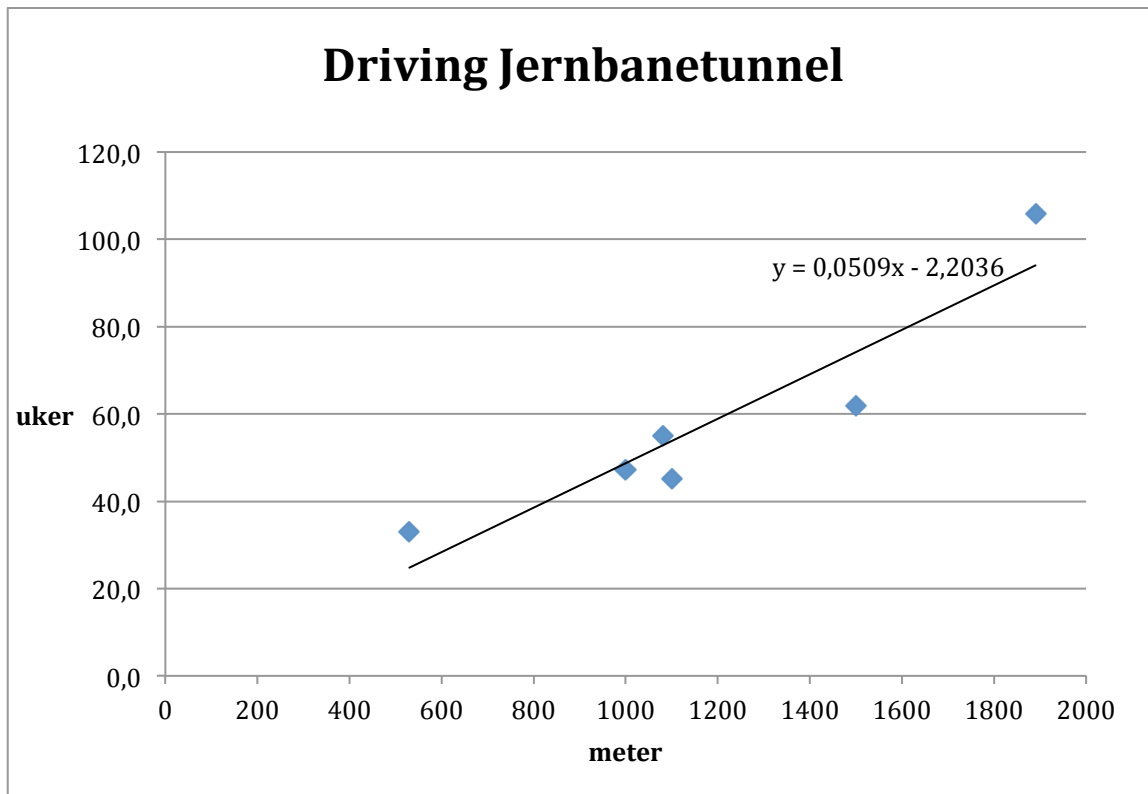
Alle tunnelene har havnet i samme kategori for driving og sikring. Selv om Ulvintunnelen har teoretisk sprengningsprofil på 125 m², mens tunnelene på Farriseidet-Porsgrunn har 133m². Dette er det to grunner til. Nummer 1 er at ved kun en tunnel med tverrsnitt på 125 m² vil resultatet bli en usikker trendlinje. Det vil også måtes anta hjelpepunkt for at den skal gi noen rimelige beregninger. Det andre er at tid på driving ikke er vesentlig forskjellig for de to sprengingsprofilene, med tanke på at dette er tiltenkt estimeringsverktøy i en forprosjektfase. Det er noen flere lastebil last per salve og litt mer boring for det større profilet, men i det store og hele er det andre faktorer som spiller mer inn på byggetid en noen kubikk. (Lima, 2017) Et argument er at punktet på 125m² ligger nærmere trendlinja enn 2 av de andre punktene. Det ble i tillegg utregnet gjennomsnittlig inndrift i m/uke. Gjennomsnittet for de fem tunnelene med 133m² sprengningsprofil ble det samme som for 125m² profilet.

Tidsbestemmende stuff ble i gjennomsnitt 39,2% av tunnallengden. I modellen er det satt til 40% for å være mer brukervennlig. Dette er en lavere andel enn for veitunneler som hadde rundt 50% av tunnallengden. Årsaken til dette er først og fremst driving av rømningstunnel – som sjeldent er et krav for veitunneler – gir god mulighet til å drive fra flere stuffer.

Utregningen av gjennomsnitt for tidsbestemmende stuff ligger i hjelpearket *Tidsbestemmende stuff* i Vedlegg I. Hvis bruker mener tidsbestemmende stuff blir forskjellig fra det modellen foreslår endres dette i det blå feltet for tidsbestemmende stuff. Modellen antar 1 angrepspunkt for tunneler under 1000 meter.

Figur 16 er hentet fra hjelpearket *Driving* i Tidligfasemodell for jernbane (Vedlegg I).

Regresjonslinja har foreløpig negativt skjæringspunkt, men ved innsetting av flere tunneler vil dette endre seg.



Figur 16 Trendlinje for driving av dobbeltsporet jernbanetunnel

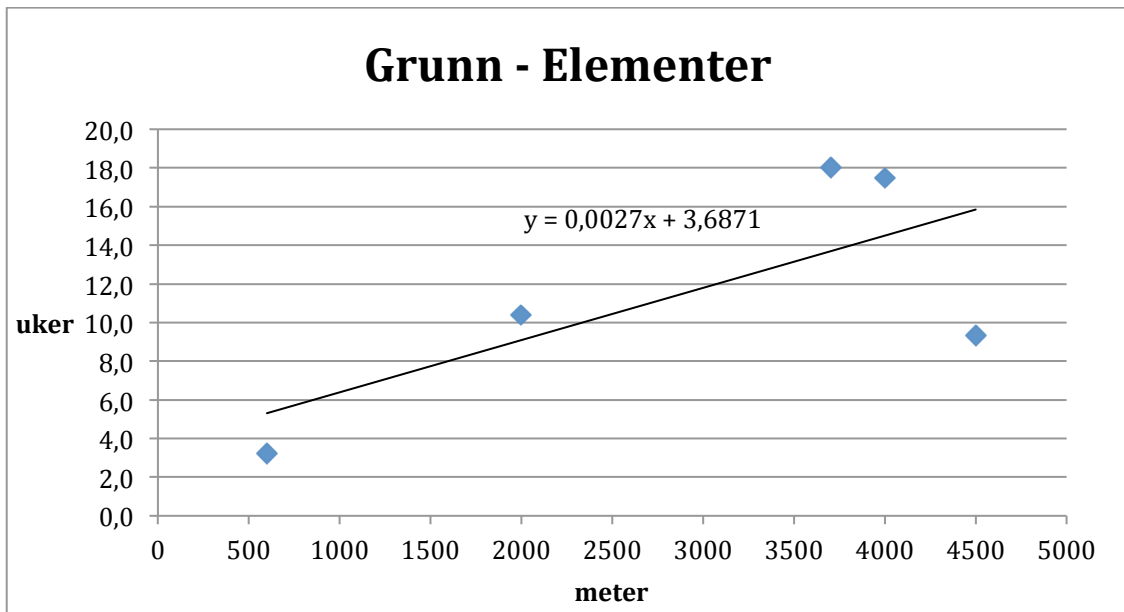
Grunnarbeider

Grunnarbeider skiller mellom fullutstøpt profil og betongelementer. Dette er fordi deler av grunnarbeidene utføres ulikt for de to metodene. Ved fullutstøping må du blant annet lage spor for flytting av støpevogna. Det er total tunnallengde som brukes til å framstille byggetiden (x-aksen i trendlinjene) og ikke tidsbestemmende stuff.

Grunnarbeidene i jernbanetunnelene hadde var i varierende grad kritiske for fremdriften. De fleste tunnelene i grunnlaget er drevet med tverrslag og flere angrepspunkt. Derfor har det i større grad vært mulig å jobbe med ulike aktiviteter i forskjellige deler av tunnelen. Noen hadde mye av arbeidene på kritisk linje, mens for andre var det mindre.

Formen på trendlinja ble unaturlig ved innsetting av alt av grunnarbeider i diagrammet og så regne ut tidsbestemmende faktor. Derfor ble kun det som var tidsbestemmende tatt hensyn til for *Grunn-Elementer*. Grafen har derfor tidsbestemmende faktor 1. For *Grunn-Fullutstøpt* ble det i midlertidig gjort med alt av grunnarbeider og med tidsbestemmende faktor 0,11.

Figur 17 kommer fra hjelpearket *Grunn-Elementer* i Vedlegg I. Trendlinje for Grunn-Fullutstøpt ligger i Vedlegg D.



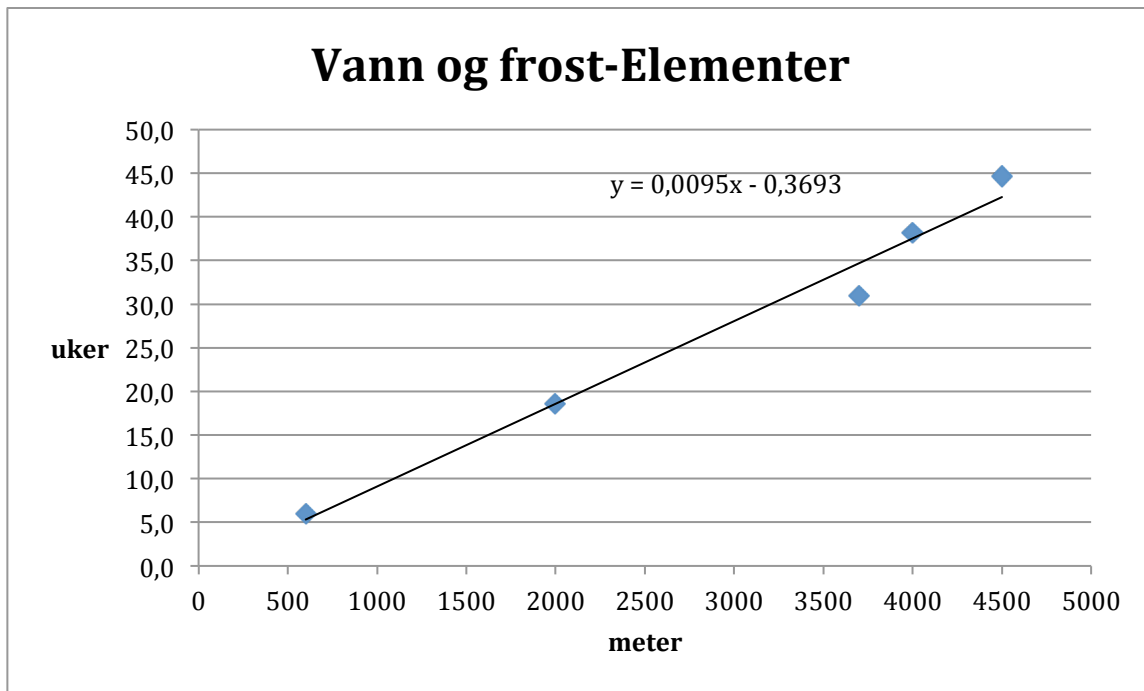
Figur 17 Trendlinje for grunnarbeider med elementer

Vann- og frostsikring

Vann- og frostsikring er av lignende årsak inndelt i samme kategorier som grunnarbeider. Utført med enten elementer eller fullutstøpt. Det er helt forskjellige konstruksjoner som skal bygges, så det å sammenligne de ville blitt feil.

Det var varierende grad av overlapping med andre aktiviteter. Noe av arbeidet overlappet med driving slik at ikke alt ble tidsbestemmende. Som for veitunneler defineres vann- og frost som tidsbestemmende hvis grunnarbeider og vann- og frost overlapper.

Figur 18 kommer fra hjelpearket *Vann- og frost-Elementer* i Vedlegg I. Total tunnallengde er uttrykt på x-aksen og byggetid på y-aksen. Trendlinje for *Vann- og frost-Fullutstøpt* ligger i Vedlegg D.



Figur 18 Trendlinje for vann- og frostsikring med elementer

4.5 Resultater fra innsetting i veimodellen

For å undersøke forskjellene mellom tidligfasemodell for veitunneler fra 2014 og 2017 er det satt inn noen tunnelkonfigurasjoner som er vanlige i Norge i hver av de to modellene.

Byggetid og forskjellen mellom de to modellene ligger i tabellen under. Resultatene er drøftet i diskusjonsdelen (kapittel 5.1).

Tabell 11 Sammenligning av veimodell, 2014 og 2017

Lengde (m)	Tunnelprofil	Tunnelklasse	Byggetid 2014 (uker)	Byggetid 2017 (uker)	Differanse (2017-2014)
1. 700	T9,5	B	70,7	80,1	9,4
2. 2000	T8,5	B	93,3	97,1	3,8
3. 7000	T9,5	B	212,6	200,1	-12,5
4. 1500	T10,5	C	73,3	90,3	17
5. 3000	T10,5	C	135,8	132,6	-3,2
6. 800	2x9,5	E/F	97,4	91,8	-5,6
7. 2300	2x9,5	E/F	194,7	195,4	0,7

5. Diskusjon

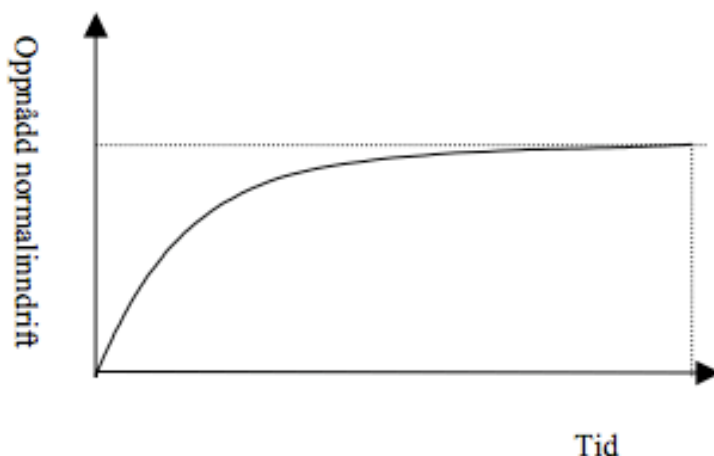
Diskusjonskapittelet drøfter resultatene som er gjennomgått i foregående kapittel. Her forklares bakgrunnen til vurderinger rundt utviklingen av modellene. Feilkilder til metoden som er brukt er diskutert. Det anbefales også hvordan modellene skal brukes. Til slutt er bransjeutfordringer tilknyttet byggetid diskutert i kapittel 5.3.

5.1 Tidligfasemodellen for veitunneler

Tidligfasemodellen for veitunneler er blitt oppdatert og datagrunnlaget er blitt tilført 13 nye tunneler. Hvilke tunneler som er fra denne masteroppgaven og hvilke som er fra 2014 er enkelt å se. Alle data fra denne oppgaven er merket i oransje i Vedlegg G. Totalt er det nå prosjektdata fra 38 tunneler som inngår i grunnlaget til modellen. 11 av disse er 2-løpstunneler og 27 er 1-løpstunneler.

Noen av svakhetene til den forrige modellen henger igjen i 2017 utgaven. For noen av tunnelprofilene og tunnelklassene er det for få prosjekter som ligger inne i grunnlaget. Blant annet tunnelklasse C og D, som det bygges rimelig mange av har kun 4 tunneler hver i grunnlaget. For klasse B er det 17 og for E/F T9,5 er det 8. Innsetting av flere tunneler vil forhåpentligvis gi et bedre og sikrere grunnlag.

Tunneler på under 500 meter er definert som utenfor intervallet til tidligfasemodellen til vei. Dette er fordi tunneler under 500 meter samsvarer dårlig med en lineær framstilling. Når tunnallengden x går mot null vil ikke det tilsi at byggetid også går mot null. Det er vanskelig å oppnå normal framdrift på driving de første 3-6 ukene (NTNU-Anleggsdrift, 1999) slik at framstillingen hadde blitt skjev. Hvis drivinga foregår i 12 uker og halvparten av tida drives det ikke optimalt vil ikke dette kunne sammenlignes med tunneler som drives optimalt i nesten hele livsløpet.

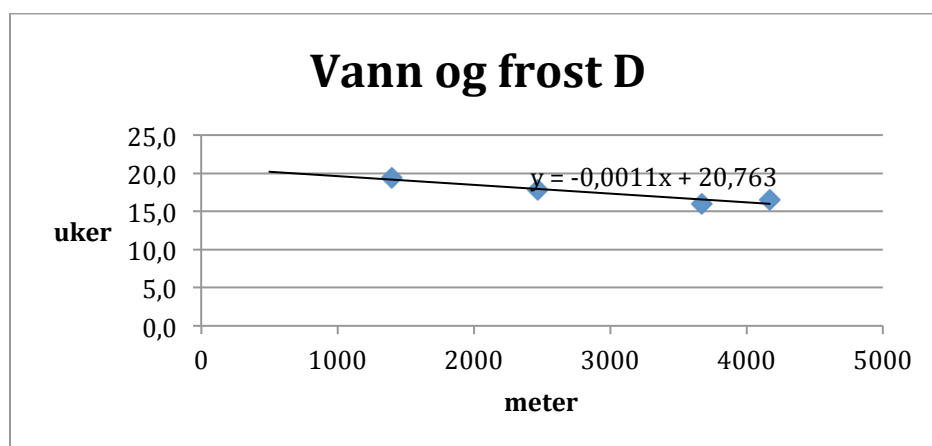


Figur 19 Inndrift ved oppstart driving (NTNU-Anleggsdrift, 1999)

Gjennomsnittslengde og median til 1-løpstunnelene i datagrunnlaget er henholdsvis 3108 og 3222 meter. Den lengste tunnelen er på nesten 11 kilometer, men kun 2 tunneler er lengre enn 5,8 kilometer. Derfor vil nok de beste resultatene ved bruk av modellen for 1-løpstunneler ligge i intervallet 500-6000 kilometer. Den vil sannsynligvis gi gode resultater opp mot 11 kilometer også, men absolutt best innenfor 0,5-6 kilometer.

For 2-løpstunneler ligger gjennomsnittet og medianen av tunnellengdene på 1800 og 1700 meter. Den lengste tunnelen er på 3,8 kilometer. Anbefalt intervall ved bruk av modellen ligger mellom 500-4000 meter.

Som nevnt er det bygget for få tunneler med noen av tunnelklassene og profilene. Derfor har noen av trendlinjene modellen baserer seg på fiktive hjelpepunkt. For eksempel driving av 2-løpstunnel med T12,5 profil er det kun en tunnel i grunnlaget. Ved innsetting av flere tunneler kan hjelpepunktene fjernes. Det har også blitt satt inn hjelpepunkt i alle trendlinjene til tunnelklasse D. (Grunn, vann- og frost og elkom). Dette var med i den forrige masteren også og har ikke blitt fjernet. Årsaken til bruk av hjelpepunkt er at trendlinjene gir misvisende resultater uten den manuelle innblanding. For eksempel vann- og frost D ville fått et negativt stigningstall på trendlinja (figur 20). Resultatet uten hjelpepunkt ville da blitt at jo lengre tunnel som skal bygges jo kortere tid tar vann- og frostsikring. Gjennom innsetting av flere tunneler av klasse D vil hjelpepunktene kunne fjernes.



Figur 20 Vann- og frost D uten hjelpepunkt

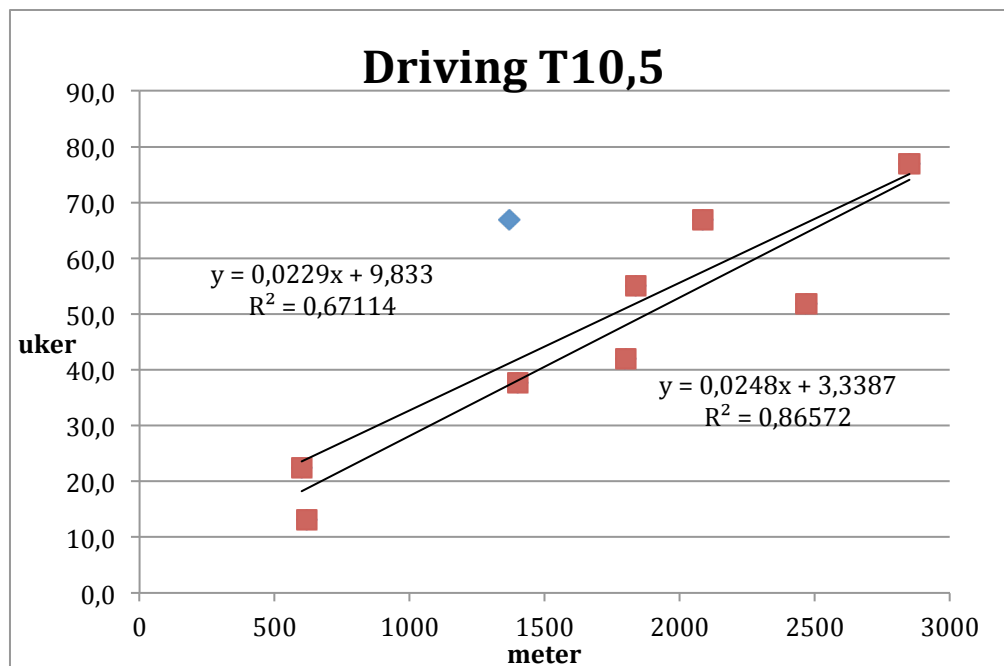
Det var ønskelig at modellen skulle inkludere injeksjon da det har veldig mye å si for framdriften på driving. (SVV, 2016b) Det ble vanskelig å få til da dette er en modell til bruk

på et tidlig stadiet i prosjektet. Informasjon om grunnforholdene er da på et minimum. I hvert fall når det gjelder injeksjon. Injeksjon er vanskelig å planlegge for. Nøyaktig hvor mye injeksjon det blir vet du som regel ikke før du er der på stuff. Det har vært tilfeller der det drives 2 parallelle løp og det ene løpet har hatt betydelig større problemer med vannlekkasjer enn det andre. (Lima, 2017). Spørsmål 16 i spørreskjemaet (Vedlegg A) omhandler injeksjon, men det kom ikke inn svar som kunne brukes til utvikling av en eventuell injeksjonsfaktor. Det var som regel behovsprøvd injeksjon som ble brukt. Noen tunneler inneholdt små partier med systematisk injeksjon over bekker eller bebyggelse, men ikke nok til at det kunne implementeres noen sammenheng.

Sammenligning av modell fra 2014 og 2017

Modellene fra 2014 og 2017 hadde varierende grad av ulikhet (tabell 11). Noen tunnelkonfigurasjoner var rimelig like, mens andre sprikte mye i estimert byggetid. Tid på forskjæring har økt i den nye modellen både for 1- og 2-løpstunneler. Den ulikheten mellom de 2 modellene er tilstede uansett. Der forskjellen var størst, konfigurasjon nr. 4 var utviklingen til den nye modellen positiv. Modellen fra 2014 gav veldig lik byggetid for konfigurasjon 1 og 4, noe som virket urealistisk. At utviklingen har begynt å gå motsatt vei er positivt. Den vil forhåpentligvis øke, ved innsetting av flere tunneler av klasse C.

Ved sammenligning av modellen fra 2014 og 2017 var det noen tydelige forskjeller. Det viser hvor høy sensitivitet modellen har ved innsetting nye prosjekter. Spesielt trendlinjene som baseres på få prosjekter. Et godt eksempel på det er figuren på neste side. Den viser trendlinje for driving av tverrsnitt T10,5. Her har du 2 ulike trendlinjer, den ene med betydelig bedre R^2 verdi. R^2 verdien sier noe om hvor god korrelasjon det er mellom datapunktene på trendlinja. R^2 verdi lik 1 tilsvarer perfekt korrelasjon. Ikke bare er den nedre linja bedre korrelasjon mellom datapunktene, men forskjellen mellom de 2 trendlinjene er betydelig. Spesielt for kortere stuffer. Ved tidsbestemmende stuffer lik 800 meter er forskjellen på driving 5 uker. Den eneste forskjellen mellom trendlinjene er at den øverste trendlinja inkluderer alle punktene, både røde og blå. Den nedre har ikke det blå punktet som inndata. Dette illustrerer problemet med ekstremverdier for denne framgangsmåten. Bruker eller eventuelle parter som skal videreutvikle modellen bør være klar over dette. Driving T10,5 har mange datapunkt – totalt 9 – i forhold til andre trendlinjer hvor dette problemet eskalerer.



Figur 21 Eksempel på sensitiviteten til trendlinjene

Ved innsetting av flere tunneler i grunnlaget kan fjerning av ekstrepunkt vurderes. Til nå er det for få datapunkt i modellen til at det er blitt tatt opp til vurdering. Det må være en god begrunnelse for at ekstrepunkt ikke skal tas med.

5.2 Tidligfasemodell for jernbane

Tidligfasemodellen for jernbanetunneler har samme oppbygging som tidligfasemodellen for veitunneler, den er derfor meget brukervennlig. Det kreves lite inndata, noe som er en forutsetning for at den skal være enkel og kjapp å bruke. Eneste inndata som kreves er tunnallengden i antall meter.

Modellen har fått et solid datagrunnlag når det gjelder tunneler bygd med betongelementer som vann- og frostsikringsløsning. Det er 6 tunneler som er grunnlaget for driving og 5 for grunnarbeider og vann- og frost. Dette er et rimelig grunnlag, sammenlignet med flere av trendlinjene for veitunneler. Trendlinjene for driving og vann- og frost har begge god korrelasjon, 0,86 og 0,98. Dette kan tyde en riktig framgangsstilling og at lineær utvikling er en god måte å estimere byggetiden på. Alle verdiene fra det samme prosjektet, så det kan gi utslag hvis datagrunnlag blir innhentet fra andre prosjekter. For tunnelene med elementer er gjennomsnittslengden på nesten 3 km. Den lengste tunnelen er 4,5 kilometer lang og den korteste er 600 meter. Et anbefalt intervall for bruk av tidligfasemodell for jernbane er 500-5000 meter.

Tidligfasemodellen for jernbane inneholder aktivitetene fra samhandlingsprosessen til vann- og frostsikring. Dette er aktivitetene som tradisjonelt sett utføres av anleggsentreprenører ved en hovedentreprise. Måten de jernbanetekniske og elektriske arbeidene var kontrahert på Farriseidet-Porsgrunn prosjektet ble det krevende å finne byggetiden tunnel for tunnel. Kontraktene og dermed fremdriftsplanene var for hele strekket, mens anleggsentreprisene var delt i 4. Ved videre arbeid med modellen kan det være nyttig å inkludere fasene som ikke er med i den nåværende utgaven. Det jernbanetekniske, elektro og testfase.

For vann- og frostsikringsløsning med membran og fullutstøpning er det foreløpig 1 tunnel i grunnlaget. Det er til bygget 2 jernbanetunneler i Norge med denne metoden. Fordi datagrunnlaget er såpass tynt vil jeg ikke anbefalt å bruke den til estimering av byggetid på det nåværende tidspunkt. Om det i hele tatt kommer til å bli bygd mange tunneler med denne metoden på en stund er jo en annen sak. Den har vært mye omdiskutert (Teknisk Ukeblad, 2012). Det er i hvert fall en start hvis noen i etterkant ha lyst til å fortsette arbeidet og sette inn eventuelt nye tunneler i grunnlaget for jernbanetunnel med fullutstøpning.

5.3 Byggetid

Resultatene fra spørreskjema indikerer at mange av tunnelprosjektene hadde for kort byggetid. 40% av tunnelene i spørreskjemaet var oppgitt med for kort byggetid. En av forklaringene til dette var:

”Byggetiden ble satt etter erfaringer fra kjente entreprenører som ble vurdert til optimal. Når det viser seg at ett utenlandsk firma som i dette tilfelle får jobben, er nok byggetiden for kort.”

Noen utenlandske entreprenører har slitt med norske forhold for tunnelbygging. For eksempel OSSA ved Sørkjosen (nå var ikke fremdrift det mest graverende her) (Teknisk Ukeblad, 2015).

En annen forklaring for kort byggetid er at mengder og byggetid ikke samsvarer.

”Mengdene i kontrakten harmonerer ikke med byggetida. Fører til samtidigheter som igjen gir utfordringer med hensyn på HMS.”

Utfordringer med for kort byggetid for veitunneler har blitt tatt opp gjennom kontaktutvalget til Entreprenørforeningen - Bygg og Anlegg (EBA, 2016).

Blant synspunkter som har blitt tatt opp gjennom er kontaktutvalget er:

- SVV angir ikke noen kapasitet for driving av tunnel, dvs. boring, lading, sprengning, utlasting og maskinell rensk.
- SVV har ikke en standardisert metode for å beregne tidsforbruk til beskrevne mengder av:
 - Grunnarbeider inklusive grøfter
 - Vann og frostsikring
- Dagmulksbelagte tidsfrister medfører at det i tunnel altfor ofte arbeides med driving, sikring og etterarbeider samtidig
- Det har vært dødsulykker ved samtidig arbeide i tunneler.

I EBA presentasjonen ble det presentert eksempler fra tunneler hvor mengder fra kontrakten er satt inn i et ekvivalenttidsregnskap. Kapasitetene som brukes er hentet fra NS3420. Ut ifra

regnskapet det kan det tyde på at alle tunnelene har for kort byggetid. Det er i noen tilfeller store sprik i mellom hva vegvesenet mener er tilstrekkelig byggetid og hva entreprenør mener er oppnåelig. Diskusjoner rundt dette pågår sannsynligvis på hvert prosjekt. Det er ikke meningen å argumentere for at entreprenør skal få all kontroll over byggetiden. Det ville ikke være en god utvikling.

Et eksempel hvor diskusjon mellom entreprenør og byggherre gjorde at byggetiden ble forlenget er E134 Gvammen-Århus (Byggeindustrien, 2014). Her hadde i hvert fall 3 entreprenører kommet med sine synspunkt rundt byggetid (SVV, 2014) slik at vegvesenet gav ekstra byggetid på rundt et halvt år. Betenkelighetene til en entreprenør om byggetiden er gjengitt nedenfor:

” Selv om det er mulig å tenke seg et slikt driftsopplegg rent teoretisk er det meget betenkelig ut fra et HMS synspunkt og neppe forenlig med den HMS profil Statens Vegvesen og entreprenør har. Videre er dagmulkten satt til 1,25 millioner for både delfrist 1 og sluttfrist. Disse betraktningene vedrørende byggetid og sikkerhet gjør at vi har store betenkeligheter med å delta i anbudskonkurransen. Vi oppfordrer derfor Statens Vegvesen til å vurdere framdriften og datoene for delfrist 1 og sluttfrist en gang til.” (SVV, 2014)

Helse, miljø og sikkerhet er et av de viktigste aspektene ved byggetid. I presentasjonen til EBA argumenteres det med at når vegvesenet setter kort byggetid fører det til dårligere HMS for de som jobber i tunnelen. Entreprenørene overlapper aktiviteter for å unngå dagsmulkt. Da blir det flere samtidige aktiviteter i tunnelen. Mer samtidighet fører blant annet til flere maskiner i tunnelen samtidig og dårligere luftkvalitet. Det øker også sjansene for at ulykker skjer. I intervjuet på Kongsberg – kapittel 4.2 – ble utfordringene med å bygge sikkert når byggetida var presset diskutert (Gjennestad & Aakre, 2017). Ved for mange aktiviteter i tunnelen samtidig skal det mye mindre til før en ulykke inntreffer. Byggetid har i mange tilfeller vært en indirekte årsak til ulykker i tunneler. Ikke at det er en direkte årsak, men presset på byggetid kan føre til glipp i risikovurderinger som kan føre til ulykker. Svarene jeg fikk innsendt på spørreskjema understreker at kort byggetid og HMS er en utfordring. I kommentarene i kapittel 4.1 er det hensynet til HMS som blir tatt opp av flest respondenter.

Det skal ikke være slik at fordi du vil bygge fort så skal det gå utover liv og helse til de som bygger. Det gjelder både for entreprenør og byggherre. Hvem sitt ansvar er det at det bygges trygt? Er det byggherre som må sette lengde på prosjektet 100% rett? Eller er det entreprenør som må si ifra at så fort kan vi ikke bygge hvis det skal bygges sikkert? Og i verste fall utestå fra prosjekter de mener ikke er sikre for sine medarbeider? I bunn og grunn er det ansvaret til begge parter. Derfor bør entreprenør og byggherre samarbeide i større grad. Slik som på Gvammen-Århus hvor entreprenør sa ifra og vegvesenet tok det til etterretning. Nå ble jo dette prosjektet forsinket uansett, men det er ikke poenget. Poenget er at partene må samarbeide og komme til enighet om løsninger som fungerer for dem begge og som ikke går utover liv og helse til de som faktisk bygger tunneler i Norge.

6. Oppsummering

Det har i denne masteroppgaven blitt jobbet med estimeringsverktøy for byggetid i henholdsvis vei- og jernbanetunneler. Estimeringsverktøyene er ment til bruk i tidlig i prosjekteringsfasen, når man har begrensede kunnskaper om tunnelene.

Modellene er brukervennlige og er basert på reelle prosjekter. Brukervennlighet er vesentlig for at folk i bransjen skal ta de i bruk. Det er kun tunnallengde (og ÅDT for vei) som er nødvendig av inndata for et estimat. Det er også enkelt å endre forslagene til modellen hvis bruker er uenig. Det at modellen er basert på reelle prosjekter gir en forventning om at modellen kan gjengi virkelige forhold.

Forhåpentligvis kan modellene tas i bruk av både byggherre, entreprenør og konsulenter. For eksempel til supplerende av dagens metoder. Modellene kan bli brukt til å gi en pekepinn eller indikasjon på at utregnet byggetid er rimelig.

Bortsett fra en liten del av jernbanemodellen (fullutstøpt) skal modellene fungere godt så lenge de brukes hensiktsmessig. Likevel vil en kontinuerlig innsetting av nye prosjekter kunne forbedre modellene. Flere innsatte prosjekter vil gi ekstremverdier mindre innflytelse over estimatene. Det er også viktig å oppdatere med nye prosjekter for å fange opp eventuelle utvikling i byggetid. Det kan være bedre løsninger som gir raskere byggetid eller HMS krav som gir lengre byggetid.

Gjennom undersøkelser i forbindelse med masteroppgaven er det erfart at mange vei- og jernbanetunneler ofte har for kort byggetid. En realistisk byggetid er viktig både for økonomi, kvalitet og HMS. At balansegangen mellom økonomi, byggetid og HMS er riktig. Hvis fokuset er for konsentrert om å bygge raskest mulig kan dette gå utover HMS.

Litteraturliste

- Anlegg&Transport. (2015, 11 11). *Infrarød trafikkovervåking*. Hentet fra <http://www.at.no/transport/2015-11-11/Infrar%C3%B8d-trafikkoverv%C3%A5king-18168.html>
- Ausland, J. (2017). Telefonsamtale vår 2017.
- *Bane Nor Teknisk regelverk*. (2017). Hentet fra https://trv.jbv.no/wiki/Underbygning/Prosjektering_og_bygging/Profiler_og_minste_tverrsnitt#Normalprofil_for_tunneler
- Byggeindustrien. (2014). *Tunnelåpning forskyves til 2019*. Hentet fra <http://www.bygg.no/article/1204844>
- EBA. (2016). *Byggetid på tunnel - Notat om utfordringer med byggetid i veitunneler*. Entreprenørforeningen - Bygg og Anlegg.
- Gjennestad, J. (2017). Personlig kommunikasjon vår 2017. (E. Lima, Intervjuer)
- Gjennestad, J., & Aakre, O. (2017, April 28). Intervju på anleggsbesøk.
- Grøv, E., Nilsen, F., & Haug, R. (2012). *Contracts in Norwegian Tunnelling*. Norsk Forening for Fjellsprenningsteknikk NFF.
- Lima, J. (2017). Personlig kommunikasjon vår 2017.
- NCC. (2017). *Krevende kamp mot tunnelvann i Seljord*. Hentet fra <https://www.ncc.no/media/pressrelease-container/60eae55e0ec771c3/>
- Nilsen, B. (2016). *Ingeniørgeologi-Berg Grunnkurskompendium*.
- Nilsen, F. (2016). *Kompetanse og innovasjon: Bygging og drift av tunneler*. EBA/LNS.
- NTNU-Anleggsdrift. (1999). *Prosjektrapport 2F-99 Tunneldrift, Enhetstidsystem for driving, sikring og innredning*. NTNU.
- Samset, K. (2014). Forskningsmetodekurset 2014 - Del 1 Kvalitativ forskning.
- Sander, K. (2017). Hentet fra <https://estudie.no/kvalitative-metoder/>
- Stenersen, R. (2017, 4 18). *Krevende kamp mot tunnelvann i Seljord*. Hentet fra <https://www.ncc.no/media/pressrelease-container/60eae55e0ec771c3/krevende-kamp-mot-tunnelvann-i-seljord/>
- Stoltenberg, T., & Hedenstad, E. (2014). *Byggetid for vegtunneler*.

- SVV. (2010a). *Arbeider foran stoff og stabilitetssikring i vegtunneler- Teknologirapport 2538.*
- SVV. (2014). *Endring/tillegg i konkurransegrunnlaget - Endring nr: 11 Kontrakt: 2014/025277 E134 Gvammen-Århus, Hovedkontrakt K4 Dato: 18.08.2014 Saksbehandler: Trond Øygarden.* Hentet fra <https://kgv.doffin.no/app/docmgmt/downloadPublicDocument.asp?DVID=410635&FMT=1&AT=15&ID=118793>
- SVV. (2017a). *Håndbok R763B C3-12/13.*
- SVV. (2015). *Håndbok R761 Prosesskode 1.*
- SVV. (2016a). *N500 Vegtunneler.* Statens vegvesen, Vegdirektoratet.
- SVV. (2016b). *Slåst mot vatnet.* . Hentet desember 2016 fra Nyhetsarkiv-E134 Gvammen-Århus : <http://www.vegvesen.no/Europaveg/e134lifjellet/Nyhetsarkiv/sl%C3%A5st-mot-vatnet>
- SVV. (2017b). *Vegprosjekter 2014-2017.* Hentet fra <http://www.vegvesen.no/vegprosjekter/Om+vegprosjekter/Vegprosjekter+2014-2017>
- SVV. (2010b). *Vegtunneler - Håndbok 021.* Hentet fra <https://nmfv.dk/wp-content/uploads/2012/11/Statens-vegvesens-h%C3%A5ndbok-021-Vegtunneler.pdf>
- Teknisk Ukeblad. (2012). *Ny tunnelstandard et skritt tilbake.*
- Teknisk Ukeblad. (2015). *Vegvesenet skulle spare og valgte spansk. Prosjektet ble et mareritt.* Hentet fra <https://www.tu.no/artikler/vegvesenet-skulle-spare-og-valgte-spansk-prosjektet-ble-et-mareritt/275677>
- Vollan, S. O. (2017). *Personlig kommunikasjon vår 2017.*

Vedlegg

Vedlegg i oppgaven:

Vedlegg A – Spørreskjema for veitunneler

Vedlegg B – Spørreskjema for jernbanetunneler

Vedlegg C – Trendlinjer for veitunneler

Vedlegg D – Trendlinjer for jernbanetunneler

Vedlegg E – Intervjuguide

Elektroniske vedlegg:

Vedlegg F – Registrering fra Spørreskjema

Vedlegg G – Tidligfasemodell for veitunneler

Vedlegg H – Tidligfasemodell for veitunneler (brukerversjon)

Vedlegg I – Tidligfasemodell for jernbanetunneler

Vedlegg J – Tidligfasemodell for jernbanetunneler (brukerversjon)

Vedlegg K – Lydopptak fra intervju på Kongsberg

Vedlegg L – Kontaktede prosjekt

Vedlegg A Spørreskjema for veitunnel

Spørreskjema

Byggetid i veitunnel

Intro

1. 1. Ditt navn

2. 2. Prosjektnavn

3. 3. Tunnelnavn

Her skal kun navnet på en tunnel skrives inn. Er det flere tunneler på samme prosjekt, vennligst gjennomfør undersøkelsen en gang per tunnel.

Generell informasjon om tunnelen

4. 4. Tunnellengde

(i meter)

5. 5. Antall løp

Et kryss

Merk av for alt som passer

1

2

6. 6. Tunnelklasse

Et kryss

Merk av for alt som passer

A

B

C

D

E

F

7. 7. Tunnelprofil

Et kryss. Stemmer ikke noen av profilene vennligst skriv riktig profil under annet og kommenter dette i: (11. Kommentar)

Merk av for alt som passer

- T8,5
- T9,5
- T10,5
- T11,5
- T12
- T12,5
- T13
- T14
- T14,5
- Andre: _____

8. 8. Geologiske forhold

Slik det ble antatt før byggestart. Et kryss.

Merk av for alt som passer

- Dårlig
- Middels
- Gode

9. 9. Undersjøisk

Merk av for alt som passer

- Ja
- Nei

10. 10. Elektroentreprise

Kommenter gjerne i: (11. Kommentar)

Merk av for alt som passer

- Totalentreprise
- Sideentreprise
- Sideentreprise, hvor entreprenør har framdriftsansvar

11. 11. Kommentar

Driving

12. 12. Antall angrepstpunkter

Drives det fra flere enn 2 angrepstpunkter vennligst spesifiser i "14. Utfyllende informasjon".
Merk av for alt som passer

- 1
 2
 3
 4
 5
 6

13. 13. Vekseldrift

Merk av for alt som passer

- Ja
 Nei

14. 14. Lengde på tidsbestemmende stuff (Stuff på kritisk linje)

i meter

15. 15. Utfyllende informasjon

Ved mer en 2 angrepstpunkter, vennligst oppgi utfyllende informasjon om angrepstpunkter, vekseldrift og tidsbestemmende stuff. (For eksempel: 8000 meter lang 2-løpstunnel med tverrslag. 4 angrepstpunkt, 2 med vekseldrift, 2 med enstuffsdrift. På kritisk linje er det en stuff på 2800 meter (enstuffsdrift) og en på 1500 meter (vekseldrift) hvor 500 meter er på kritisk linje. Totalt 3300 meter tidsbestemmende stuff.

16. 16. Injeksjon

Ble det bestilt injeksjon? Hvis de to første alternativene ikke stemmer vennligst spesifiser. For eksempel: Systematisk injeksjon gjennom x antall prosent av tunnelen (type svakhetssoner). Eller systematisk sonderboring i x antall prosent av tunnelen. Kan gjerne bruke kommentar feltet for dette spørsmålet.

Merk av for alt som passer

- Nei
 Systematisk injeksjon hele tunnelen
 Andre: _____

17. 17. Hvor mye av tunnelen er drevet?

i prosent

12. 12. Antall angrepstpunkter

Drives det fra flere enn 2 angrepstpunkter vennligst spesifiser i "14. Utfyllende informasjon".
Merk av for alt som passer

- 1
 2
 3
 4
 5
 6

13. 13. Vekseldrift

Merk av for alt som passer

- Ja
 Nei

14. 14. Lengde på tidsbestemmende stuff (Stuff på kritisk linje)

i meter

15. 15. Utfyllende informasjon

Ved mer en 2 angrepstpunkter, vennligst oppgi utfyllende informasjon om angrepstpunkter, vekseldrift og tidsbestemmende stuff. (For eksempel: 8000 meter lang 2-løpstunnel med tverrslag. 4 angrepstpunkt, 2 med vekseldrift, 2 med enstuffsdrift. På kritisk linje er det en stuff på 2800 meter (enstuffsdrift) og en på 1500 meter (vekseldrift) hvor 500 meter er på kritisk linje. Totalt 3300 meter tidsbestemmende stuff.

16. 16. Injeksjon

Ble det bestilt injeksjon? Hvis de to første alternativene ikke stemmer vennligst spesifiser. For eksempel: Systematisk injeksjon gjennom x antall prosent av tunnelen (type svakhetssoner). Eller systematisk sonderboring i x antall prosent av tunnelen. Kan gjerne bruke kommentar feltet for dette spørsmålet.

Merk av for alt som passer

- Nei
 Systematisk injeksjon hele tunnelen
 Andre: _____

17. 17. Hvor mye av tunnelen er drevet?

i prosent

18. 18. Kommentar

Ved utfyllende informasjon.

Skiftordning

Hvor mange timer i skiftordningen blir brukt ved hver aktivitet?
For eksempel vil vanlig 12/9 ordning vanligvis ligge på 101 timer/uke.

19. 19. Driving og sikring

i timer/uke

20. 20. Veg og grunnarbeider

i timer/uke

21. 21. Vann- og frostsikring

i timer/uke

22. 22. Elektro og øvrig komplementeringsarbeid

i timer/uke

Start- og sluttdato

23. 23. Antatt dato for byggestart

Gjelder for start av forskjæring, etablering av påhugg eller rigging til tunnelarbeider, avhenging av hva som starter først.

Eksempel: 15. desember 2012

24. 24. Antatt dato for ferdigstilling av tunnelarbeider

Tidspunkt når tunnelen er ferdig innredet, testet og sikkerhetsgodkjent.

Eksempel: 15. desember 2012

25. 25. Antatt dato for start elektroentreprise

Eksempel: 15. desember 2012

26. 26. Kommentar

Ved utfyllende informasjon

Byggetid

27. 27. Mener du at byggetid ble vurdert som?

Ved utfyllende informasjon vennligst kommenter i: (29. kommentar)

Merk av for alt som passer

- For kort
- Optimal
- For lang

28. 28. Har valgt byggetid hatt innvirkning på kvalitet, HMS etc:

Hvis positivt eller negativt vennligst kommenter i: (29. kommentar)

Merk av for alt som passer

- Negativt
- Positivt
- Ingen

29. 29. Kommentar

Drevet av



Vedlegg B Spørreskjema for jernbanetunnel

Spørreskjema Jernbanetunnel

Intro

1. 1. Ditt navn

2. 2. Prosjektnavn

3. 3. Tunnelnavn

Her skal kun navnet på en tunnel skrives inn. Er det flere tunneler på samme prosjekt, vennligst gjennomfør undersøkelsen en gang per tunnel.

Generell informasjon om tunnelen

4. 4. Tunnellengde

I meter

5. 5. Antall spor i tunnelen

Merk av for alt som passer

- Enkeltspor
 Dobbeltspor

6. 6. Tverrsnitt på tunnelen

Teoretisk sprengningsprofil i m²

7. 7. Geologiske forhold

Antatt kvalitet på berget før drivestart.

Merk av for alt som passer

- Gode
 Middels
 Dårlig

8. 8. Vann- og frostsikringsløsning

Hva slags type vann- og frostsikring ble valgt i tunnelen?

9. 9. Kommentar

Eventuelt ved utfyllende informasjon

Driving

10. 10. Antall angrepspunkter

Drives det fra flere enn 2 angrepspunkter vennligst spesifiser i " Utfyllende informasjon".

Merk av for alt som passer

- 1
 2
 3
 4
 5
 6

11. 11. Vekseldrift

Merk av for alt som passer

- Ja
 Nei

12. 12. Lengde på tidsbestemmende stuff (Stuff på kritisk linje)

i meter

13. 13. Utfyllende informasjon

Ved mer en 2 angrepspunkter, vennligst oppgi utfyllende informasjon om angrepspunkter, vekseldrift og tidsbestemmende stuff. (For eksempel: 8000 meter lang 2-løpstunnel med tverrslag. 4 angrepspunkt, 2 med vekseldrift, 2 med enstuffsdrift. På kritisk linje er det en stuff på 2800 meter (enstuffsdrift) og en på 1500 meter (vekseldrift) hvor 500 meter er på kritisk linje. Totalt 3300 meter tidsbestemmende stuff.

14. 14. Injeksjon

Ble det bestilt injeksjon? Hvis de to første alternativene ikke stemmer vennligst spesifiser. For eksempel: Systematisk injeksjon gjennom x antall prosent av tunnelen (type svakhetssoner). Eller systematisk sonderboring i x antall prosent av tunnelen. Kan gjerne bruke kommentarfeltet for dette spørsmålet.

Merk av for alt som passer

- Nei
- Systematisk injeksjon i hele tunnelen
- Andre: _____

15. 15. Kommentar

Ved utfyllende informasjon

Skiftordning

Hvor mange timer i skiftordningen blir brukt ved hver aktivitet?
For eksempel vil vanlig 12/9 ordning vanligvis ligge på 101 timer/uke

16. 16. Driving og sikring

i timer/uke

17. 17. Grunnarbeider i tunnelen

i timer/uke

18. 18. Vann- og frostsikring

i timer/uke

19. 19. Elektro og komplimentering

i timer/uke

20. 20. Kommentar

Ved utfyllende informasjon

Byggetid

21. 21. Mener du at byggetid ble vurdert som?*Merk av for alt som passer*

- For kort
 Optimal
 For lang

22. 22. Har valgt byggetid hatt innvirkning på kvalitet, HMS etc:*Merk av for alt som passer*

- Negativ
 Positivt
 Ingen

23. 23. Kommentar

Ved utfyllende informasjon

Start-og sluttdato

24. 24. Antatt dato for byggestart

*Eksempel: 15. desember 2012***25. 25. Antatt dato for start elektroentreprise**

Eksempel: 15. desember 2012

26. 26. Antatt dato for ferdigstilling av tunnelarbeider

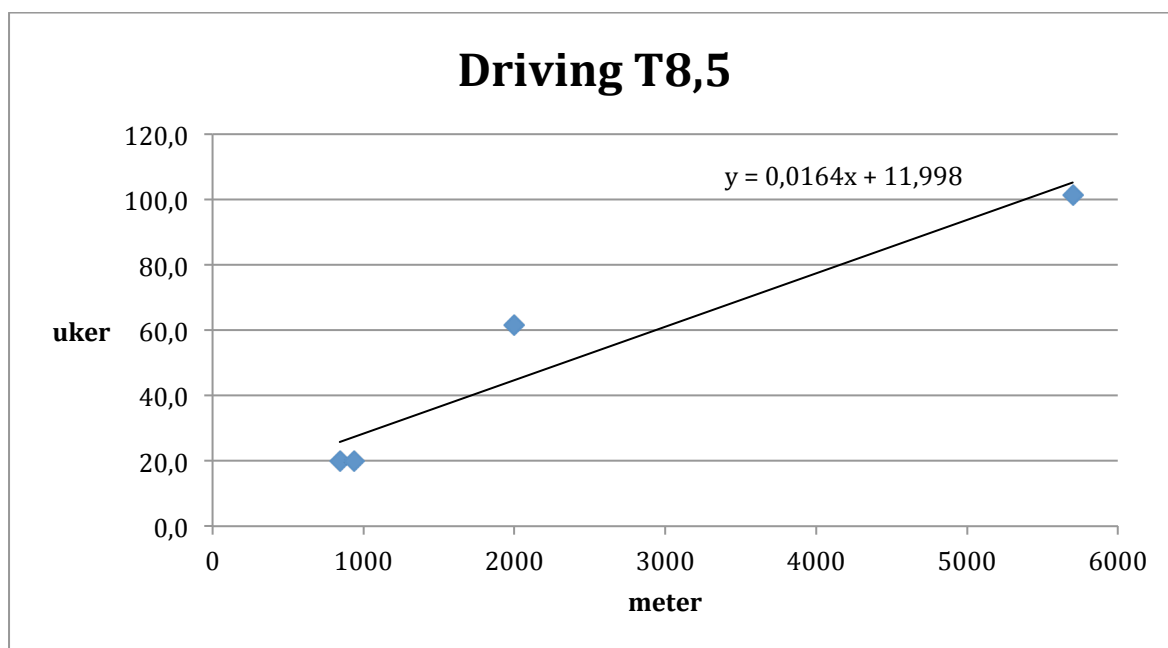
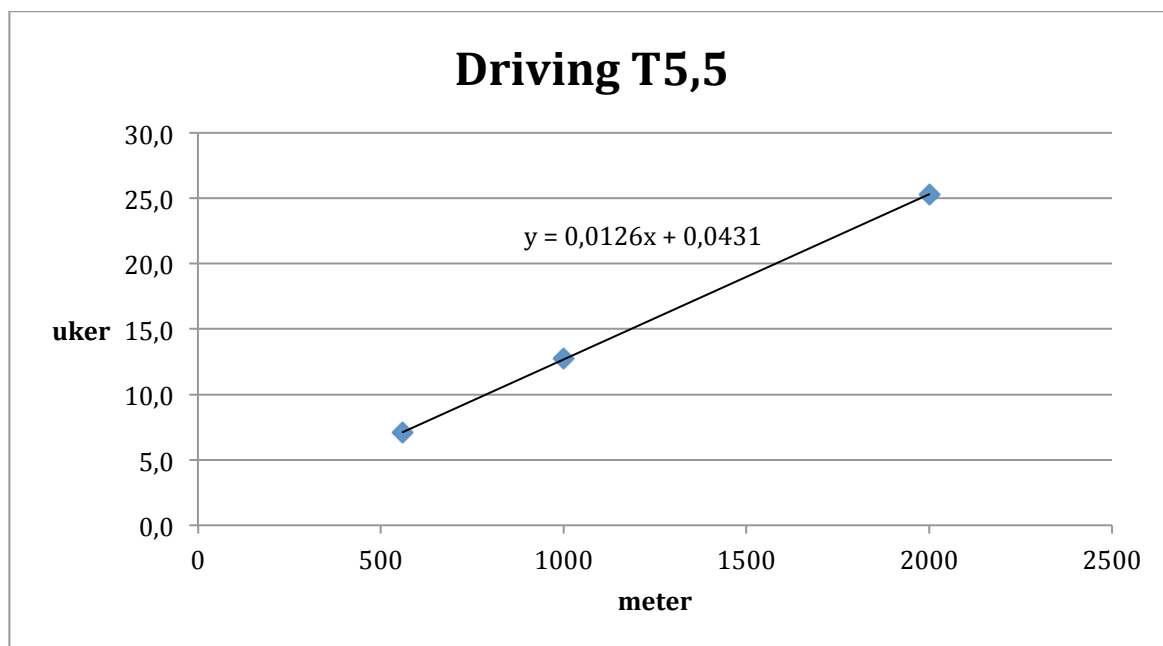
Tidspunkt når tunnelen er ferdig innredet, testet og sikkerhetsgodkjent. Som regel åpningen av tunnelen

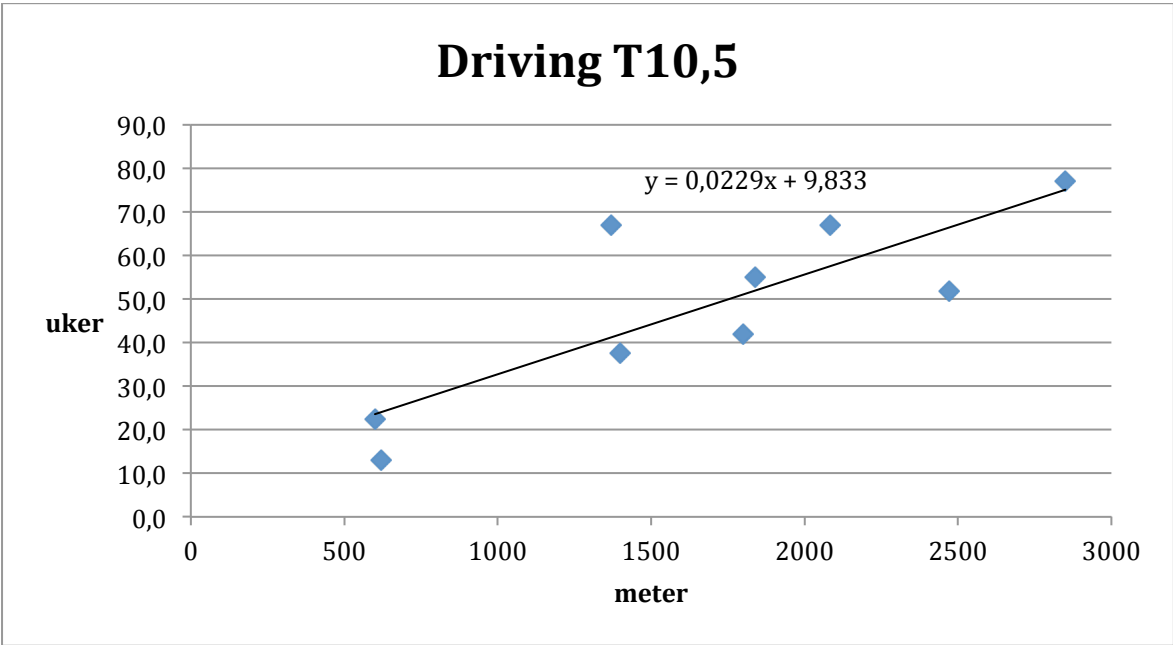
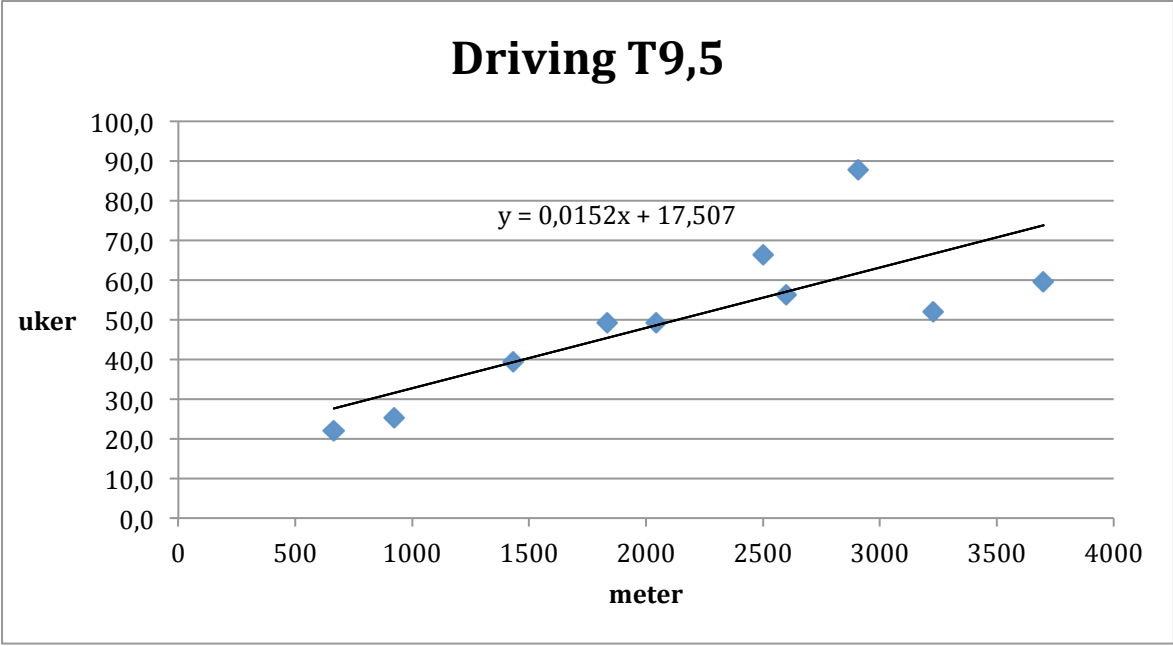
Eksempel: 15. desember 2012

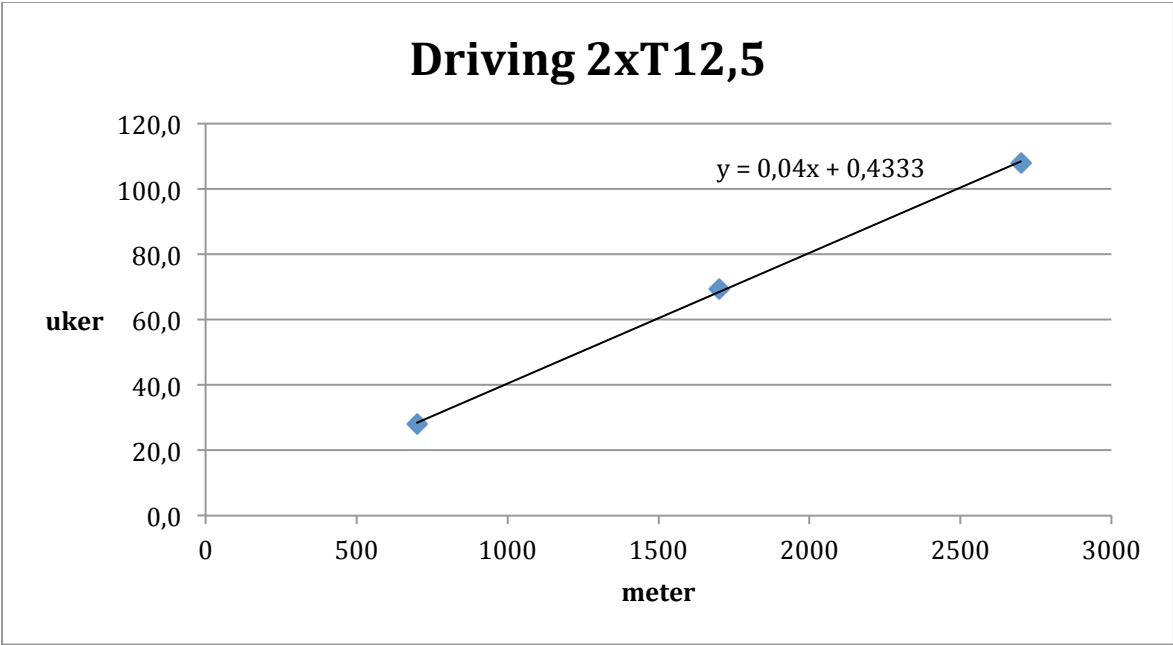
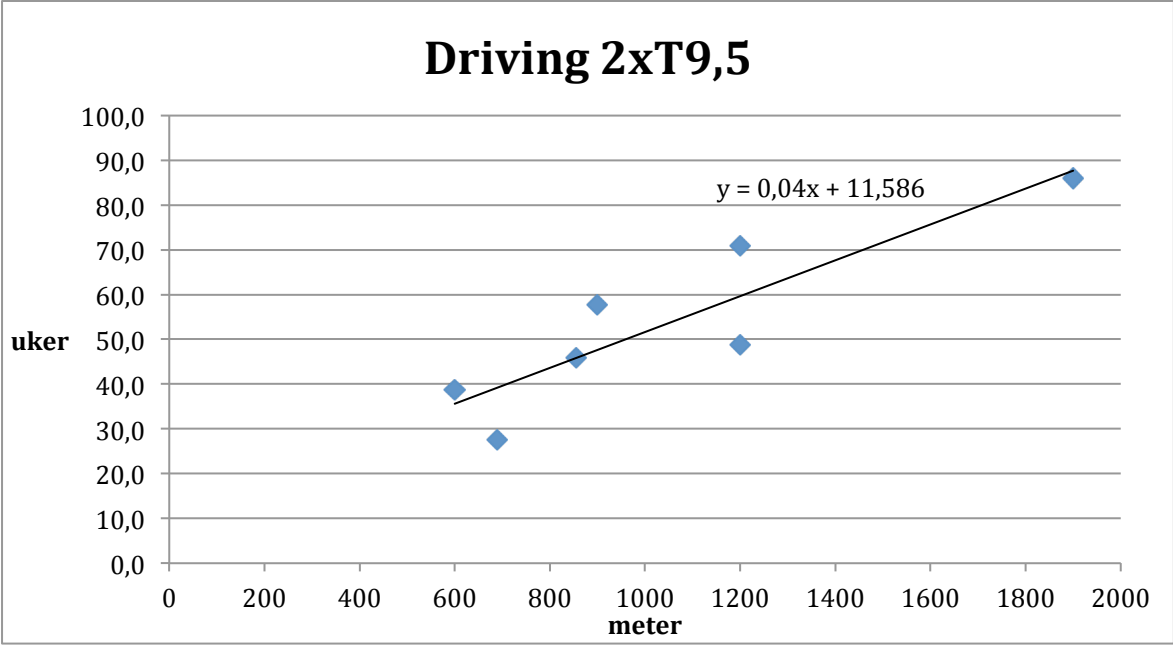
Drevet av

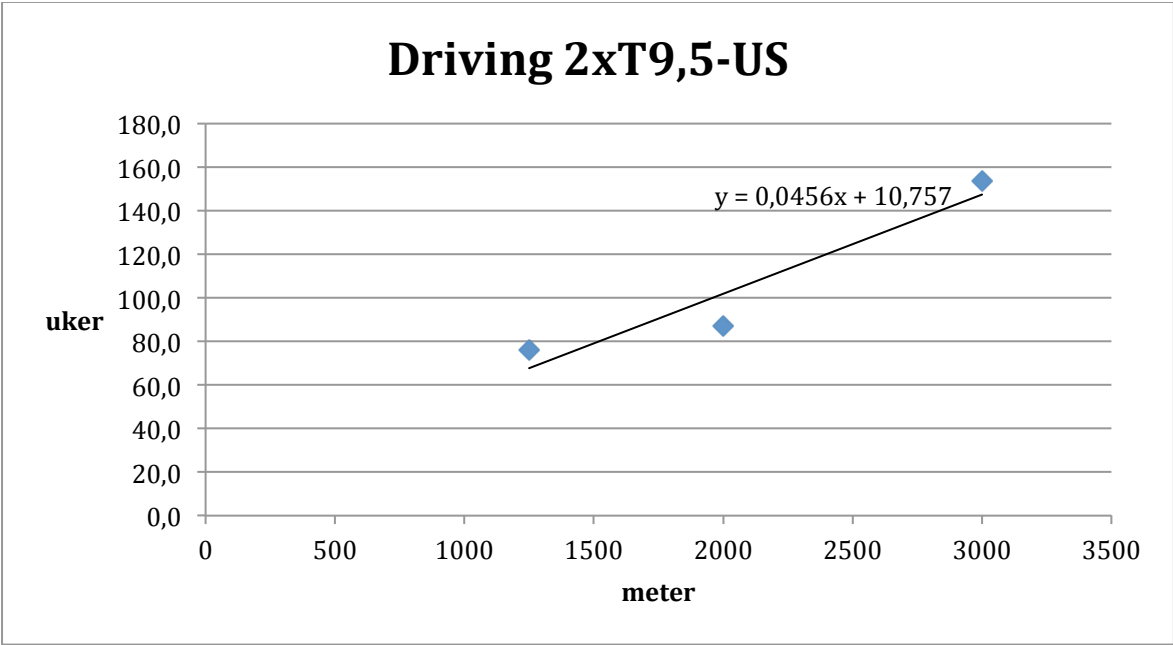
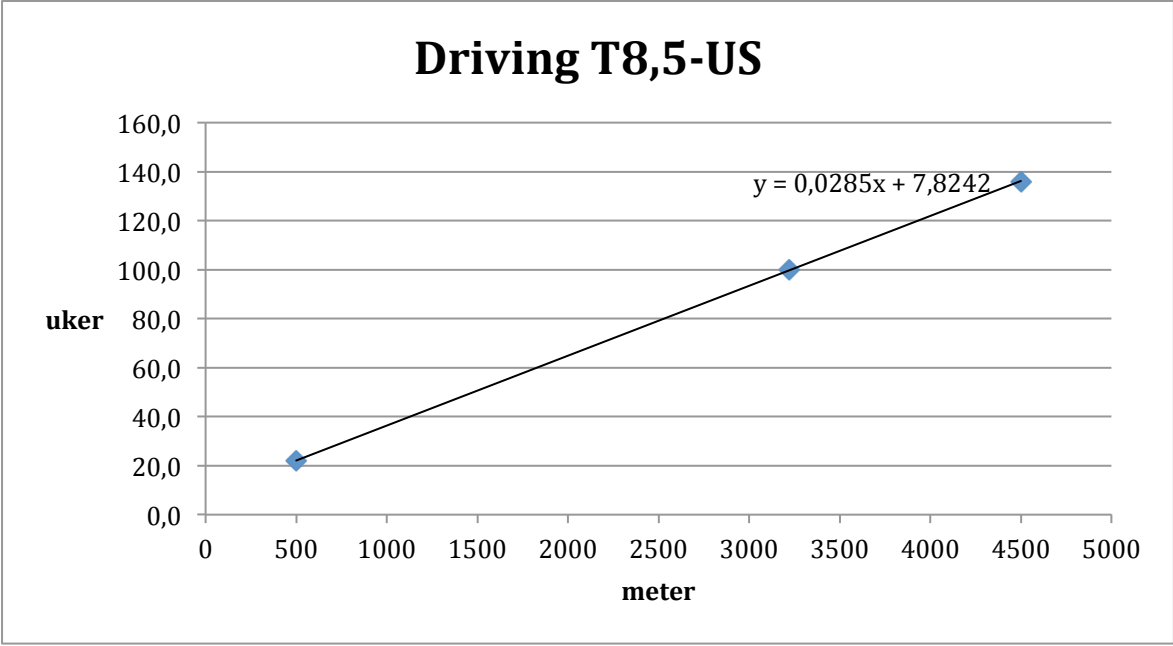


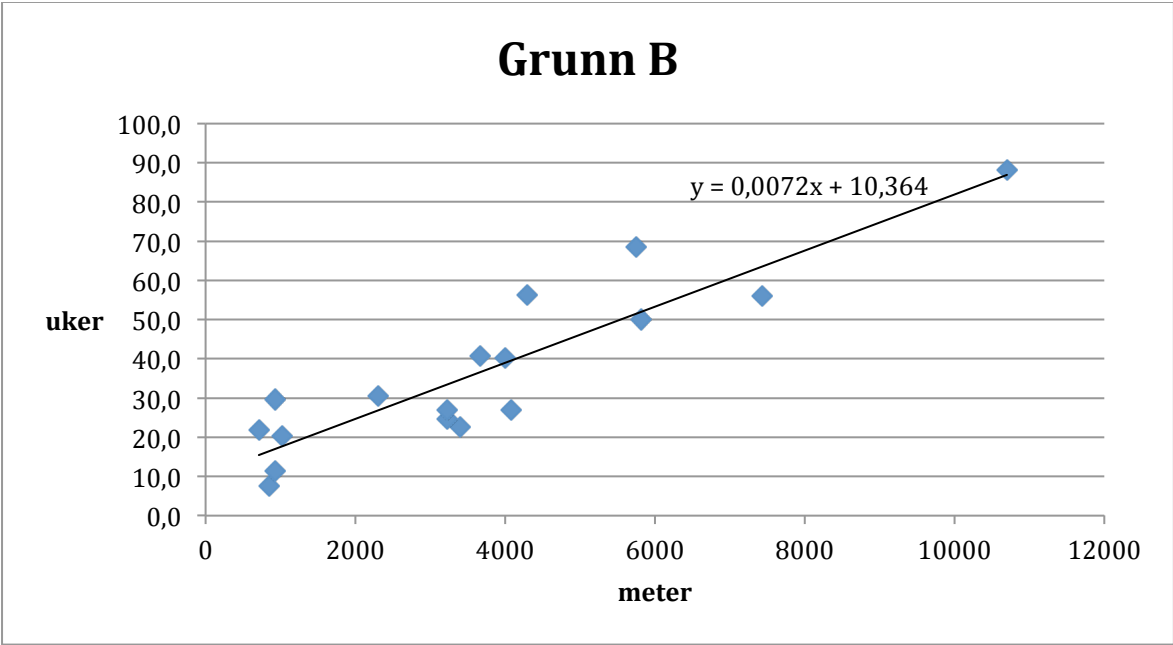
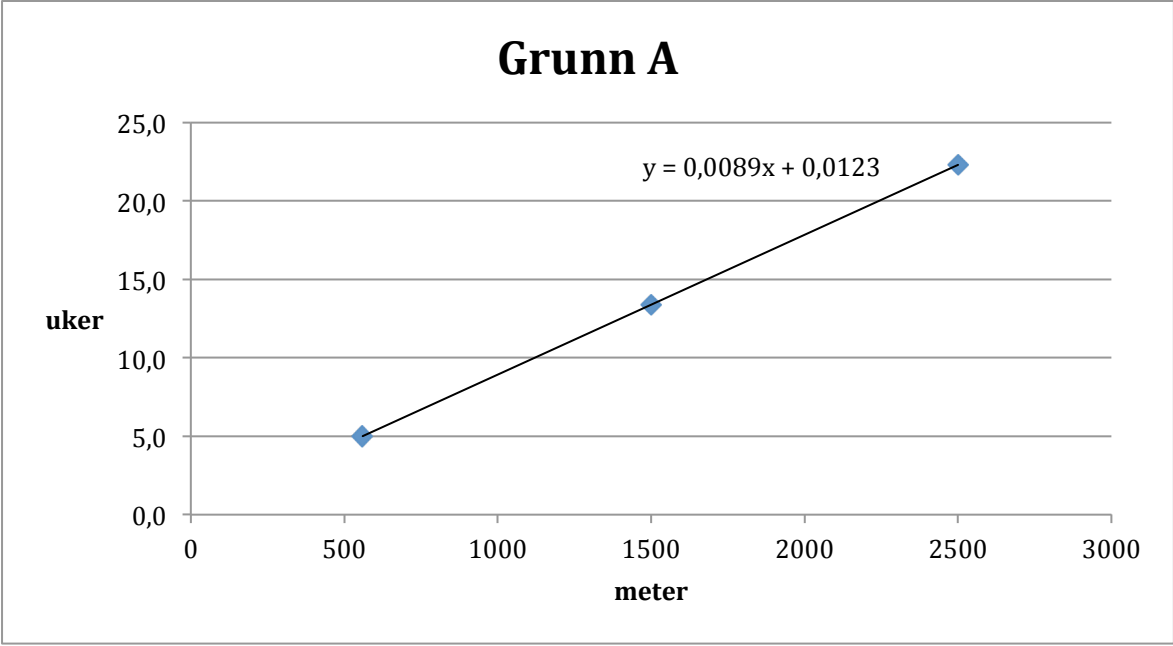
Vedlegg C Trendlinjer for veitunnel

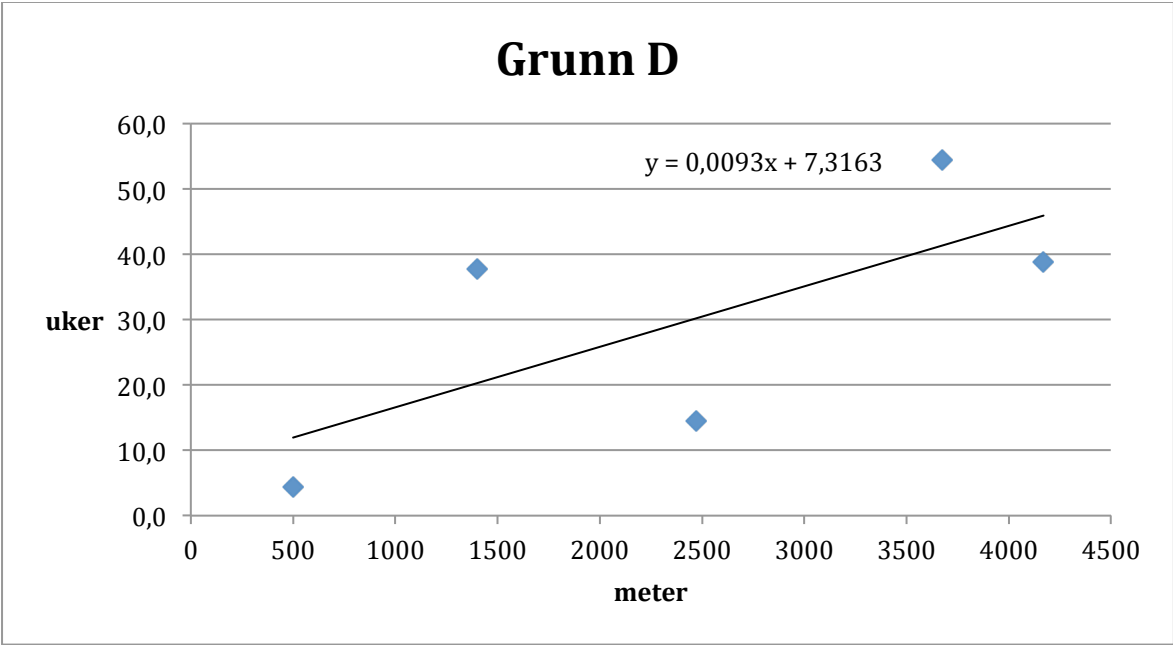
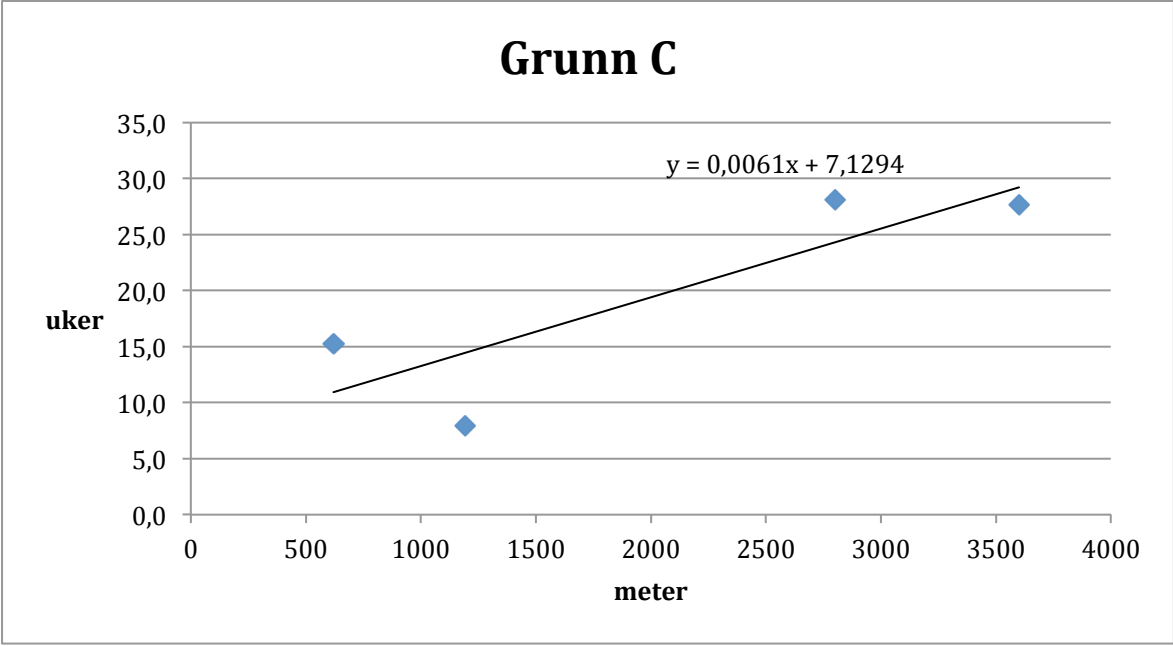


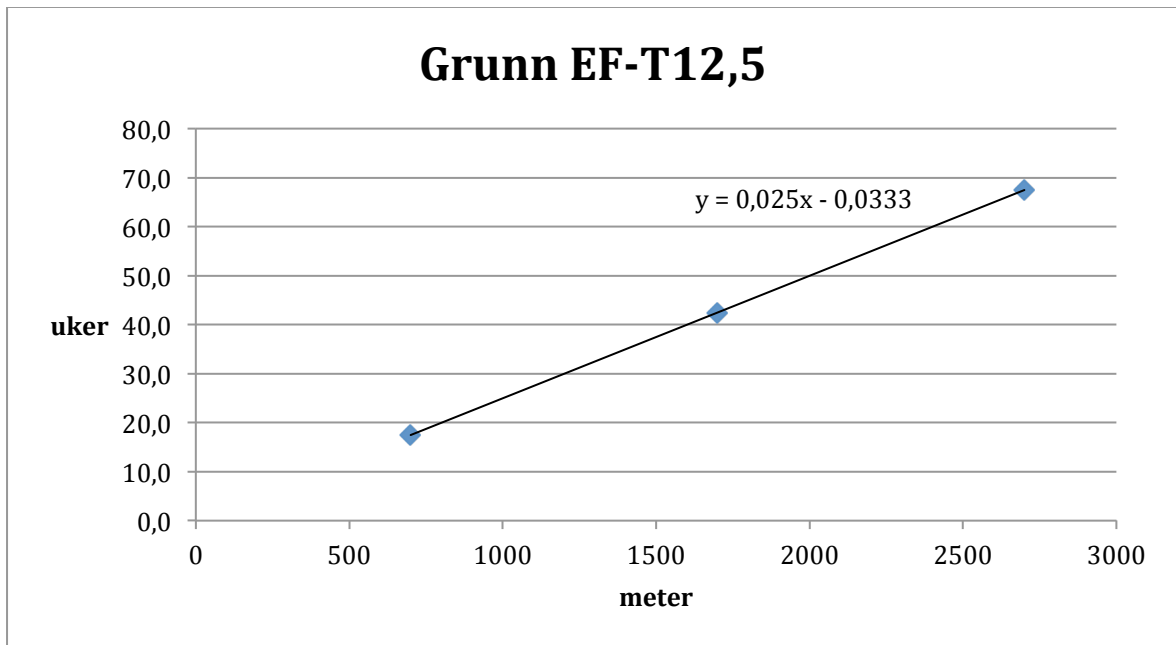
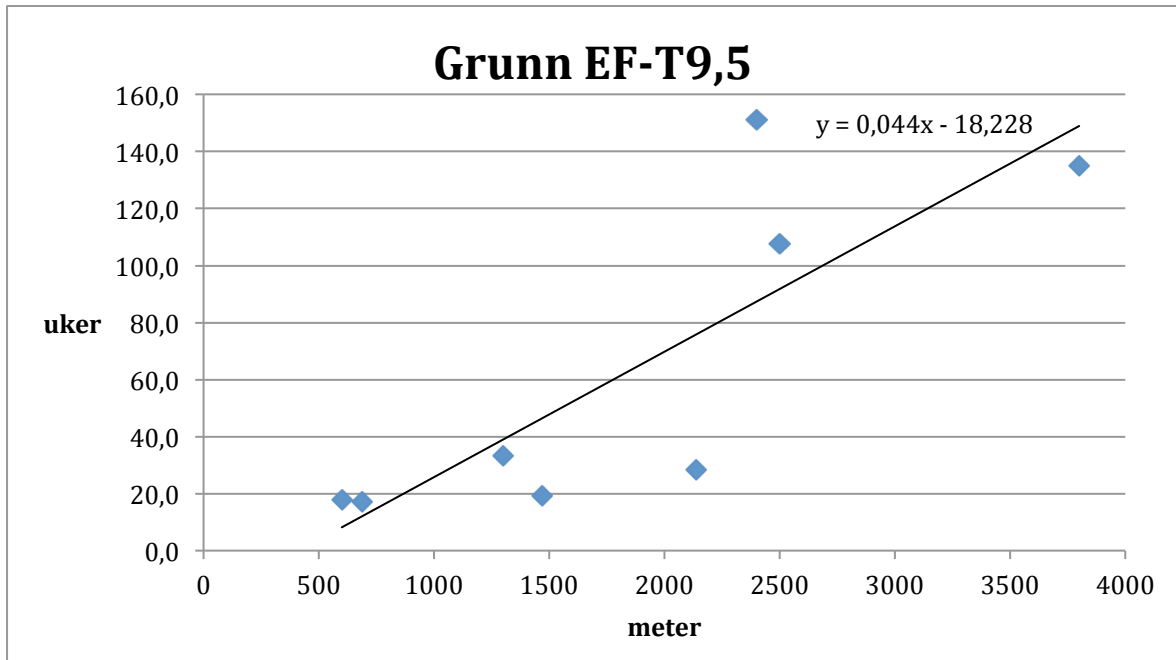


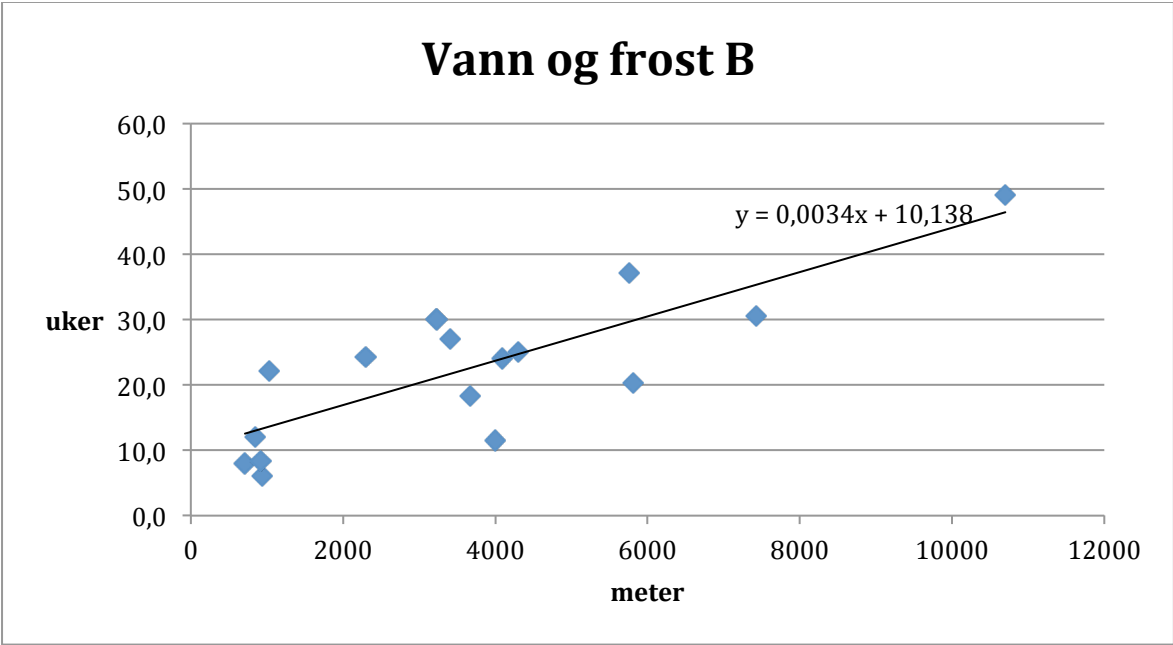
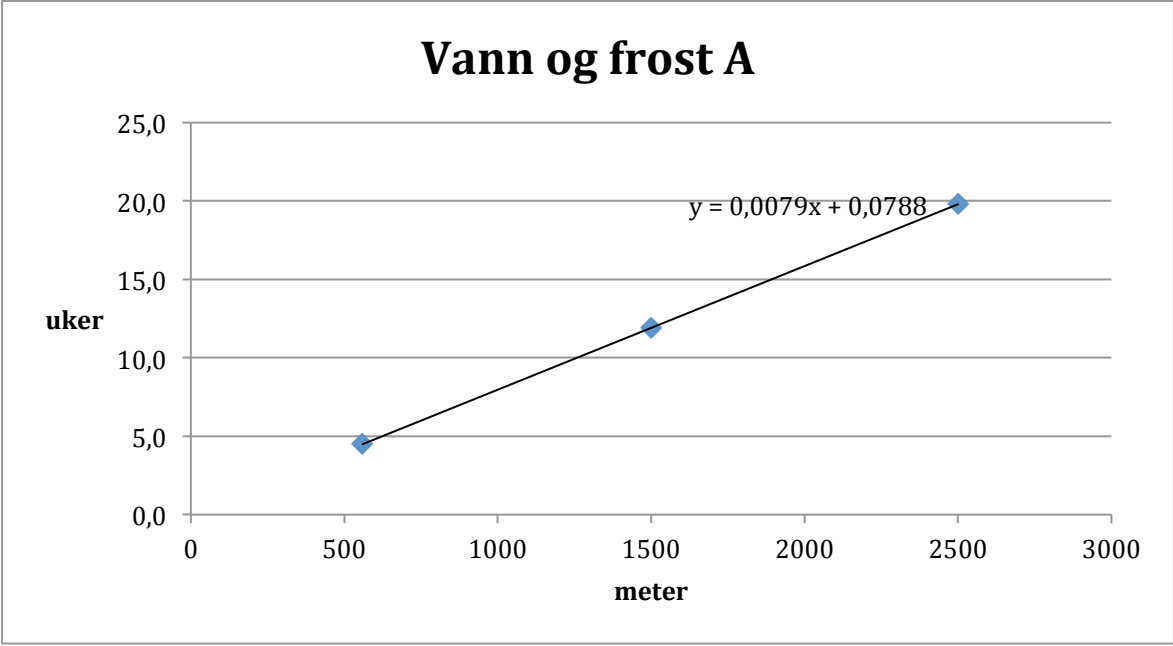


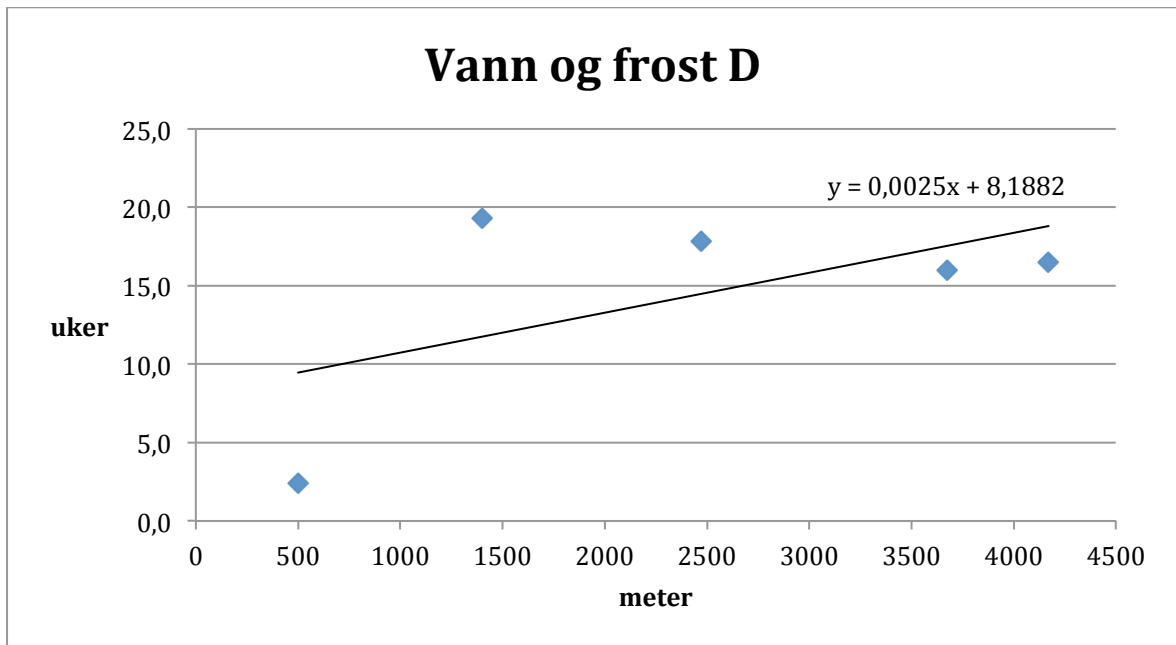
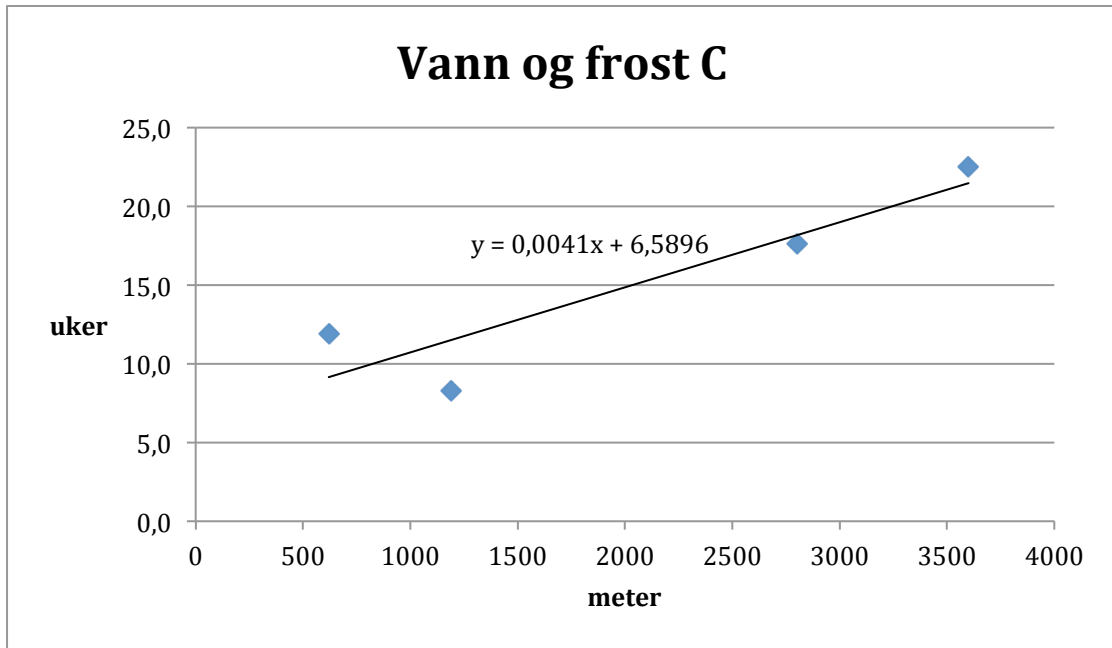


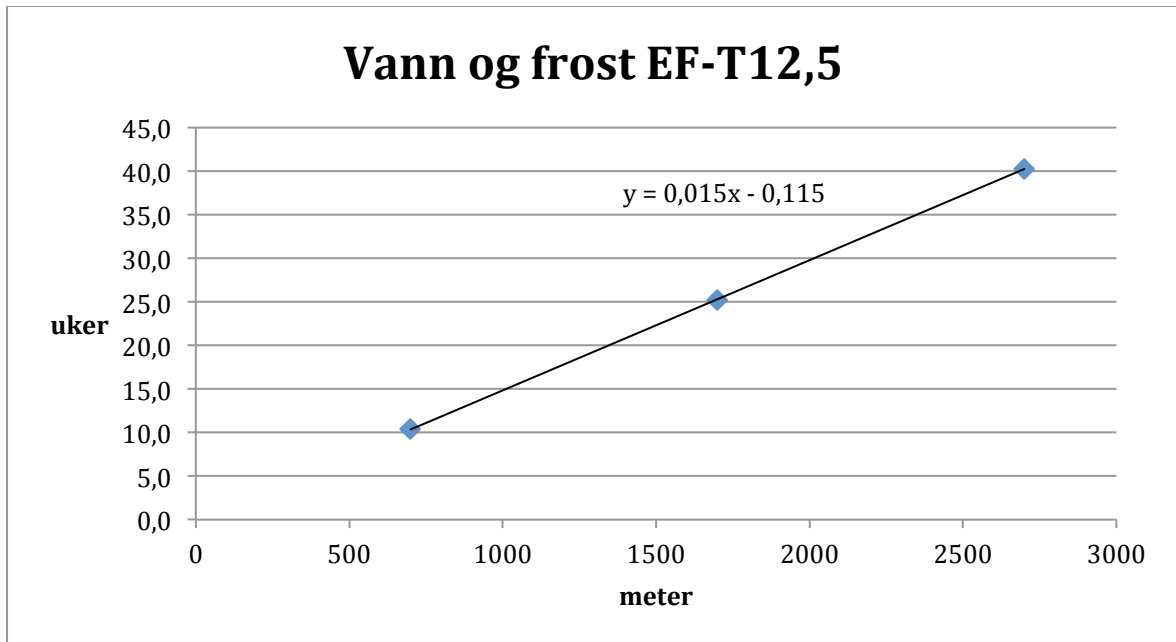
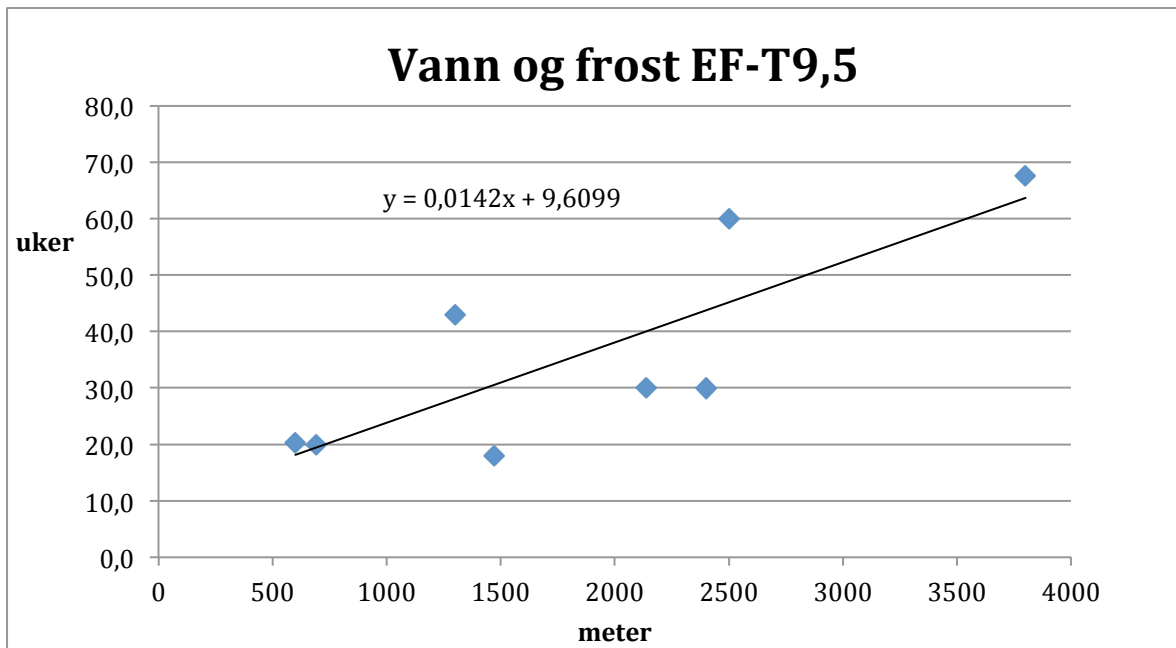


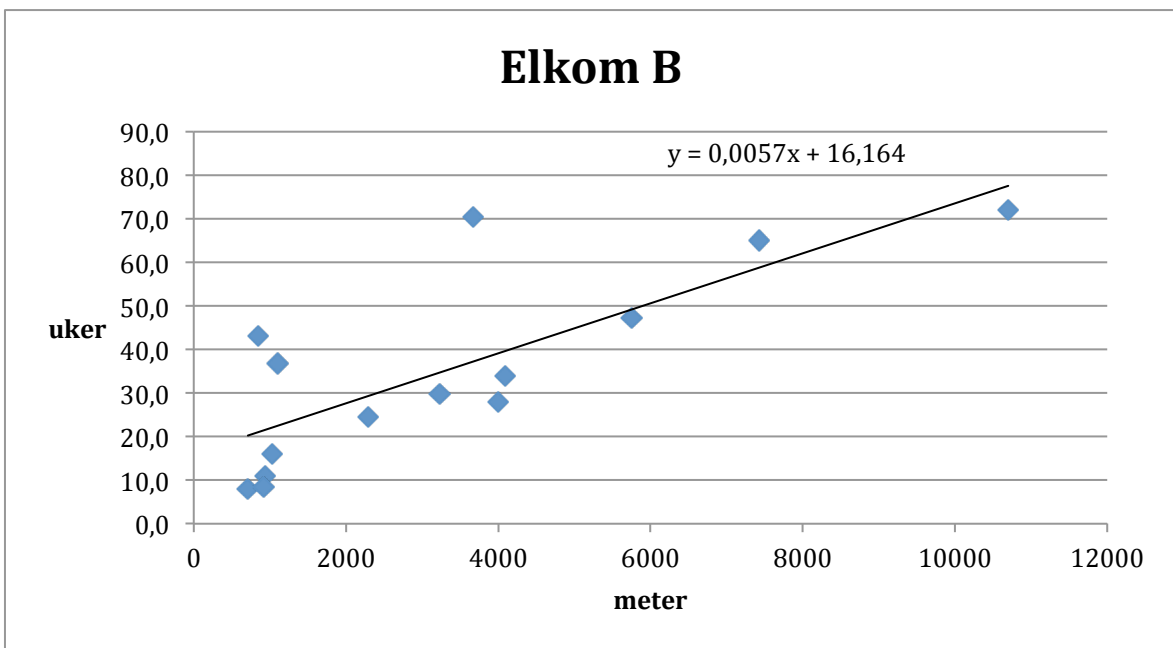
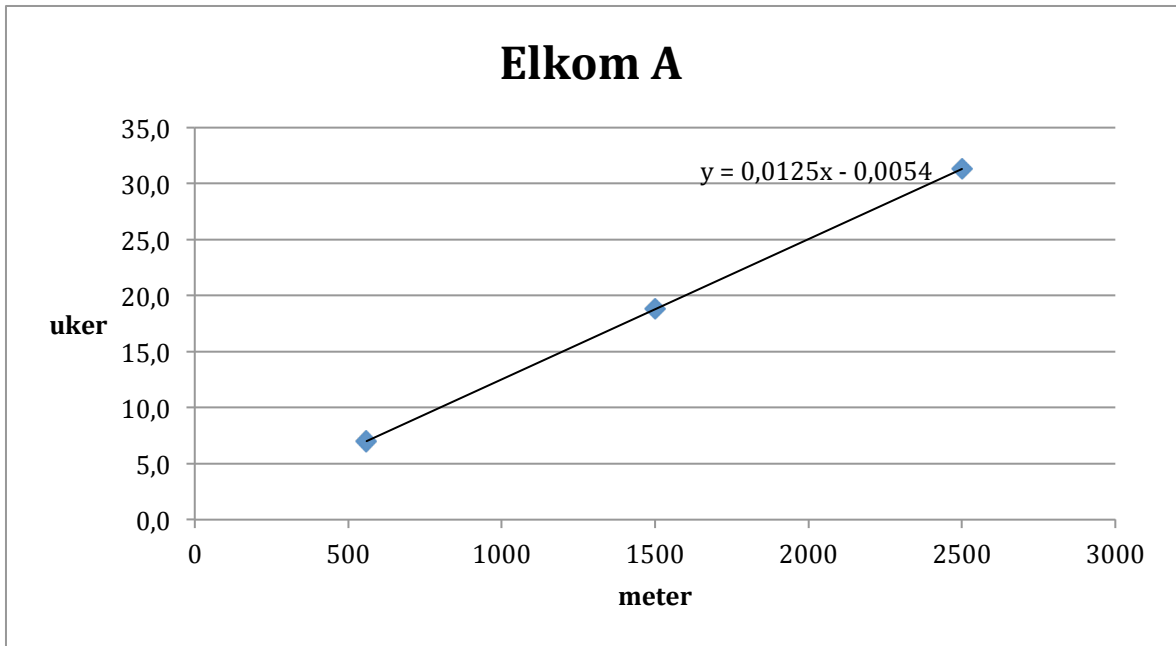




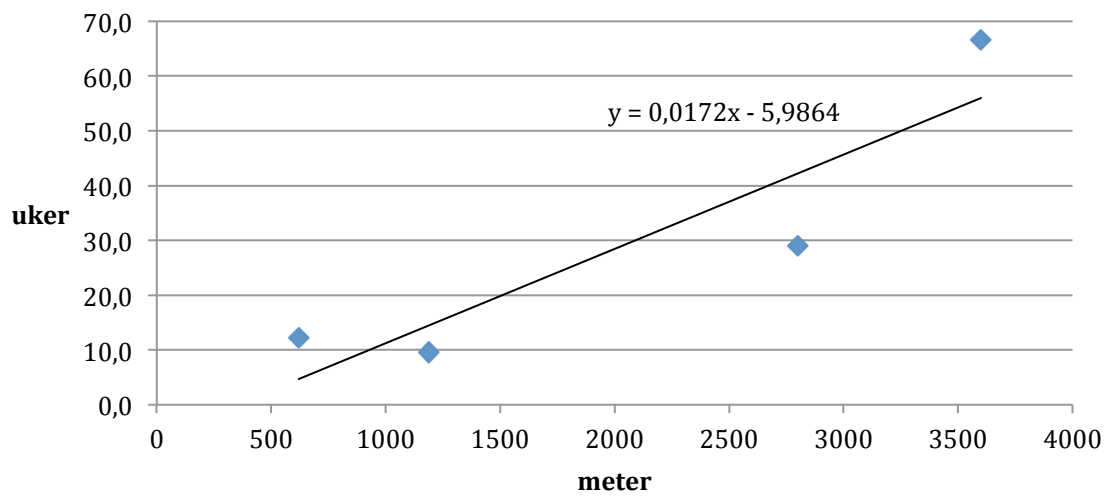




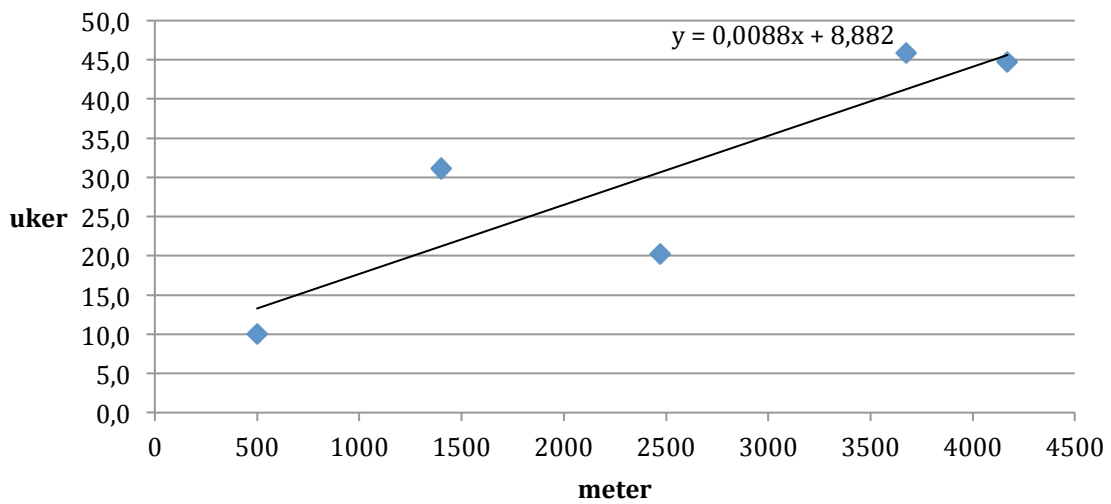


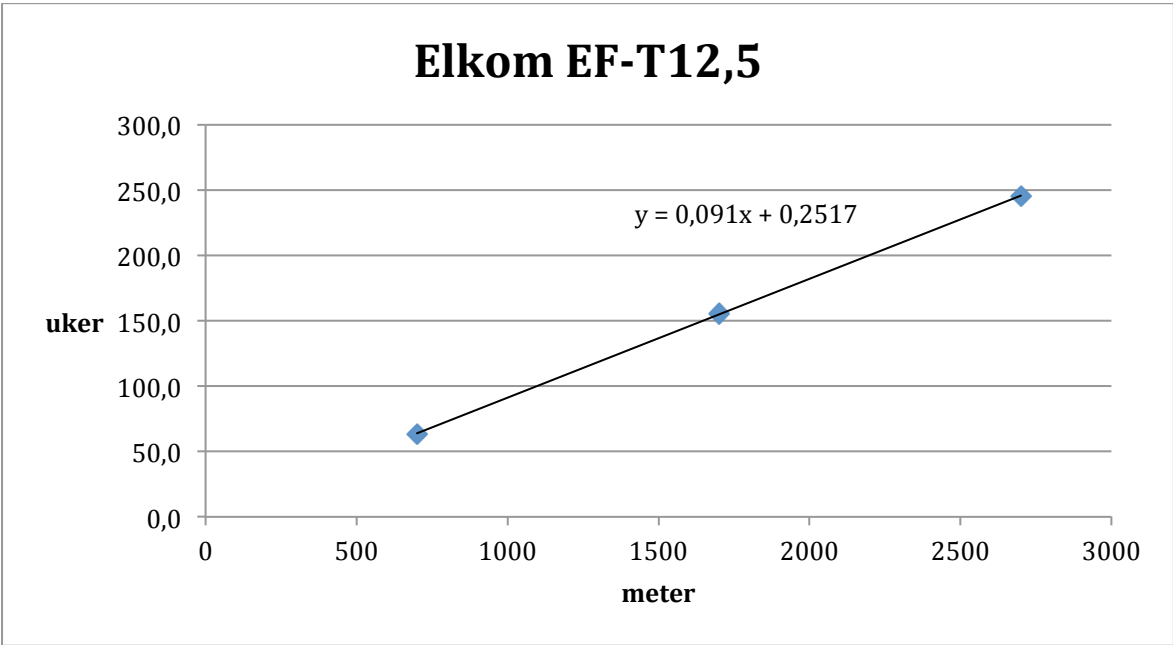
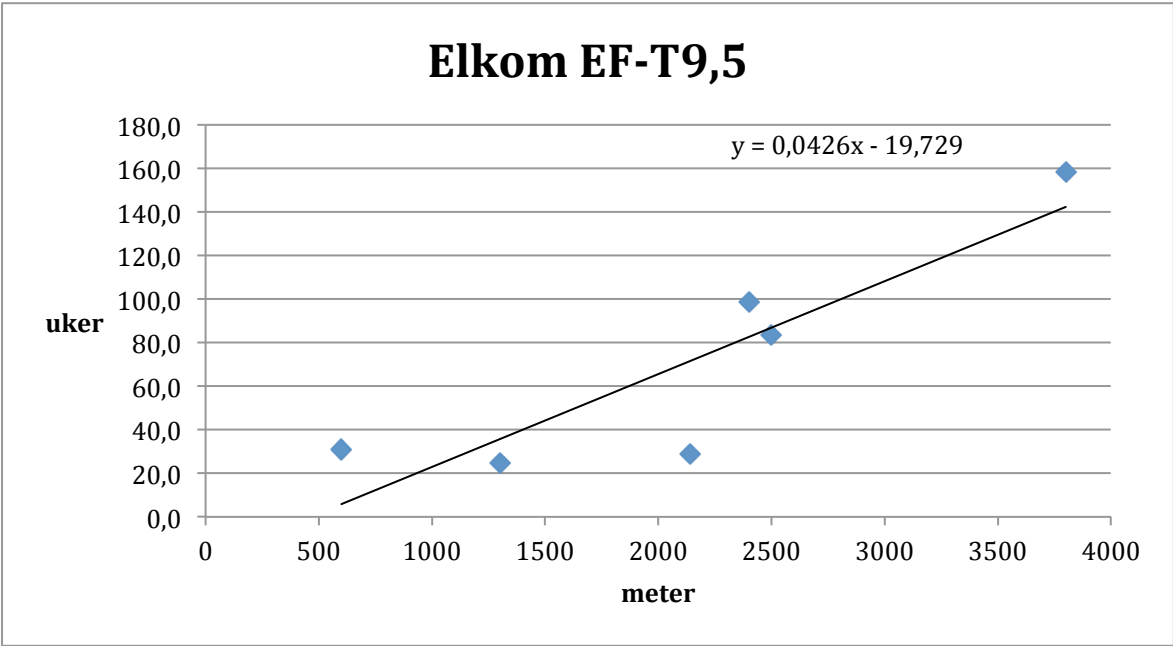


Elkom C

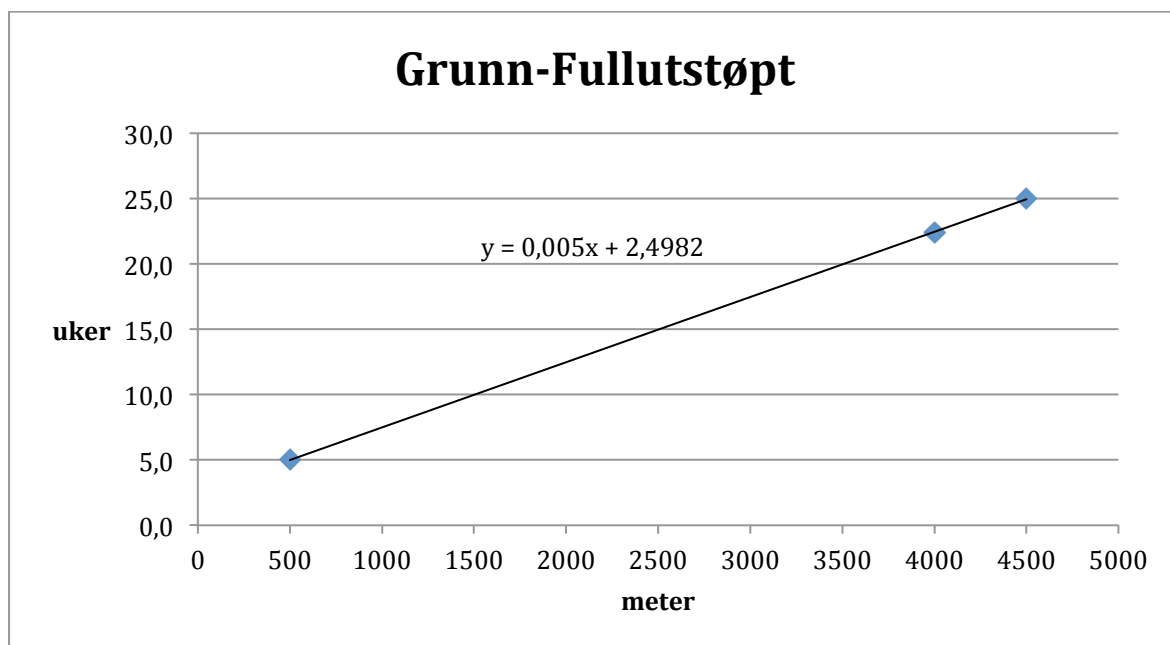
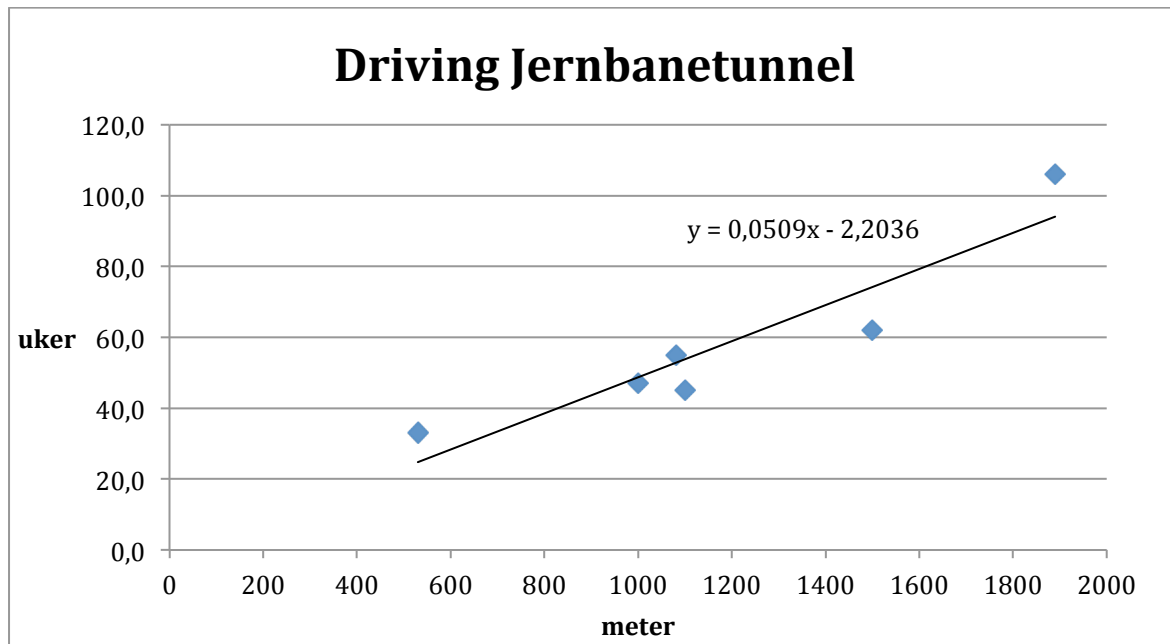


Elkom D

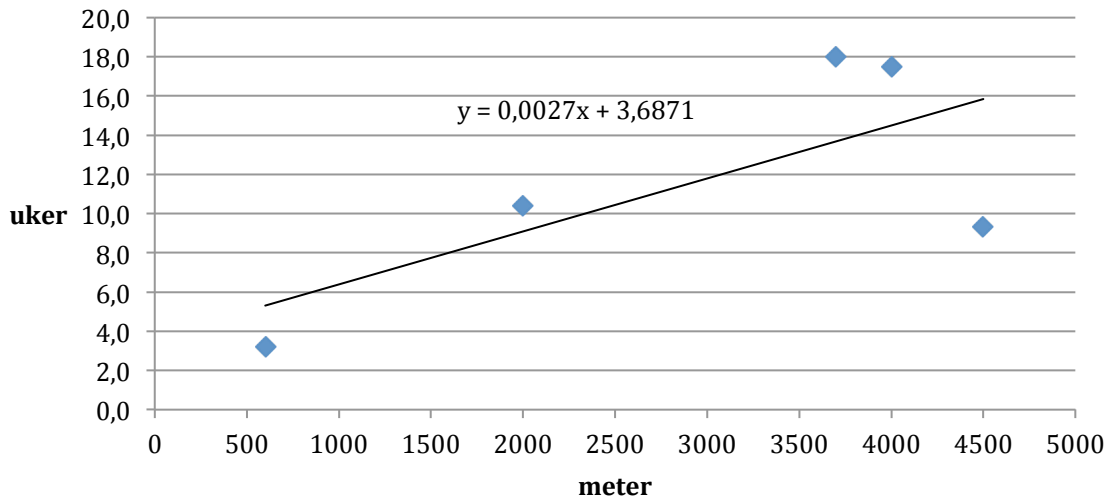




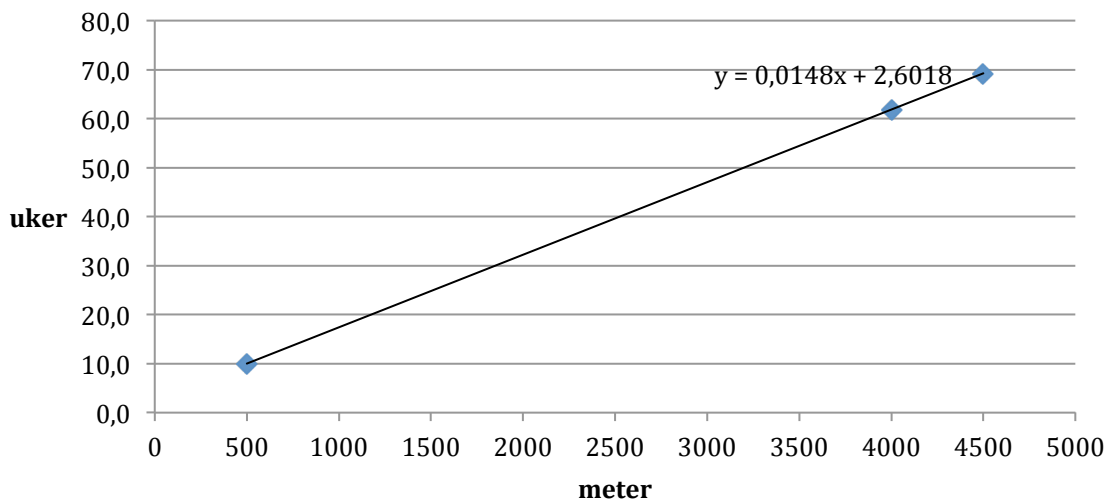
Vedlegg D Trendlinjer for jernbanetunnel



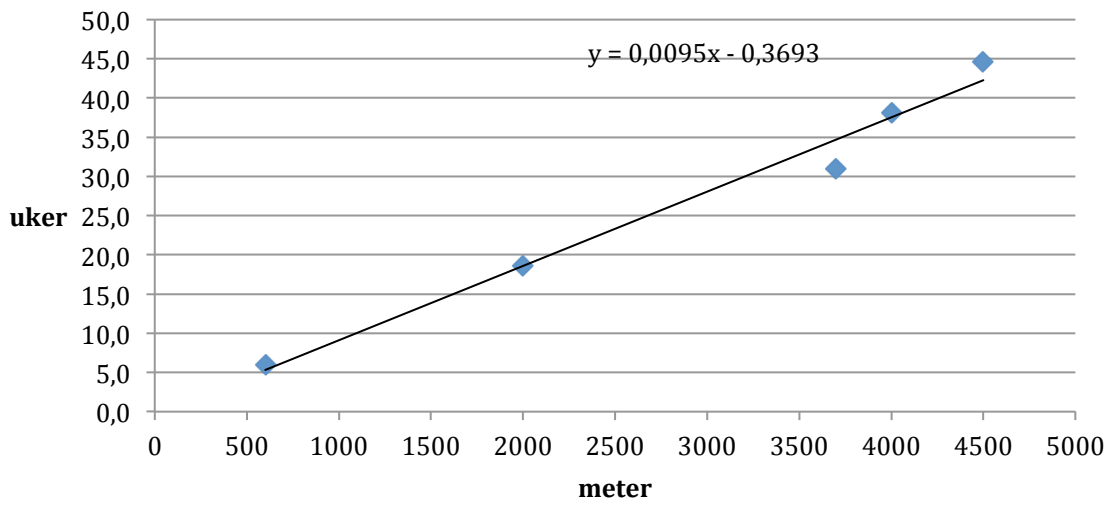
Grunn - Elementer



Vann og frost - Fullutstøpt



Vann og frost-Elementer



Vedlegg E Intervjuguide

1. Hvordan regner dere ut byggetiden for tunnelen? Både på et tidligstadium og når mengdebeskrivelsene er kommet? Er det flere stadier enn disse 2-3 stadiene? I hvilken grad er konsulenter involvert? Varierer dette fra prosjekt til prosjekt?
2. Er det vanlig at man følger tidsforløp og tidsbruk fra den første fremdriftsplanen eller kommer det mer forpliktende fremdriftsplaner etter hvert?
3. Hvordan blir ekvivalenttider satt?
4. Hva slags erfaring har du/dere med at ettersikring/permanentsikring utføres etter at drivinga er ferdig med hensyn til byggetid? HMS?
5. Finnes det eksempler fra Norge hvor fokus på byggetid har gått alvorlig utover kvalitet og HMS? Har du/dere eksempler?
6. Kan bunnrensen overlape mye med driving?
7. Til hvilken grad kan vann og frost og grunnarbeider overlape?
8. Til hvilken grad er det mulig med overlappende aktiviteter i en 2-løpstunnel i forhold til 1-løpstunneler?
9. Hvor lang tid pleier samhandlingsfasen å være?
10. Hvor lang tid pleier testfasen og være? Både elektroentreprenør og den vegvesenet gjennomfører? Tar godkjenning/dokumentasjon for entreprenør før overtakelse elektro lang tid og foregår det mye arbeid mens den pågår?
11. Hva slags timeordning er vanlig for elektroentreprenøren? Varierer det mye?
12. Finnes det eksempler på prosjekter som ikke har tiltransportert elektro? Eller hvor elektro er tiltransportert, men HE har ansvaret for framdrift?
13. Tid på forskjæringer? Modellen har i utgangspunktet en satt tid på forskjæringer 5 uker for 1-løpstunneler og ca. 8 uker for 2-løstunneler. Er dette en aktivitet som varierer såpass mye at det er lettere om bruker setter inn tidsbruk selv?
14. Hva har størst betydning når det gjelder variasjon i tunnelprosjekter?
15. Hva er hovedårsakene til at tunnelprosjekter blir forsinket?
16. Hvordan mener du byggetid kan estimeres og evt. Justeres underveis i bygging?
17. Hvor kritisk er byggingen av portaler for framdriften? Er det mest at dette arbeidet sinker andre aktiviteter eller hender det at portalarbeid ender på kritisk linje?