

Hans-Christian Norveel

Analyse av datadrevet kostnadsestimering i byggeprosjekter

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Eilif Hjelseth

Juni 2023

Hans-Christian Norveel

Analyse av datadrevet kostnadsestimering i byggeprosjekter

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk
Veileder: Eilif Hjelseth
Juni 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Studier viser at kun 5 av 1000 megaprojekter oppnår suksess når det gjelder tid, kostnad og nytte (Flyvbjerg og Gardner, 2023, s. 8). Dette fenomenet er kjent som ” *The iron law of megaproject management*” (Flyvbjerg, 2017b). Statens prosjektmodell med ekstern kvalitetssikring av store offentlige prosjekter har vist gode resultater, men det er fortsatt en betydelig kostnadsutvikling fra de tidlige kostnadsoverslagene. Forskning peker på at omfangsendringer og uforutsette hendelser under gjennomføring som vanlige årsaker, men rotårsaken antas av flere å være kognitive bias og underestimering av prosjektene i tidlig fase. En løsning på dette er å bruke datadrevet estimering der man tar et utenfra-og-inn blikk og eliminerer kognitive bias i planleggingen.

Formålet med denne oppgaven er å undersøke årsakene til overskridelsene og utforske potensialet for en større bruk av datadrevet estimering i tidlig fase. Dette har ledet til forskningsspørsmålene.

- 1.Hva er årsakene til kostnadsoverskridelser i store byggeprosjekter?
2. Hvordan kan datadrevet kostnadsestimering gi mer presise kostnadsestimater og forbedre dagens praksis?

For å svare på disse spørsmålene er det gjort en litteraturstudie, intervjuer, spørreundersøkelse og en test av datadrevet estimeringsmetodikk (*reference class forecasting*, RCF) med data fra forskningsprogrammet Concept ved NTNU.

I litteraturstudien blir det først presentert relevant forskning på årsaker til overskridelser. Deretter ses det på bakgrunnen for datadrevet estimeringsmetodikk, samt resultater ved bruk av datadrevet metodikk. I intervjuene har fagpersoner fra bransjen delt sine erfaringer om disse temaene og hvordan deres egen bedrift oppfatter som utfordringene og mulighetene med datadrevet estimering. Spørreundersøkelsen ga et større utvalg av respondenter til å svare på temaene rundt forskningsspørsmålene. Til slutt ga testingen av datadrevet estimering (RCF) et førstehåndsintrykk av metodikkens styrker og svakheter.

Intervjuene og spørreundersøkelsen viser at det er interesse og motivasjon for å bruke mer datadrevet estimering. De fleste peker på at optimisme og planlegging etter beste scenario er aktuelt i deres bedrift og at dette kan være en grunn til at prosjekter opplever kostnadsoverskridelser. Samtidig virker det å være ulik praksis for bruk av

data og systematisk innsamling av data som muliggjør datadrevet metodikk. I likhet med dette er også praksisen for bruk av tall og data forskjellig fra bedrift til bedrift. Årsaken til dette virker å være mangelen på gode erfaringstall, eller lite insentiv for innsamling av disse. Dette kan i noen grad skyldes i at prosjektene er unike, men også at grunnlag for tall og data som lagres er forskjellige. En annen viktig årsak er at grunnlaget det estimeres for i tidlig fase ikke alltid samsvarer med det endelige resultatet.

Testingen av RCF-metodikken bekrefter mye av det bransjen oppfatter. I databasen fra Concept det kun 63 av 254 prosjekter som har P50-estimat ved KS2 og sluttkostnad. Dette gir et dårlig utgangspunkt for å gjøre presise datadrevne estimater. I testingen av metodikken på tre "testprosjekter" med dokumentert P50-estimat og sluttkostnad, indikerer at man i alle prosjektene kunne argumentert for en høyere estimat enn KS2-estimatet. Selv om tallene er noe usikre, kom modellen frem til P85-estimat som var nærmere sluttkostnaden enn det de eksterne kvalitetssikrerne fant i 2 av 3 tilfeller. Dette indikerer at datadrevet estimeringsmetodikk har et stort potensial. Vi finner også at resultatene har stor usikkerhet og krever enda større datamengder for at man skal kunne bruke datadrevne estimater alene.

Studien indikerer at det er interesse og motivasjon i bransjen for å ta i bruk mer datadrevet estimeringsmetodikk. Imidlertid er det stor variasjon i bruk av data og systematisk innsamling av data, noe som resulterer i mangelfulle erfaringsdata. Dette begrenser effektiviteten av datadrevne tilnærminger. Testingen av RCF-metodikken viste at den kunne gi mer nøyaktige estimater sammenlignet med KS2-estimatene. Samtidig understreket resultatene behovet for større datasett og den iboende usikkerheten knyttet til datadrevne estimater. For å håndtere utfordringene med kostnadsoverskridelser i byggeprosjekter kreves en kombinasjon av å håndtere kognitive bias, forbedre praksis for datainnsamling og utnytte datadrevne estimeringsmetoder. I tillegg til dette vil forbedret omfangsstyring i tidlig fase gi bedre utgangspunkt for å komme til realistiske estimater. Med en datadrevet tilnærming til kostnadsestimering vil beslutningstakere ha et pålitelig beslutningsgrunnlag, som gir mulighet for å velge de rette prosjektene oftere. Denne kontinuerlige forbedringen av prosjektvalg basert på nøyaktige estimater bidrar til en bærekraftig fremtid og sikrer at ressurser brukes effektivt og ansvarlig.

Abstract

Studies show that only 5 out of 1000 megaprojects achieve success in terms of time, cost, and benefits (Flyvbjerg, 2023, p. 8). This phenomenon is known as “The iron law of megaproject management” (Flyvbjerg, 2017). The State project model (Statens Prosjektmodell), with external quality assurance of large public projects, has shown good results. However, there is still significant cost escalation from the early cost estimates. Research suggests that scope changes and unforeseen events during implementation are common causes, but several experts believe that the root cause is cognitive bias and underestimation in the early phases. One solution to this is to use data-driven estimation that takes an outside-in approach and eliminates cognitive bias in the planning process.

This thesis aims to investigate the causes of cost overruns in large construction projects and explore the potential for increased use of data-driven estimation in the early phases. This has led to the following research questions:

1. What are the causes of cost overruns in large construction projects?
2. How can data-driven cost estimation provide more accurate cost estimates and improve current practices?

To answer these questions, a literature review, interviews, a survey, and testing of data-driven estimation methodology (reference class forecasting, RCF) using data from the Concept research program at NTNU were conducted.

The literature review first presents relevant research on the causes of cost overruns. It then examines the background of data-driven estimation methodology and the results achieved through its use. The interviews involved industry professionals sharing their experiences and their perspectives on the challenges and opportunities of data-driven estimation. The survey gathered responses from a larger sample to gather diverse views on the research topics. Lastly, the testing of RCF methodology provided insights into its strengths and weaknesses.

The interviews and survey revealed a significant interest and motivation to adopt more data-driven estimation approaches. Most respondents pointed out that optimism and planning based on best-case scenarios are prevalent in their organizations, which may contribute to cost overruns. However, there seemed to be variations in the use of data and systematic data collection practices among different

companies. This could be attributed to the lack of reliable experience data or limited incentives for data collection. Additionally, variations in the practices of using numbers and data were observed. The underlying reasons for these variations could be the uniqueness of projects and differences in data sources. Another significant factor is that the basis for estimation in the early phases does not always align with the final outcome.

The testing of RCF methodology confirmed many perceptions within the industry. In the Concept database, only 63 out of 254 projects had both P50 estimates at "Quality Assurance 2" and final costs available, which provides a weak foundation for precise data-driven estimates. The testing of the methodology on three "test projects" with documented P50 estimates and final costs indicated that higher estimates than KS2 estimates could be argued for in all cases. Although the results had some uncertainty, the model produced P85 estimates that were closer to the final costs than what external quality assurance found in 2 out of 3 cases. This suggests significant potential for data-driven estimation methodology. However, it should be noted that the results have a high degree of uncertainty and require larger datasets to rely solely on data-driven estimates.

The study indicates that there is interest and motivation within the industry to adopt more data-driven estimation methods. However, there is significant variation in the use of data and systematic data collection practices, resulting in incomplete experience data. This limits the effectiveness of data-driven approaches. The testing of RCF methodology demonstrated that it could provide more accurate estimates compared to KS2 estimates. However, the results also highlighted the need for larger datasets and the inherent uncertainty associated with data-driven estimates. Addressing the challenges of cost overruns in construction projects requires a combination of addressing cognitive biases, improving data collection practices, and leveraging data-driven estimation methods. Additionally, improved scope management in the early phases will provide a better foundation for realistic estimates. With a data-driven approach to cost estimation, decision-makers will have a reliable basis for decision-making, enabling them to choose the right projects more frequently. This continuous improvement of project selection based on accurate estimates contributes to a sustainable future and ensures the efficient and responsible use of resources.

Forord

Arbeidet med masteroppgaven dette semesteret har først og fremst vært en kilde til læring. Som student har jeg forsøkt å ha en tverrfaglig tilnærming til emnene gjennom studiet. Dette har jeg også forsøkt i masteroppgaven. Da jeg i fjor høst leste "Thinking fast and slow" av Kahneman, fikk jeg bedre innsikt i problemer som oppstår i beslutninger under usikkerhet, fra et annet synspunkt enn det man vanligvis lærer på Gløshaugen. Det viste seg at jeg ikke var den første som hadde blitt inspirert av dette og at det fantes mye god litteratur som beskriver hvilke kognitive bias prosjektplanleggere er utsatt for. Ut over dette ønsket jeg å gjøre et praktisk forsøk. Gjennom studiet har jeg erfart at "learning by doing" ofte er den beste måten å gå frem på for å lære, og kjenne sine begrensninger. Testingen ledet meg inn på temaer som statistikk og maskinlæring i python, der jeg virkelig fikk testet og utvidet kompetansen min gjennom timer med YouTube. Intervjuene ga meg også muligheten til å diskutere disse problemstillingene, som har vært en god kilde til læring.

Innleveringen av masteroppgaven markerer slutten på min akademiske utdanning. Etter å ha vært innom samfunnsøkonomi på Universitetet i Bergen, bachelor på Høgskolen på Vestlandet og nå master ved NTNU, er jeg veldig klar for å tre ut i arbeidslivet.

Jeg vil takke min veileder Eilif Hjelseth og intervjuobjektene som har gitt meg god innsikt og forståelse rundt temaet kostnads- og usikkerhetsestimering. Til slutt vil jeg takke min samboer for hjelp med korrekturlesning.

Hans-Christian Norveel

11.06.2023

Institutt for bygg- og miljøteknikk

Norges tekniske- naturvitenskapelige universitet

Trondheim, Norge

Innhold

Sammendrag	i
Abstract	iii
Forord	v
Figurer	ix
Tabeller	x
Ord og uttrykk	xi
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Forskningsspørsmål	2
1.3 Omfang og avgrensninger	2
1.4 Disposisjon	4
2 Metode	5
2.1 Valg av metode	5
2.2 Litteraturstudie	6
2.2.1 Valg av litteratur	6
2.2.2 Databaser og søkeord	7
2.3 Intervjuer	8
2.3.1 Valg av intervjuobjekter	8
2.4 Kvantitativ metodikk	9
2.4.1 Innsamling av data og dataanalyse	9
2.4.2 Spørreundersøkelse	10
2.4.3 Datadrevet kostnads- og usikkerhetsestimering - Reference class forecasting	10
2.5 Utvalgte testprosjekter	13
2.5.1 E136 Tresfjordbura - Vågstrandtunnelen	14
2.5.2 Rv64 Atlanterhavstunnelen	14
2.5.3 E16 Smedalsosen - Borlaug	15
2.6 Styrker og svakheter ved metoden	15

3	Litteraturstudie	17
3.1	Kostnadsoverskridelser og estimering i store prosjekter	17
3.2	Årsaker til kostnadsoverskridelser i store prosjekter	23
3.2.1	Kognitive bias i planlegging	24
3.2.2	Funn ved bruk av statistisk analyse	29
3.3	Datadrevet estimering - Reference class forecasting	30
3.3.1	Funn ved bruk av datadrevet estimering	32
3.3.2	Kritikk av Reference class forecasting	33
3.4	Digitalisering og databruk i byggebransjen	34
4	Resultater fra intervjuene	37
4.1	Årsaker til kostnadsoverskridelser	37
4.1.1	Direkte årsaker	37
4.1.2	Kognitive og bakenforliggende årsaker	38
4.1.3	Bruk av data, erfaringstall og referanseprosjekter	40
4.1.4	Digitaliseringens rolle i estimering	42
5	Resultater fra spørreundersøkelsen	43
5.1	Årsaker til kostnadsoverskridelser	43
5.2	Datadrevet kostnadsestimering	44
5.3	Erfaringsoverføring	45
5.4	Andre funn	45
6	Resultater fra datadrevet estimering	47
6.1	Statistikk Concept-database	47
6.2	Datadrevet kostnadsestimering - Reference class forecasting	50
6.2.1	TEST 1: E136 Tresfjordbrua - Vågstrandstunnelen	51
6.2.2	TEST 2: Rv64 Atlanterhavstunnelen	54
6.2.3	TEST 3: E16 Smedalsosen - Borlaug	57
7	Diskusjon	61
7.1	Hva er årsakene til kostnadsoverskridelser i byggeprosjekter?	61
7.1.1	Direkte årsaker	61
7.1.2	Bakenforliggende årsaker	62

7.2	Hvordan kan datadrevet kostnadsestimering gi mer presise kostnadsestimater og forbedre dagens praksis?	65
7.2.1	Utfordringer med datadrevet estimering (RCF)	66
7.2.2	Læring fra test av datadrevet estimeringsmetodikk (RCF) . . .	67
8	Konklusjon	71
8.1	Årsaker til kostnadsoverskridelser i byggeprosjekter	71
8.2	Hvordan kan datadrevet kostnadsestimering gi mer presise estimater og forbedre dagens praksis?	72
9	Videre arbeid	75
	Litteraturliste	77
	Vedlegg	83
A	Resultater fra spørreundersøkelse	83
B	Intervjuguide	93
C	Referanseprosjekter	96

Figurer

1	RCF-metodikk (Flyvbjerg, 2009, s. 355)	11
2	Måloppnåelse kost, tid og nytte (Flyvbjerg og Gardner, 2023, s. 8) . .	17
3	Eksempel på S-kurve, (Drevland, 2013, s. 22)	18
4	Avvik mellom sluttkostnad og styringsramme (N=65), (Volden og Samset 2017, s. 421)	19
5	Estimatutvikling jernbaneprosjekt (<i>Veileder - kostnadsestimering i tidligfase</i> , 2019, s. 9)	22
6	Kostnadsutvikling fra første kostnadsoverslag	23
7	Muller-Lyer illusjonen, (Kahneman, 2012)	25
8	Antall respondenter	43
9	Fordeling av bygg/samferdsel og antall år i bransjen blant respondentene	43
10	Relativt avvik fra P50, Data4	47
11	Avvik fra P50 (i prosent) (n=40)	48
12	Styringsramme (P50) med tilsvarende Sluttkostnad i prosjekter under Statens vegvesen (i millioner)	49
13	Sluttkostnader 1000kr/meter, Referanseklasse 1	52
14	P50 og sluttkostnad, Referanseklasse 1	53
15	S-kurve, RCF1	53
16	Sluttkostnader 1000kr/m, Referanseklasse 2	55
17	P50 og Sluttkostnad, referanseklasse 2	55
18	S-kurve, RCF2	56
19	Sluttkostnader 1000kr/m referanseklasse 3	57
20	P50 og sluttkostnad i referanseklasse 3	58
21	S-kurve RCF3	58

Tabeller

1	Disposisjon	4
2	Metodikk	5
3	Testprosjekter med gitt styrings- og kostnadsramme og sluttkostnad (Hentet fra <i>Trailbase</i> , («Trailbase», 2023))	13
4	Prosjektegenskaper Test 1	14
5	Prosjektegenskaper Test 2	14
6	Prosjektegenskaper Test 3	15
7	Kostnadsoverskridelser i ulike prosjekter (Flyvbjerg og Gardner, 2023, s. 192)	20
8	Datasettbeskrivelse	47
9	Inklusjonskriterier TEST 1	52
10	Inklusjonskriterier TEST 2	54
11	Inklusjonskriterier TEST 3	57

Ord og uttrykk

Her følger en rask forklaring av ord og uttrykk som brukes gjennom oppgaven.

Reference class forecasting:

Estimeringsmetodikk som bruker referanseprosjekter for å finne kostnaden til det nye prosjektet. Kjentetegnes ved at man tar et utenfra-og-inn blikk. Altså at man ser på lignende prosjekter for å gjøre prediksjoner om eget prosjekt. Dette istedenfor å kun se på spesifikke egenskaper ved eget prosjekt (Lovallo & Kahneman, 2003).

Kognitive bias:

Beslutninger eller vurderinger som systematisk avviker fra det som stemmer overens med virkeligheten (Teigen & Svartdal, 2023).

P50- og P85-estimat:

Sannsynlighetsbaserte kostnads- og usikkerhetsestimer. P50 og P85 representerer henholdsvis en 50- og 85 prosent sannsynlighet for å gjennomføre prosjektet til denne kostnaden (Drevland, 2013).

KS1 og KS2:

I prosjekter underlagt Statens prosjektmodell skal prosjektene gjennom to eksterne kvalitetssikringer. Ved den første, KS1, kvalitetssikres valg av konsept. Dette kan for eksempel være om man skal velge en bru eller tunnel som fastlandsforbindelse. Ved KS2 kvalitetssikres styringsgrunnlag samt kostnadsoverslag («Hva er statens prosjektmodell?», 2019).

1 Introduksjon

I dette kapittelet presenteres først bakgrunnen og motivasjonen for valg av masteroppgavens tema. Deretter beskrives forskningsspørsmålene, før oppgavens omfang og avgrensninger går igjennom. Til slutt er det oppstilt en disposisjon for oppgaven.

1.1 Bakgrunn

Forskning har vist at store prosjekter sjeldent oppnår de tre viktige kriteriene for suksess; kostnad, tid og nytte (Samset og Volden, 2017; Flyvbjerg og Gardner, 2023). Det viser seg at kun 5 av 1000 megaprojekter oppnår alle disse kriteriene (Flyvbjerg og Gardner, 2023, s. 8). I Norge har innføringen av Statens prosjektmodell og ekstern kvalitetssikring vist gode resultater, og estimatene ved endelig investeringsbeslutning (KS2) treffer stort sett godt (Samset og Volden, 2017; Welde *et al.*, 2019). Likevel har det vist seg at prosjektene fortsatt har store kostnadsøkninger fra første kostnadsoverslag og KS1. Welde *et al.* (2016, s. 2) viste at kostnadene i snitt økte med 40% mellom KS1 og KS2. I et annet studie fant Welde *et al.* (2014, s. 10) en gjennomsnittlig kostnadsøkning på 650% fra første kostnadsoverslag til sluttkostnad. Problemet er altså ikke løst helt enda. At kostnadsoverskridelser er et problem, sier seg selv. I offentlige investeringsprosjekter er taperne først og fremst prosjekteiere og brukere, som i mange tilfeller er skattebetalerne. Med ambisiøse klimamål er det også viktig å unngå sløsing av ressurser eller investeringer på feil beslutningsgrunnlag. Flyvbjerg og Gardner (2023) mener dette er en stor trussel i bekjempelsen av klimakrisen og viser med sin database at overskridelsene teller opp til flere hundre milliarder dollar årlig globalt.

I prosjektene som opplever store kostnadsøkninger blir ofte endring av omfang, endret markedssituasjon, dårlige grunnforhold eller andre uforutsette hendelser utpekt som årsakene. En del forskning peker på at dette kun er årsaker, og at det finnes andre rotårsaker til kostnadsoverskridelsene (Flyvbjerg, 2021). Rotårsakene kan være forankret i en rekke kognitive bias mennesker og spesielt prosjektplanleggere, er utsatt for. Disse gjør blant annet at man overvurderer egen evne til å gjennomføre prosjektene og samtidig undervurderer hvordan uforutsette hendelser kan påvirke prosjektet.

Som en løsning på dette problemet har Nobelprisvinner i økonomi fra 2002, Daniel Kahneman, foreslått at man skal ta et utenfra-og-inn perspektiv når man planlegger

(Lovallo & Kahneman, 2003). Ved å bruke informasjon om gjennomførte prosjekter med dokumenterte faktiske kostnader skal man oppnå mer presise og realistiske estimater (Flyvbjerg, 2006; Batselier og Vanhoucke, 2021; Flyvbjerg og Gardner, 2023). Altså skal man planlegge ved å undersøke sammenlignbare prosjekter, fremfor å kun se på spesifikk informasjon ved eget prosjekt. Denne typen datadrevet kostnads- og usikkerhetsestimering blir kalt *reference class forecasting* (RCF). Med dagens teknologi og digitalisering av byggebransjen er det mulig å anvende denne typen estimering i større grad.

I denne oppgaven undersøkes årsakene til avvik i kostnadsestimater og om disse kan forankres i kognitive bias i planlegging. Videre undersøkes datadrevet estimeringsmetodikk, RCF, og om dette kan gi mer presise estimater og forbedre dagens praksis.

1.2 Forskningsspørsmål

Hensikten med oppgaven er å undersøke årsaker til kostnadsoverskridelser og om datadrevet kostnads- og usikkerhetsestimering kan gi et bedre utgangspunkt til å gjøre mer presise estimater. Forskningsspørsmålene har som formål å avdekke problemene med tradisjonelle estimeringsmetoder og hvordan man skal anvende datadrevet kostnadsestimering. For å komme frem til dette er det stilt følgende forskningsspørsmål.

nr	Forskningsspørsmål
1.	Hva er årsakene til kostnadsoverskridelser i byggeprosjekter?
2.	Hvordan kan datadrevet kostnadsestimering gi mer presise estimater og forbedre dagens praksis?

1.3 Omfang og avgrensninger

Opgaven omhandler byggeprosjekter i størrelse av prosjekter som er igjennom Statens prosjektmodell. Prosjekter under Statens prosjektmodell har en anslått kostnadsramme på minst 1 milliard NOK («Hva er statens prosjektmodell?», 2019). I tillegg brukes terminologien megaprosjekter gjennom oppgaven. Megaprosjekter defineres ved at de har en total kostnad på minst 10-15 milliarder (Andersson, 2022). Dermed vil ikke alle prosjektene under Statens prosjektmodell falle under denne termen. Likevel vil dette begrepet brukes hyppig gjennom oppgaven, da

mye forskning referer til megaprojekter. Denne avgrensningen er gjort på grunn av tilgangen til prosjektdata fra Concept-programmet ved NTNU. Datadrevet estimeringsmetodikk kan i prinsippet brukes i alle typer prosjekter, men det er spesielt interessant å se hvordan metodikken kan brukes i tidlig fase av store og komplekse prosjekter. Her har metodikken også et stort potensial, fordi mye av usikkerheten er vanskelig å se for seg kun basert på erfaringer innad i prosjektteamet. Store offentlige prosjektene mottar også statlig finansiering, noe som forsterker viktigheten av at beslutningene om finansiering.

Hovedsakelig finnes det to former for estimering av kostnader; deterministisk og sannsynlighetsbasert (Retolaza *et al.*, 2021). Deterministiske kostnadsestimater er anvendelige i mindre prosjekter med definert innhold, omfang og generelt lite usikkerhet. I større prosjekter med stor usikkerhet er sannsynlighetsbaserte estimater mer anvendelige, fordi man har lite informasjon og stor usikkerhet. I denne oppgaven ses det på sannsynlighetsbaserte estimater og den tidlige fasen av prosjekter der man typisk har lite informasjon om prosjektets faktiske omfang.

I testingen av datadrevet estimeringsmetodikk (RCF) er det antatt at avviket mellom P50 og sluttkostnader er normalfordelt. Altså at det er omtrent like mange prosjekter som har kostnader større og mindre enn P50-estimatet. Som det vises i kapittel 6, er dette en grei antagelse. Likevel burde man hatt et større utvalg for å oppnå mer troverdige resultater.

Prosjektene under Statens prosjektmodell kan være veldig ulike og denne oppgaven tar først og fremst for seg bygg- og anleggsprosjekter. Det er ikke skilt mellom typen bygg- og anleggsprosjekt, altså om det er bygg eller infrastrukturprosjekt. Dette vil vanligvis være en naturlig avgrensning i en oppgave om kostnader, fordi prosjektene kan være veldig ulike. I denne oppgaven er derimot ikke hovedfokuset inn mot spesifikke utfordringer med kostnadsestimering for bygg og/eller infrastrukturprosjekter. Hovedfokuset ligger i prosjektplanleggere sin generelle tankemåte og prosess i tidligfasen av prosjekter når det kommer til estimering av kostnader og usikkerhet. For selv om prosjektene er ulike, har tankemåten vist seg å være lik på tvers av spesifikke fagfelt (Flyvbjerg, 2006; Natarajan, 2023; Flyvbjerg og Gardner, 2023).

1.4 Disposisjon

Denne masteroppgaven følger IMRaD strukturen, som er en velkjent struktur for akademiske artikler.

Disposisjonen er skissert i Tabell 1. Her beskrives hovedinnholdet i kapitlene.

Tabell 1: Disposisjon

nr	Beskrivelse
1. Introduksjon	I introduksjonen beskrives oppgavens bakgrunn og formål. Forskningsspørsmålene blir presentert, samt oppgavens omfang og avgrensninger.
2. Metode	I metodekapittelet blir valgt metode presentert og beskrevet. Testprosjektene for datadrevet metodikk beskrives og metodens styrker og svakheter trekkes frem.
3. Litteraturstudie	Litteraturstudiet har som formål å presentere eksisterende litteratur og synspunkter rundt oppgavens tema.
4., 5. og 6. Resultater	Her presenteres resultatene av spørreundersøkelse, intervjuer og testing av datadrevet estimering.
7. Diskusjon	Her diskuteres funnene fra resultatene opp mot litteraturen.
8. Konklusjon	I konklusjonen oppsummeres hovedfunnene i oppgaven og forskningsspørsmålene besvares.
9. Videre arbeid	I dette kapittelet vil videre arbeid blir foreslått.

2 Metode

I dette kapittelet beskrives metoden for informasjonsinnhenting i masteroppgaven. Metodikken presenteres og forklares, før styrkene og svakhetene blir tatt opp. Kapittelet har til hensikt å informere leseren om hvordan undersøkelsene og arbeidet med oppgaven er gjort og dermed skape transparens overfor oppgavens resultater.

2.1 Valg av metode

Metoden for masteroppgaven er valgt for å skaffe et bredt informasjonsgrunnlag om kostnads- og usikkerhetsestimering i byggeprosjekter. Ved å bruke forskjellige metoder for informasjonsinnhenting for å besvare forskningsspørsmålene fra forskjellige vinkler. Denne typen metodikk kalles triangulering (Røykenes, 2009). Trianguleringen innebærer semi-strukturerte **intervjuer (2.3)** for å få frem bransjenære oppfatninger i et kvalitativt format. En **spørreundersøkelse (2.4.2)** ut mot bransjen for å danne et mer kvantitativt bilde av hvordan bransjen stiller seg til tankemåter, metodikk innen kostnadsestimering og årsaker til overskridelser. Til slutt vil datasettet til forskningsprogrammet Concept ved NTNU bli utforsket på ulike måter. Først vil datasettet analyseres, deretter utforskes *Reference class forecasting* (RCF) som datadrevet estimeringsmetodikk. Formålet med dette er å se hvordan **RCF (2.4.3)** kan brukes på et troverdig datasett. Funnene fra intervju, spørreundersøkelse og testingen av datadrevet metodikk vil bli vurdert opp mot eksisterende forskning som blir lagt frem under **litteraturstudie (2.2)**.

Metoden har som hensikt å kunne svare på forskningsspørsmål og problemstillingen, samt øke kompetanse og kjennskap i anvendelse av statistiske data i byggebransjen.

Tabell 2: Metodikk

Teoretisk grunnlag	Resultater	Diskusjon
Litteraturstudie	Intervjuer Spørreundersøkelse Test av datadrevet estimeringsmetodikk	Vurdering av resultatene mot hverandre og det teoretiske grunnlaget

Ved å gjøre intervjuer og spørreundersøkelser vil man kunne observere trender og tanker om temaet direkte fra bransjen. Dette vil effektivt kunne sammenlignes mot forskning og academia sine synspunkter og meninger. I tillegg vil en undersøkelse av

datasettet til Concept og testing av RCF-metodikken gi et bilde av hvor enkelt eller vanskelig det er å bruke metodikken, samt få innsikt i svakheter og problemstillinger som oppstår under utprøving. Samlet gir kombinasjonen av ulike metodikker en form for metodetriangulering ved at de utfyller hverandre (Grønmo, 2023). Dette for å forsøke å oppnå mer objektive resultater. Samtidig må det tas i betraktning at de kvantitative forskningsmetodene også vil være subjektive, da tolkningen av resultatene vil være avhengig av synspunkt (Tjora, 2021, s. 30).

Videre ses det på hvordan de ulike forskningsmetodene har blitt brukt, samt forklaringer på hvorfor det har blitt gjort på denne måten. Leseren vil oppleve noe gjentakelse av metodikken under resultatdelen. Dette er gjort slik at man kan lese separate deler av oppgaven og fortsatt ha forståelse av hvordan resultatene er innhentet. Likevel anbefales det å lese oppgaven kronologisk for å danne full forståelse av hva som ligger bak resultatene, diskusjon og konklusjon.

2.2 Litteraturstudie

For å samle inn eksisterende informasjon og forskning på temaet er det gjort en litteraturstudie. Litteraturstudier egner seg for å innhente relevant informasjon om tema, samt danne seg et helhetsbilde av eksisterende forskning og drøfting. Formålet med litteraturstudien er å innhente relevante studier på oppgavens tema til å sammenligne og drøfte resultatene som kommer frem i denne studien. I dette delkapittelet blir metode for litteraturstudiet beskrevet og begrunnet.

2.2.1 Valg av litteratur

Opgavens forskningsspørsmål har som formål å avdekke årsaker til kostnadsoverskridelser. I tillegg ses det på hvordan man kan bruke datadrevet estimering for å få mer presise estimater og forbedre dagens praksis. Med dette som utgangspunkt er forskningen innen atferdsøkonomi, intuitive prediksjoner og tankefeil hos mennesker sentralt. Til å begynne med ble derfor forskningen til Kahneman og Tversky undersøkt. Denne forskningen omfatter menneskers atferd i prediksjoner under usikkerhet. Dette ledet videre til professoren Bent Flyvbjerg, som er en av de mest anerkjente forskerne innen ledelse av megaprosjekter. Videre ble det funnet frem til andre forskningsartikler og rapporter som omfatter dette temaet. Denne metodikken for innhenting av litteratur kalles ”kjedesøk” eller *snowballing*. Dette innebærer å starte søket i en ende og finne frem til nye interessante artikler gjennom de artiklene man leser. På denne måten ble det kommet frem til flere

interessante artikler som omfatter kognitive bias i prosjektplanlegging og datadrevet estimeringsmetodikk. Faren med denne metodikken er at man ender opp med et lite nyansert og subjekt syn på temaet. For å unngå dette er det derfor gjort et bredere søk i databaser. Det er også benyttet datatriangulering, for å øke troverdigheten til litteraturstudiet. Dette er gjort ved å hente informasjon fra bøker, forskningsartikler og rapporter.

I dette litteratursøket er det først og fremst forsøkt å innhente fagfellevurderte forskningsartikler. Disse er kommet frem til gjennom hovedsakelig databasene Oria og Google Scholar. Oppgaven bruker data og en flere eksempler fra Statens prosjektmodell. Derfor er det også anvendt artikler fra forskningsprogrammet Concept som har flere rapporter som vurderer årsaker til avvik mellom estimat og sluttkostnad, samt veiledere for estimering i disse prosjektene. Disse har vært nyttige for å se på tidligere funn og analyser av prosjektene som har vært igjennom prosjektmodellen.

2.2.2 Databaser og søkeord

For å komme frem til relevante og troverdige artikler og rapporter rundt emnet er det valgt ut akademiske databaser for å gjøre søk i. Hovedsakelig er Oria og Google Scholar brukt. Databasene har tilgang til et bredt spekter av forskningsartikler. Oria muliggjør en større grad av inklusjonkriterier, noe som gjør at man kommer raskere frem til relevante artikler.

I tillegg til mye internasjonal forskning er temahefter, arbeidsrapporter og rapporter fra forskningsprogrammet Concept blitt brukt som kilde, samt bøker som omhandler oppgavens tema.

Søkeord

Søkeordene har ledet frem til relevante forskningsartikler og rapporter som omhandler oppgavens tema og forskningsspørsmål. Søkeordene ga flere treff og artiklene er vurdert kvalitativt ut ifra deres tittel og sammendrag. Etter en rask gjennomgang av dette har artikkelen blitt valgt ut og blitt brukt som kilde eller forkastet. Søkeord: "*Cost overrun*" + "*construction*" + "*Mega projects*", "*Reference class forecasting*", "*cognitive biases*" + "*project management*". Der søkene ga mange treff (≥ 50) ble det avgrenset til fagfellevurderte artikler, og artikler publisert etter 2005.

2.3 Intervjuer

For å danne en dypere forståelse av oppgavens tema og forskningsspørsmål ble det utført intervjuer. Intervjuene ble utført semistrukturert, etter intervjuguiden i Vedlegg B. I semistrukturerte intervjuer har intervjueren en rekke faste spørsmål og forholde seg til. Likevel fungerer intervjuet mer som en samtale der man kan utforske interessante temaer som dukker opp underveis i intervjuet (Lotherington, 1990). Dette gir et godt utgangspunkt for å samle informasjon om intervjuobjektets spesifikke erfaring og samtidig komme i dypet til det man ønsker å finne ut av. På en annen side gir det et svakere grunnlag for å kunne sammenligne intervjuobjektene oppfatninger, da man i hvert intervju er innom forskjellige temaer til en viss grad. Likevel virket dette som den beste måten å tilegne seg kunnskap og forståelse om hvordan bransjen ser på temaet.

2.3.1 Valg av intervjuobjekter

I kvalitative intervjustudier er det vanlig å velge intervjuobjekter som kan uttale seg om oppgavens spesifikke tema (Tjora, 2021). For denne oppgaven var det derfor viktig å komme i kontakt med personer med god erfaring og kjennskap til kostnadsestimering i tidlig fase. Kriteriene til intervjuobjektene var som følger:

- Lengre erfaring (≥ 5 år) med store prosjekter innen bygg, anlegg og/eller infrastruktur.
- Kjennskap til prosessen og strategien for kostnads- og usikkerhetsestimering i eget firma.

Målet var å rekruttere minst 5 personer med erfaringer fra både samferdsel og bygg. Totalt ble det gjennomført 6 intervjuer.

Intervjuene ble gjennomført med ”informert samtykke” på plattformen Microsoft Teams, der samtlige intervjuer ble tatt opp og transkribert. Under intervjuene ble interessante påstander, meninger og innsikt fra kandidatene notert. Dette ble sammenlignet med de andre kandidatene sine svar til de samme spørsmålene. Transkripsjonene ble lagt inn i analyseverktøyet NVivo. I analysen av intervjuene var målet å; ekstrahere essensen i materialet, redusere materialets volum og legge til rette for idegenerering på basis av detaljer i materialet (Tjora, 2021, s. 197). Dette ble gjort i NVivo der det ble satt opp koder for oppgavens temaer som enkeltsitater

fra intervjuene ble lagt under. Denne analysemetoden ga et godt utgangspunkt for å analysere og sammenligne intervjuobjektene meninger og påstander. Disse trekkes frem under kapittel 4. For å beholde intervjuobjektene anonymitet er det referert til intervjuobjektene med indikatorer (Int. 1,2 osv).

2.4 Kvantitativ metodikk

I kvantitativ forskningsmetodikk brukes innsamling og analyse av tall og data få belyse synspunkter (Grønmo, 2023). I denne oppgaven brukes kvantitativ metode for å støtte opp eller motsi de kvalitative resultatene fra intervjuer og litteraturstudiet. Dette er gjort med datainnsamling fra en spørreundersøkelse i tillegg til en analyse av prosjektdata fra prosjekter som har vært gjennom Statens prosjektmodell.

2.4.1 Innsamling av data og dataanalyse

I kvantitative analyser er det velkjent at resultatene aldri kan bli bedre enn kvaliteten på dataene man bruker. Man ønsker høy grad av reliabilitet og validitet (Grønmo, 2023). Reliabiliteten referer til dataens pålitelighet og til hvilken grad vi kan stole på dem. Validitet dreier seg om hvor gyldige og relevante dataene er til å besvare oppgavens forskningsspørsmål. En nøye gjennomgang av dataene tilgjengelig er derfor avgjørende for å skape troverdige resultater og analyser. For eksempel kan datasettet inneholde det man kaller *outliers*. Dette kan være feil loggføring av data, eller at enkelte tall ikke er relevante for resten av datasettet. Disse bør derfor fjernes i analysen (*Veileder for beskrivelse av kvalitet på datasett – kvantifiserbar kvalitet*, 2020). Innsamlingen av data til analyse i denne oppgaven har kommet fra en spørreundersøkelse (se kap. 2.4.2) og fra Concept sin database, *Trailbase*, der prosjekter under Statens prosjektmodell blir loggført med kostnadstall og annen relevant informasjon. Dataene fra *Trailbase* antas og å være troverdige da de brukes i flere av studiene til forskningsprogrammet Concept. Valg av data fra denne databasen er beskrevet i kapittel 2.5.

I dataanalyse er det også viktig å ha et stort nok utvalg. For at man skal få en normalfordeling bør man for eksempel ha minst 30 datapunkter (Drevland, 2013, s. 18). Mindre enn dette vil potensielt gi en skjevfordeling i datagrunnlaget, noe som vil føre til tilfeldige resultater. I analysen av dataene i *Trailbase* er det derfor kun tatt hensyn til enkle prosjekttegnerskaper, for å skille mellom prosjektene. Dette slik at man får størst mulig utvalg fra datasettet og samtidig ha relevante data.

2.4.2 Spørreundersøkelse

For å danne et mer objektivt bilde på bransjens oppfatning av temaene og problemstillingene som tas opp i masteroppgaven er det gjennomført en spørreundersøkelse. Dette vil også kompensere for at meningene til intervjuobjektene kan ha vært subjektive, og avvikende fra mer generelle synspunkt. Spørreskjemaet og resultatene finnes i Vedlegg A. Formålet med undersøkelsen var å avdekke om det finnes trender for hva fagpersoner i bransjen mener er årsakene til avvik i estimering, samt prosessen for kostnadsestimering og tanker om en mer datadrevet estimeringsmetodikk. I tillegg ville spørreundersøkelsen gi svar på hva bransjen mener om påstander som kommer frem i forskningslitteratur.

For å danne et representativt utvalg av respondenter ble VDC-nettverket til NTNU brukt. Nettverket består hovedsakelig av prosjektledere, kalkulatører, konsulenter og andre prosjektfunksjonærer med interesse og kunnskap om digitalisering av byggebransjen. Nettverket har over 600 medlemmer og er dermed stort nok til å gi troverdige svar på undersøkelsen. Samtidig kan utvalget av respondenter være noe mer fremtidsrettet og nytenkende enn den generelle bransjen. Dermed kan svarene være noe usikre med tanke på bias mot å være mer pro digitalisering og databruk. Totalt fikk undersøkelsen 60 svar. Årsaken til den lave svarprosenten kommer av at det på tiden ved utsendelse var det også mange andre studenter som sendte ut spørreskjema. Likevel er utvalget representativt (E. Hjelseth, personlig kommunikasjon, 31.05.23).

2.4.3 Datadrevet kostnads- og usikkerhetsestimering - Reference class forecasting

Som en del av analysen har det blitt testet en form for datadrevet estimering som kalles *Reference class forecasting* (RCF). Metoden baserer seg på ideer fra Kahneman og Tversky (1977; 2003), senere omformulert av Flyvbjerg (2006) i konteksten av prosjektledelse og estimering av kostnader og fremdrift i store prosjekter. I dette kapitlet vil RCF kun bli presentert kort. I kapittel 3 ses det nærmere på metodikken.

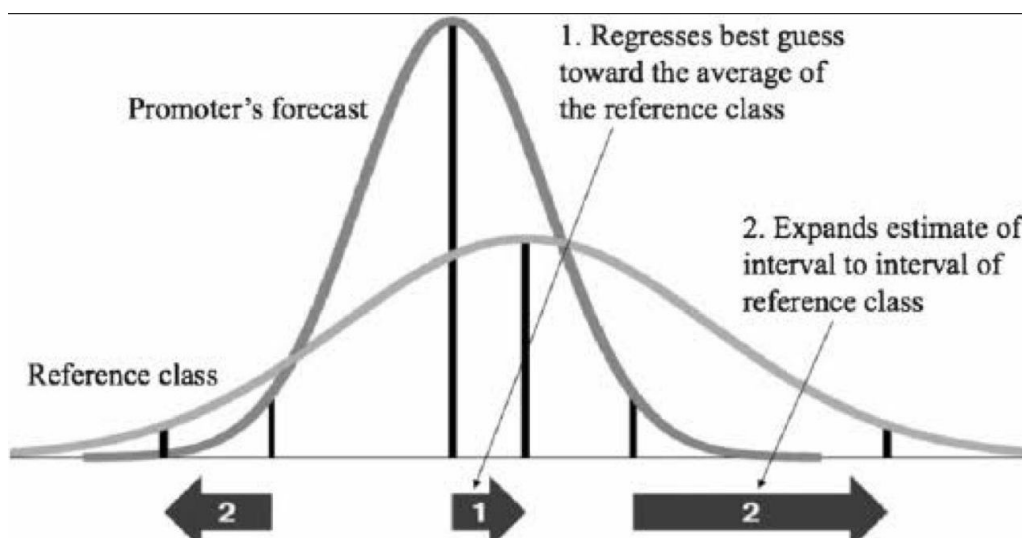
Kort sagt går metoden ut på å ha et utenfra-og-inn blikk (*outside view*) når man estimerer kostnader (,fremdrift og nytte) i prosjekter. Dette er i motsetning til tradisjonell estimeringsmetodikk, der man i større grad har et innenfra-og-ut blikk (*inside view*). I praksis betyr dette at man bruker informasjon om andre

gjennomførte sammenlignbare prosjekter, en referanseklasse, fremfor å kun basere seg på spesifikk informasjon om eget prosjekt (Lovallo & Kahneman, 2003). På denne måten skal man eliminere en rekke kognitive bias (se 3.2.1), som oppstår under planlegging (Kahneman, 2012).

RCF-metodikken har følgende steg (Lovallo og Kahneman, 2003):

1. Samle inn referanseklasse, spesifikk nok til å kunne sammenlignes og bred nok til å ha stort nok datagrunnlag.
2. Bruke gjennomsnitt og standardavvik til å forme en fordeling av referanseklassen.
3. Bruke dette som utgangspunkt for estimat og justere for særegenheter ved eget prosjekt.

Som man ser av Figur 1, vil man gjennom metodikken finne ut om estimatet er under- eller overestimert, sammenlignet med en referanseklasse av lignende prosjekter.



Figur 1: RCF-metodikk (Flyvbjerg, 2009, s. 355)

For å gå dypere inn i hva som er suksessfaktorene til metodikken, er det gjort et praktisk forsøk på å estimere kostnaden til tre utvalgte "testprosjekter" (se kap. 2.5) fra Concept sin database, *Trailbase*. I dette forsøket brukes prosjektene med dokumentert KS2-estimat (P50/P85) og sluttkostnad til å vurdere om estimatene under kvalitetssikringen (KS2) av testprosjektene var over- eller underestimert. Dette kan gjøres fordi man vet sluttkostnaden til testprosjektene, dermed får

man også rask tilbakemelding på hvor godt estimatet treffer. Den største referanseklassen med disse tre målepunktene (P50, P85 og sluttkostnad) i *Trailbase*, er veiprojekter (n=43/63). Derfor er det valgt å teste denne typen prosjekt. For å spesifisere referanseklassen for hvert testprosjekt, er det valgt ut tre enkle prosjektkarakteristikker som testprosjektene sammenlignes med. Total veistrekning, antall bruer (med km) og antall tunneler (med km). Disse karakteristikkene er hovedsakelig hentet fra offentliggjorte KS2 sluttrapporter. Denne enkle inndelingen av referanseklasser er gjort for å se hvor like prosjektene faktisk må være for at man skal kunne få rimelige resultater. Kahneman *et al.* (2021) peker på at enkle modeller i mange tilfeller gjør det like bra som mer avanserte. Dette støtter opp under valget av denne metodikken.

I utvelgelse av referanseprosjekter møter man en kjent problemstilling der man må vekte sammenlignbarhet og utvalgets størrelse. For eksempel kan man bruke tre referanseprosjekter som er veldig like. I denne situasjonen får man like prosjekter, men for liten referanseklasse til å kunne anta en normalfordeling for utfallene av prosjektene. Med andre ord kan det være mye tilfeldighet i resultatene. På den andre siden får man problemet med lite relevans dersom man velger for stor referansegruppe.

Testingen av metodikken er to-delt. Først vil det ses på fordelingen av sluttkostnadene i referanseklassen, slik som i Figur 1. Med dette vil man raskt kunne sammenligne testprosjektet med referanseklassen. Deretter brukes relative avviket mellom styringsrammen (P50) og sluttkostnaden i referanseklassen til å foreslå et usikkerhetspålegg for testprosjektet. Man bruker altså avviket mellom P50 og sluttkostnad i referansegruppen til å estimere et usikkerhetspålegg (finner P85) for et prosjekt til en vilkårlig kostnad. Dette gjøres ved å sette inn P50-estimatet i testprosjektene og så regne ut hva usikkerhetspålegget blir, ut ifra referanseklassen. Her antas det at det relative avviket er normalfordelt. Dette er i likhet med tidligere studier som i Batselier og Vanhoucke (2021) og den ”enkle referansemodellen” i Welde *et al.* (2019, s. 67-69) (disse modellene forklares i kap. 3.3.1). Til forskjell fra Welde *et al.* (2019), som bruker forholdet mellom grunnkalkyle og sluttkostnad til å finne usikkerhetspåslag, brukes forholdet mellom P50 og sluttkostnad. Forskjellen med dette er at det allerede er beregnet usikkerhet i P50-estimatet, noe det ikke er i grunnkalkylen. Welde *et al.* (2019) sin modell vil derfor fungere på et tidligere stadie i estimeringsprosessen. Årsaken til at dette ikke er gjort i denne studien er mangel på tall fra grunnkalkyler. Likevel vil resultatet gi en indikasjon på om kostnadsrammen (P85) til prosjektet var over- eller underestimert.

Formålet med denne testingen er å observere styrkene og begrensningene til metodikken. Målet er ikke å komme frem til en absolutt kostnad, i form av et nytt estimat. Målet er å se om man med referanseklassen som verktøy, kunne argumentert for at den estimerte kostnaden i testprosjektene var for høy eller lav.

2.5 Utvalgte testprosjekter

I dette delkapittelet presenteres de utvalgte ”testprosjektene” for datadrevet estimering (RCF). Først ses det på valg av generell referanseklasse for disse testprosjektene.

Kriteriene for referansegruppen og testprosjektene er at de inneholder:

- Estimert P50 og P85 ved KS2
- Sluttkostnad

Med disse kriteriene som grunnlag har prosjekter under Statens vegvesen, veiprojekter, størst datagrunnlag med $n=43$ av de 63 som oppnår inklusjonskriteriene. Derfor velges de tre siste gjennomførte prosjektene som inneholder alle inklusjonskriteriene til testprosjekter. Dermed ender man opp med en generell referanseklasse på $n=40$. Disse prosjektene har også forskjellig utfall med tanke på avvik mellom estimert kostnad og faktisk sluttkostnad, se Tabell 3. Dette vil gi tydeligere indikasjoner på om slik modell faktisk fungerer. En full oversikt over prosjektene som inngår i testingen finnes i Vedlegg C.

Videre følger en beskrivelse av testprosjektene, Tabell 3.

Tabell 3: Testprosjekter med gitt styrings- og kostnadsramme og sluttkostnad (Hentet fra *Trailbase*, («Trailbase», 2023))

Testprosjekter	SR	KR	SK
E136 Tresfjordbrua - Vågstrandstunnelen	1389	1479	1915
Rv64 Atlanterhavstunnelen	900	943	1058
E16 Smedalsosen - Borlaug	910	1007	705

I RCF-metodikken skal man velge ut lignende prosjekter for å opprette referanseklassen. Derfor brukes 3 enkle prosjektkarakteristikker, veistrekning, antall tunneler og bruer i veistrekningen. Dette vil gi et enkelt innblikk i hva som inngår i prosjektet. Det er viktig at man ikke går altfor detaljert til verks da hele metodikken

går ut på å gjøre en overordnet beregning. En for detaljert tilnærming vil også kunne gitt for lite datagrunnlag. Som Flyvbjerg (2006) presiserer: referanseklassen må være spesifikk nok til å ha relevans, med bred nok for å gi et godt nok statistisk utvalg. Dette er på mange måter en kvalitativ vurdering, der man må inkludere prosjekter som er like ”nok” i referanseklassen. Inklusjonskriteriene for hvert testprosjekt og en nærmere forklaring av dette finnes i kapittel 6.2. Fra forskningen til Kahneman *et al.* (2021), vet vi at enkle modeller har gode forutsetninger for å gjøre det vel så bra som mer avanserte. Metoden er derfor forsøkt holdt, enkel og det er brukt enkle inklusjonskriterier for å lage referanseklassene.

2.5.1 E136 Tresfjordbura - Vågstrandtunnelen

E136 Tresfjordbura - Vågstrandtunnelen ble fullført i 2020. Prosjektet hadde en styringsramme på 1389 MNOK og en sluttkostnad på 1915 MNOK. Prosjektet var delt opp i to, der den ene delen besto av brua på 1,29 km og den andre, tunnelen på 3,7 km. I tillegg skulle det bygges veinett, slik at total veistrekning endte på omtrent 11 km. (Ulstein *et al.*, 2021)

Tabell 4: Prosjektegenskaper Test 1

	Antall	km
Veistrekning (total)		11
Bruer	1	1,29
Tunneler	1	3,655

Trykk her for å gå til resultat.

2.5.2 Rv64 Atlanterhavstunnelen

Atlanterhavstunnelen består av en undersjøisk tunnel. Prosjektet ble ferdigstilt i 2019. P50 var 900 MNOK og sluttkostnaden var 1058. (*Kvalitetssikring av Rv64 Atlanterhavstunnelen*, 2005)

Tabell 5: Prosjektegenskaper Test 2

	Antall	km
Veistrekning (total)		10,2
Bruer	0	
Tunneler	1	5,7

Trykk her for å gå til resultat.

2.5.3 E16 Smedalsosen - Borlaug

E16 Smedalsosen - Borlaug innebar bygging av ny E16, deler over jomfruelig mark. Det ble bygget tre (relativt) korte bruer og en 4 km lang tunnel. Prosjektet hadde en P50 på 905 MNOK, men endte bare opp med å koste 705 MNOK. (*Kvalitetssikring (KS2) av E16 Smedalsosen-Borlaug*, 2010)

Tabell 6: Prosjektgenskaper Test 3

	Antall	km
Veistrekning (total)		11
Bruer	3	0,205
Tunneler	1	4

Trykk her for å gå til resultat.

2.6 Styrker og svakheter ved metoden

Masteroppgavens metodikk inneholder styrker og svakheter. For å informere leseren om dette og danne et nyansert syn på oppgavens resultater er disse oppsummert.

Styrker:

- Informasjonsinnhenting til oppgaven kommer fra flere ulike kilder (triangulering). Med litteraturstudie, intervjuer og spørreundersøkelse er resultatenes objektivitet styrket.
- Intervjuer med erfarne fagpersoner gir tilgang til dagsaktuell informasjon som kan sammenlignes opp mot metoder og ideer fra forskning.
- Ved å teste ut RCF-metodikken vil man avdekke fordelene og ulempene med metodikken i et førstehåndsintrykk.

Svakheter:

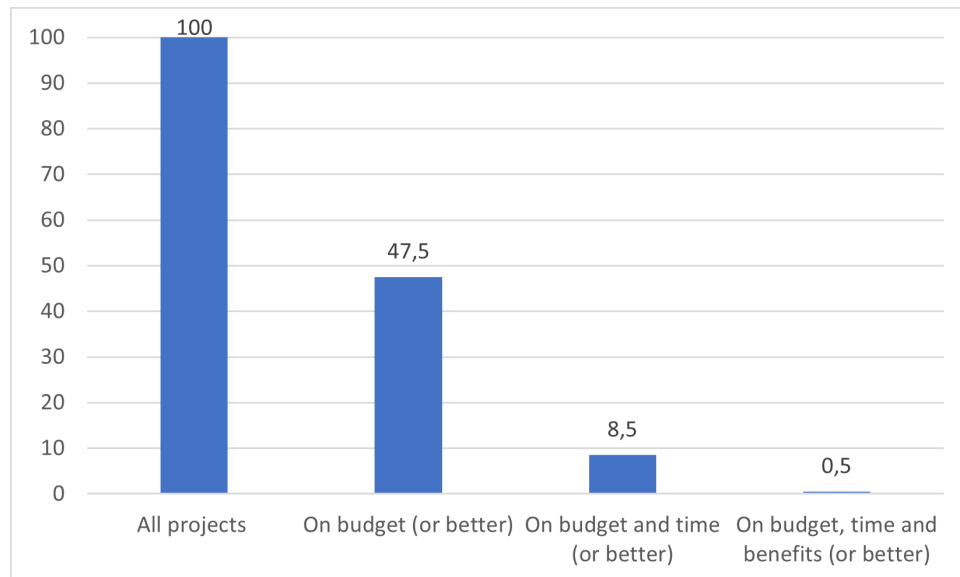
- Med kun 6 intervjuobjekter er den samlede vurderingen av deres og bransjens oppfatning subjektiv.
- I litteraturstudiet er det brukt en del *snowballing*. Dette kan resultere i at enkelte synspunkter blir vektlagt i større grad enn andre.
- Med få test- og referanseprosjekter i RCF-testingen vil det være tilknyttet stor usikkerhet til resultatene.

3 Litteraturstudie

I dette kapittelet ses det først på kostnadsestimering, kostnadsutvikling og årsaker til kostnadsestimering i store byggeprosjekter. Generelt ses det på store byggeprosjekter, men også spesifikt inn på prosjekter som har vært igjennom Statens prosjektmodell. Deretter presenteres det ulike synspunkter og erfaringer med datadrevet kostnadsestimering.

3.1 Kostnadsoverskridelser og estimering i store prosjekter

Forskning på store prosjekter gir ofte samme utfall. Prosjektene går med overskridelser nesten hver gang. Flyvbjerg (2017b, s. 12) kaller dette *”The iron law of megaprojects”*: *Over time, over cost, under benefits, over and over again*. Flyvbjergs (2023) database med over 16,000 prosjekter viser i 2023 at under halvparten (47,5%) treffer på kostnad, 8,5% treffer på både tid og kostnad. Kun 0,5% treffer på alle tre, se Figur 2. I følge disse dataene vil altså kun 5 av 1000 prosjekter faktisk møte de målene som ble satt til å begynne med (ved investeringsbeslutning) (Flyvbjerg og Gardner, 2023, s. 8). Kostnadsoverskridelser i store prosjekter er altså reglen fremfor unntaket.

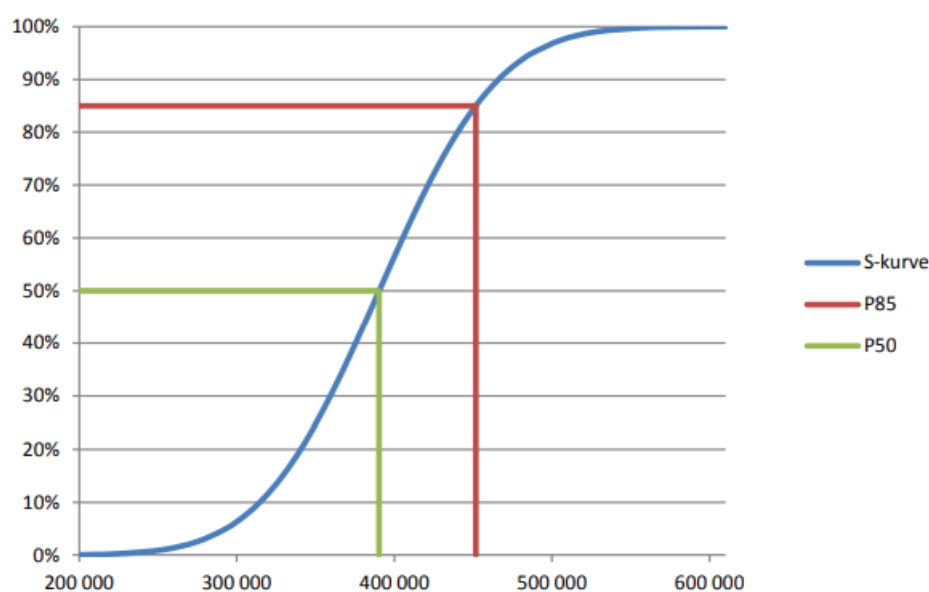


Figur 2: Måloppnåelse kost, tid og nytte (Flyvbjerg og Gardner, 2023, s. 8)

I Norge har Finansdepartementet siden 2001 forsøkt å løse problemet med Statens prosjektmodell der alle store offentlige prosjekter skal gjennom to eksterne kvalitetssikringer, KS1 og KS2, før prosjektet får godkjenning til å settes i gang

(«Hva er statens prosjektmodell?», 2019). Forskningsprogrammet Concept, ved NTNU, sin forskning på prosjektene viser at estimatene ved KS2 stort sett treffer (Samset og Volden, 2017; Welde *et al.*, 2019). Til tross for at kvalitetssikringen tilsynelatende treffer ved KS2, ser man at prosjektenes kostnadsutvikling fra første estimat kan være enormt. Studier har vist en kostnadsøkning fra KS1 til KS2 på omlag 40 prosent (Welde, 2016, s. 2). I et annet utvalg av prosjekter fant Welde *et al.* (2014, s. 10) en gjennomsnittlig kostnadsøkning fra første kostnadsoverslag til sluttkostnad på 650%. Dette betyr ikke nødvendigvis at prosjektene leverer over kostnad og under nytte, da omfanget ofte er endret når man har kommet til KS2 eller ferdigstilling, uten at det bør være en gyldig grunn for kostnadsøkningen (Ulstein *et al.*, 2015).

Kostnadsestimater i tidlig fase er som regel sannsynlighetsbaserte og gjøres ved bruk av trinnvis kalkulasjon eller Monte-Carlo simulering (Drevland, 2013). I tidlig fase av prosjekter brukes et representativt utvalg av eksperter som alle foreslår lavest, mest sannsynlig og høyeste kostnad, et såkalt tripplestimat. Dette utvikler seg til slutt til et estimat der man gjennom en S-kurve kan avgjøre sannsynlighet for at prosjektet fullføres til en viss kostnad. Dette settes vanligvis ved 50- og 85% sannsynlighet for å gjennomføre prosjektet til en viss kostnad, se Figur 3.

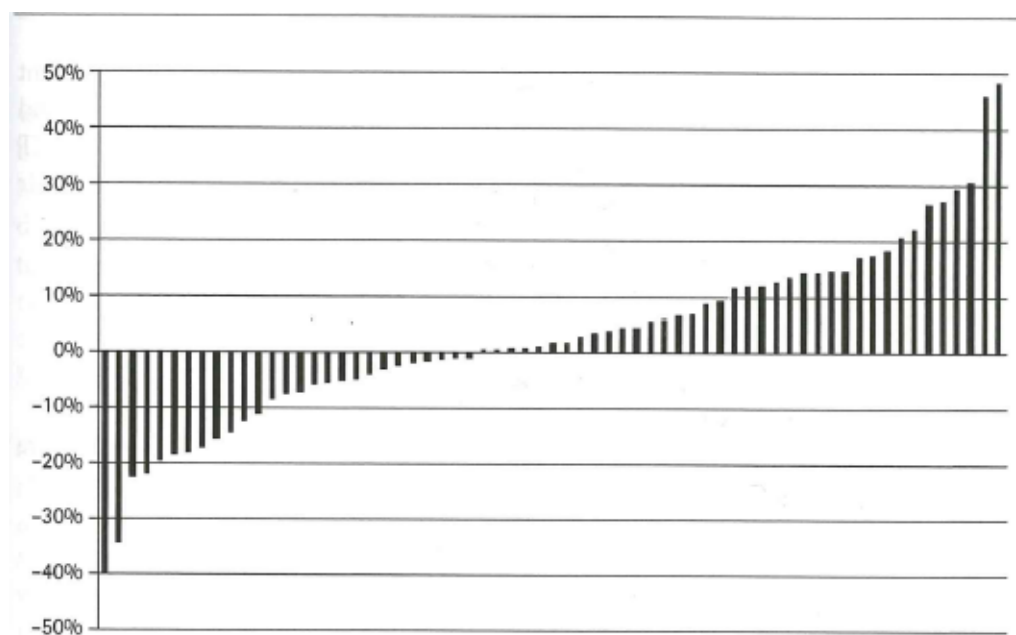


Figur 3: Eksempel på S-kurve, (Drevland, 2013, s. 22)

I Statens prosjektmodell bruker man forventet kostnad, P50, som styringsramme. Dette vil si at det er 50 prosent sannsynlig at prosjektet gjennomføres til denne kostnaden (Drevland, 2013). Videre settes kostnadsrammen til P85. Altså at det

skal være 85 prosent sannsynlig at prosjektet gjennomføres innen kostnadsrammen, som er en ekstra buffer. Størrelsen på avviket mellom styrings- og kostnadsrammen avgjøres av usikkerheten i prosjektet, som igjen blir definert gjennom den kvalifiserte gjetningen til utvalget som gjennomfører tripplestimatet. Denne ”gjetningen” kan virke litt som at ekspertutvalget som gjennomfører tripplestimatet kun tipper et tall. Dette har likevel vist seg å være en presis metodikk (Drevland, 2013; Jørgensen *et al.*, 2021). I estimering av kostnader finnes det en balanse for hvor stor risiko man ønsker å ta. Dette er årsaken til at man setter P85 som kostnadsramme. Hadde man satt kostnadsrammen til P99 ville man i så og si alle prosjekter gjennomført under kostnadsrammen. Dette er ikke ønskelig fordi det å sette av så store midler til hvert offentlige prosjekt som skal gjennomføres vil fortrenge andre investeringer (*Datadrevet usikkerhetsanalyse i byggeprosjekter*, 2022). På samme måte som at det er negativt med kostnadsoverskridelser, vil ikke en økning i kostnadsramme og det å være risikoavers løsningen.

Med andre ord er estimatene i tidlig fase kun estimer og ikke en definitiv kostnad. Når styringsrammen settes til P50, betyr det i praksis at like mange prosjekter ferdigstilles med kostnader over P50-estimatet, som ferdigstilles under P50-estimatet. Samset og Volden (2017) viste at prosjektene som har vært igjennom prosjektmodellen har en tilnærmet slik fordeling. *Datadrevet usikkerhetsanalyse i byggeprosjekter* (2022) viser i en nyere studie av offentlige prosjekter at de fleste prosjektene har sluttkostnad under P50. Kun 39% av prosjektene går over P50.



Figur 4: Avvik mellom sluttkostnad og styringsramme (N=65), (Volden og Samset 2017, s. 421)

I Flyvbjerg og Gardner (2023) sin database med om lag 16 000 megaprosjekter kom de frem til et annet resultat. Statistikken deres viser at prosjektene er høyreskjeve eller såkalt *fat-tailed* mot overskridelser. De fleste målenheter er normalfordelte. Dersom man for eksempel måler høyde på mennesker vil man få en normalfordeling, der ganske nøyaktig halvparten er over og under gjennomsnittshøyden. I megaprosjekter har man ikke samme sammenheng. I en ideell verden ville omtrentlig halvparten av prosjektene gått over og under forventet kostnad. I realiteten er ikke dette sammenheng. Tallene viser at i mange segmenter av megaprosjekter er fordelingen *fat-tailed*. Altså har utvalget av megaprosjekter en skjevhet mot ekstreme utfall, med tanke på kostnadsoverskridelser.

Funnene fra Flyvbjergs (2023) database viser også gjennomsnittlige kostnadsoverskridelser i ulike typer prosjekter, se Tabell 7. Her er det heller ikke tatt høyde for inflasjon, dermed kan tallene sies å være svært konservative.

Tabell 7: Kostnadsoverskridelser i ulike prosjekter (Flyvbjerg og Gardner, 2023, s. 192)

Prosjekttype	Gj.snitt kostnads-overskridelse (%)	% prosjekter i "tail" ($\geq 50\%$ overskridelser)	Gj.snitt overskridelse i i tail(%)
Lagring av atomavfall	238	48	427
Atomkraftverk	120	55	204
Vannkraftverk	75	37	186
Bygninger	62	39	206
Jernbane	39	28	116
Flyplass	39	43	69
Tunnel	37	28	103
Olje og gass	34	19	121
Sykehus, Helse	29	13	167
Bruer	26	21	107
Vei	16	11	102
Vindkraft	13	7	97
Solkraft	1	2	50

Som Tabell 7 viser er det en tydelig helling mot overskridelser. De mest relevante for denne oppgaven er uthevet. Man kan se en tydelig tendens mot overskridelser. I tillegg ser man at hyppigheten av ekstreme utfall, overskridelser $>50\%$ er relativt

stor.

Usikkerhet og kompleksitet i store prosjekter

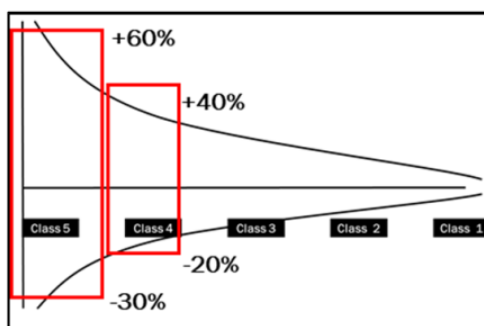
Store prosjekter har ofte stor usikkerhet og er preget av kompleksitet. Komplekse systemer innebærer i teorien at det er tilstedeværelse av ikke-lineære forhold. Dette gjør at det er vanskelig, nærmest umulig, å få en deterministisk estimering av kostnader i tidlig fase (Natarajan, 2023). Uttrykket kompleks betyr i seg selv at prosjektet oppfører seg kaotisk og er preget av ikke-lineære hendelser. Kompleksiteten kan skape positive tilbakekoblinger (forsterkende prosesser) og uventede endringer som Natarajan (2023) viste med sitt datasett ga det man kaller *black swans*. Hendelser med liten sannsynlighet for å inntreffe, men med store konsekvenser (Taleb, 2007).

Når man snakker om usikkerhet og ukjente kan man skille mellom kjente-ukjente og ukjente-ukjente. Kjente-ukjente referer til usikkerheter man i en planleggingsfase har begrep om og kan vektlegge i form av usikkerhetsavsetning. Ukjente-ukjente derimot, er usikkerheter som man ikke kan definere i tidlig fase (Flyvbjerg, 2021). For eksempel kan dette være naturkatastrofer eller pandemiutbrudd. Store prosjekter er ofte utsatt av denne typen usikkerhet grunnet lange tidhorisonter og mange involverte. Flyvbjerg og Gardner (2023) argumenterer for at dette er hovedgrunnen til å bruke datadrevet usikkerhetsanalyse, som baserer seg på faktiske kostnader. På denne måten vil man inkludere alle de ukjente-ukjente som har oppstått i lignende prosjekter.

Kostnadsutvikling i store offentlige prosjekter

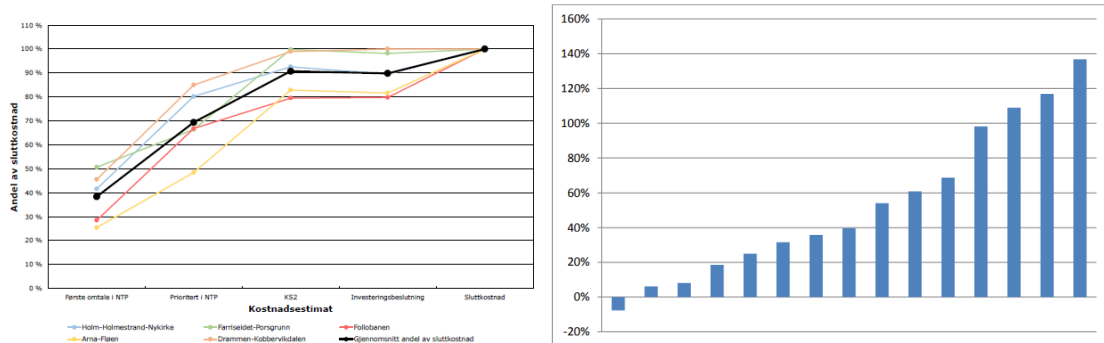
Det er interessant å se på hvordan kostnader i prosjekter som er igjennom Statens prosjektmodell utvikler seg. Prosjektene skal igjennom et strengt regime der det brukes mye ressurser på å velge gode konsept og gjøre beslutninger med tanke på samfunnsøkonomisk overskudd. Som det ble vist til tidligere, fant Samset og Volden (2017) at KS2-estimatene leverer til den kapasiteten man kan forvente og at prosjektene er så godt som normalfordelt rundt P50. I likhet med denne studien fant Welde *et al.* (2019) lignende resultater og kunne konkludere med at de eksterne kvalitetssikrerene treffer på sine estimater i mange av tilfellene. Initiativet for Statens prosjektmodell kom som et resultat av at for mange prosjekter gikk med store overskridelser. Welde *et al.* (2019) vektlegger at det ikke nødvendigvis har blitt så mye bedre, til tross for at KS2 estimatene leverer godt. For det første er det en større andel enn 15% som treffer over kostnadsrammen P85,

noe som tyder på at kostnadsrammen underestimeres. For det andre og viktigst, er kostnadsutviklingen mellom det første kostnadsoverslaget og KS2 fortsatt er stor. Mange vil argumentere for at investeringsbeslutningen er tatt lenge før kostnadsrammen er vedtatt. En sen fastsettelse av kostnadsramme vil være nyttig dersom man skal beregne overskridelser i etterkant av prosjektet, men dersom den reelle investeringsbeslutningen ble tatt på et tidligere tidspunkt enn dette, burde man heller sammenligne sluttkostnaden med et kostnadsoverslag fra et tidligere tidspunkt (Welde *et al.*, 2019, s. 17). Dette poenget kan tydeliggjøres ved at man ser på kostnadsutviklingen i noen av prosjektene underlagt Statens prosjektmodell. Et eksempel på dette er Andersson (2022) sin studie av fem norske jernbaneprosjekter. Ser man på Jernbanedirektoratet sin veileder for kostnads- og usikkerhetsestimering finner man at kostnads- og usikkerhetsutviklingen skal være i likhet med Figur 5.



Figur 5: Estimatutvikling jernbaneprosjekt (*Veileder - kostnadsestimering i tidligfase*, 2019, s. 9)

Andersson (2022) sin komparative studie ble det observert en annen utvikling, se Figur 6a. Generelt sett er det denne utviklingen man ser i store offentlige prosjekter. Dette illustrerer kostnadsøkningen fra tidlig fase godt. Welde (2014) fant også tilsvarende utvikling i veiprosjekter og kunne konkludere med at de tidlige estimatene var alt for lave. I Figur 6b ser man avviket mellom første overslag og sluttkostnad i 15 veiprosjekter.



(a) Kostnadsutvikling i 5 store jernbaneprosjekt (Andersson, 2022, s. 49) (b) Avvik mellom sluttkostnad og første kostnadsoverslag (Welde, 2014, s.19)

Figur 6: Kostnadsutvikling fra første kostnadsoverslag

3.2 Årsaker til kostnadsoverskridelser i store prosjekter

Kostnadsoverskridelser i store prosjekter utløses gjerne som følge av uforutsette hendelser. Planen og estimatet som ble satt fra starten av prosjektet samsvarer altså ikke med det endelige produktet. Derfor samsvarer heller ikke prislappen. Det er delte meninger i litteraturen om hva som faktisk forårsaker disse overskridelsene. Av den grunn ser vi først på **direkte årsaker**, deretter **bakenforliggende** og tilslutt **kognitive årsaker**.

Direkte årsaker til overskridelser i byggeprosjekter kan være så mangt. Grunnforhold tas ofte opp som en årsak, spesielt i samferdselsprosjekter. Endringer i standard og designendringer under gjennomføringsfasen, endrete behov hos bruker og generelt kostnadsøkninger i byggevare og tjenester (markedsituasjon) føre til kostnadsoverskridelser (*Metier-undersøkelsen*, 2019). Aljohani *et al.* (2017) trekker også frem lite erfaring hos entreprenører som en årsak.

Endringer i omfang, som gjør som regel at prosjektene blir dyrere, spesielt dersom de skjer langt ute i prosjektet. Omfangsendringene gjør gjerne at involverte entreprenører krever endringstillegg, som videre øker kostnadene (Aljohani *et al.*, 2017). Ulstein *et al.* (2015) sin rapport kom det frem at kostnadsøkning mellom KS1 og KS2 generelt skjedde på grunn av store endringer i omfang. Ved Nasjonalmuseet ble for eksempel lokasjonen endret, og kvaliteten og størrelsen økt (Welde, 2016). Dermed er det ikke overraskende at prislappen til slutt ble noe helt annet enn det man la frem ved KS1.

I de aller fleste prosjekter som går med store overskridelser har store omfangsendringer skylden (Welde, 2016; Andersson, 2022). For en estimator vil

det være vanskelig å ta hensyn til store omfangsendringer i estimatene sine. For selv på et tidlig stadiet blir estimatoren presentert med et grunnlag som skal estimeres. Selv om trenden er at det skjer omfangsendringer med påfølgende kostnadsøkninger i prosjekter, blir dette i mange tilfeller feil å inkludere i estimatet i tidlig fase. Flere studier peker på at dette kan være en viktig årsak til overskridelsene (Aljohani *et al.*, 2017; Love *et al.*, 2015; Welde, 2017, som referert i Welde *et al.*, 2019). God omfangsstyring, det å ha kontroll på mål og krav i tidlig fase før prosjektet iverksettes, kan derfor ses på som en svært viktig suksessfaktor (Metier-undersøkelsen, 2019).

Bakenforliggende årsaker kan være systemiske årsaker som fører til at prosjektene går med overskridelser. Ulstein *et al.* (2015) var raske med å kommentere i sin rapport at det ikke var sjokkerende at prosjektene de analyserte hadde gått med overskridelser. Estimaten ved KS1 var nemlig laget på et dårlig grunnlag, som kunne si lite om hva prosjektenes reelle kostnad ville bli. Samtidig er informasjonsgrunnlaget på et tidlig stadium som KS1 lite sammenlignbart med KS2 der man har både mer informasjon tilgjengelig og ikke minst større ressurser til kostnads- og usikkerhetsestimering. Statens prosjektmodell har ikke krav til kostnadsanslagene i KS1 skal ha noen føringer, derfor er det lite sannsynlig at disse blir vektlagt når prosjektet skal videreutvikles. Manglende erfaringsoverføring innad i organisasjoner kan også ha stor påvirkning når det kommer til kostnadsestimering.

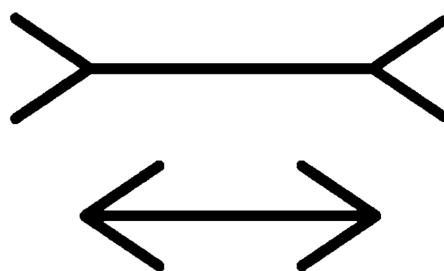
Andersson (2022) kom frem til at manglende erfaringsoverføring var en av hovedårsakene til dårlige estimater i norske samferdselsprosjekter. Samtidig skapte manglende rutiner for bruk av erfaringstall og utdaterte databaser problemer i nye prosjekter. Flyvbjerg og Gardner (2023) peker på at noe av problemet med folk som jobber med prosjekter er at de alltid tenker på fremtiden. Så med en gang et prosjekt er gjennomført ser man på neste prosjekt, i stedet for å tenke på hva man kan lære av resultatet i det forrige prosjektet. Welde (2016) kommer også frem til at en bakenforliggende årsak til kostnadsoverskridelser i store offentlige prosjekter kan komme av at anbudskonkurransen legger for mye vekt på pris og for lite vekt på kompetanse. Rapporten påpeker også at ansvar og krav til kostnadsestimering i tidlig fase ikke blir vektlagt i stor nok grad.

3.2.1 Kognitive bias i planlegging

I store, lange og komplekse prosjekter er det mange ukjente, med små usikkerheter. Når disse legges sammen i store systemer blir sannsynligheten for at en av hendelsene

skjer veldig stor (Flyvbjerg og Gardner, 2023). De uforutsette hendelsene kan ofte defineres som "ukjente ukjente" (Flyvbjerg, 2021). Flyvbjerg (2009) mener at dette kun er årsaker, mens rotårsakene til den lave måloppnåelsen i store prosjekter, er en rekke kognitive bias. Forskningen på atferdsøkonomi de siste tiårene bidratt til dette synet (Zangeneh og McCabe, 2022).

Kahneman og Tversky (1977) identifiserte tre egenskaper i menneskers vurderinger og prognoser. Kognitive bias er utsagn, valg eller vurderinger som på systematisk avviker fra det som stemmer overens med virkeligheten (Teigen & Svartdal, 2023). For det første er ikke feilene tilfeldige, men systematiske. For det andre eksisterer de hos alle mennesker, uavhengig av ekspertise. Til slutt forblir de til stede, til og med når personene er fullstendig klar over deres tilstedeværelse. Se for eksempel Figur 7. Den øverste horisontale linjen ser lenger ut enn den andre, ikke sant? Dersom du måler opp vil du raskt se at de faktisk er like lange. På samme måte som man oppfatter Muller-Lyer illusionen, klarer ikke mennesker å ta hensyn til tankefeilene, selv om vi vet at de eksisterer.



Figur 7: Muller-Lyer illusjonen, (Kahneman, 2012)

Nå ser vi på noen av de vanligste tankefeilene som kan oppstå i planleggingen av store prosjekter.

- **Overoptimisme og -selvtillit (The Planning Fallacy):** *Vi er et bedre prosjektteam enn gjennomsnittet.*

Optimisme er en naturlig egenskap hos oss mennesker (Flyvbjerg, 2021). Optimisme er nødvendig for at man skal få gjennomført komplekse prosjekter, men er også en av hovedårsakene til at de går dårlig. Problemet med optimisme i en prosjektgruppe er at man planlegger etter ideelle forutsetninger fremfor realistiske sannsynligheter (Flyvbjerg, 2006). Dette fører til at man undervurderer kostnader og usikkerhet, og overvurderer nytte og fremdrift i prosjektet, som videre kan føre til kostnadsoverskridelser (Fabricius & Buttgen, 2015). Flyvbjerg (2021) mener også at

planleggere og prosjektledere i ettertid er lite bevisste på overoptimismen, men heller skylder på omfangsendringer og uforutsette hendelser når årsakene til overskridelsene skal frem i lyset. Optimismen resulterer i at man som prosjektgruppe faller under det Flyvbjerg (2021) kaller ” *The planning fallacy*” der man igjen overvurderer egen kompetanse til å gjennomføre prosjektet og undervurderer alt som står i veien for dette. Kahneman (2012) peker også på at overoptimisme kan gi overselvtillit hos eksperter. I et av hans eksperimenter på eksperter finner han at de gjerne har for presise estimater (for små konfidensintervaller). Dette gjør at når de først bommer, bommer de grovt.

Metier-undersøkelsen (2019) fant også i sin undersøkelse at det er flere prosjektplanleggere som mener de er gode på prosjektstyring innen kostnad og fremdrift, enn det er som faktisk lykkes med å levere på kostnad og tid. Natarajan (2023) fant også at eksperter undervurderer kostnadsoverskridelser, men er samtidig veldig klar over at det skjer. Dette paradokset er ikke uvanlig og kan ha flere årsaker. Welde (2016) fant også at prosjektoptimisme var en av årsakene til kostnadsutviklingen mellom KS1 og KS2.

- **Ankring, tilpasning og tilgjengelighetsbias:**

Kahneman (2012) sammen med Tversky, var de som først demonstrerte og teoretiserte ideen om ankringseffekten. Ankringseffekten er tendensen til å stole for mye på et ”anker” som er valgt ut ifra egne erfaringer eller tilfeldigheter. Kahneman (2012) viste at denne effekten er høyst reell. I deres eksperiment lot de kandidater anslå antall afrikanske land med medlemskap i FN. Før kandidatene ble stilt spørsmålet spant de et ”lykkehjul” med resultat 0-100, der hjulet var fikset til å stoppe på 10 eller 65. Medianestimatet til kandidatene som fikk 10 var 25 prosent. De som fikk nummer 65 hadde et medianestimat på 45 prosent. Altså ga det tilfeldige ankeret stort utslag på estimatene til kandidatene. Selv om dette eksperimentet ikke har mye med prosjektplanlegging å gjøre, er effekten reell i prosjektledelse også (Flyvbjerg, 2021). Prosjektplanleggere har nemlig en tendens til å ankre estimat og planer til best tenkelig scenario fremfor det mest sannsynlige. I tillegg er det vanlig å ankre etter egne erfaringer. Et eksempel på dette var MTR Cooperation som skulle bygge en høyhastighetsbane mellom Hong Kong og Macao. MTR hadde mye erfaring med å bygge bane og da de skulle estimere tid og kostnad, la de til grunn sine egne erfaringer som anker. Dessverre viste dette seg å være et svært dårlig anker, da det å bygge høyhastighetsbane ikke var sammenlignbart med vanlig jernbane (Flyvbjerg og Gardner, 2023).

Ankringseffekten er også påvirket av tilgjengelighetsbias. Med tilgjengelighetsbias menes at man setter ankere med den informasjonen som er lettest tilgjengelig. Etter du har lest denne setningen om såpe og at du får beskjed om å fylle ut denne: S _ P _ . Da vil du mest sannsynlig tenke på såpe og ikke sopp eller sipp. Selv om dette er et banalt eksempel, viser det at man har lett for å bruke informasjonen som sitter raskest i minne. Kahneman (2012) kaller dette ”*What you see is all there is*” (WYSIATI). WYSIATI gjør at vi tar beslutninger, kun med den informasjonen vi har foran oss. Problemet med dette er at man ekskluderer informasjon, som kan være relevant, fra beregningen. Dessverre er dette en av hovedårsakene til at man undervurderer usikkerheter. Hadde for eksempel MTR gjort estimeringen sin på et større informasjonsgrunnlag kan det være at prosjektet hadde hatt mer realistiske rammer fra starten (Flyvbjerg, 2021). Etter å ha undersøkt lignende prosjekter fant MTR at de hadde planlagt ferdigstillelsen 1 år før hva som var normalt i slike prosjekter, og til en for lav pris. WYSIATI gjør også at vi vektlegger detaljer og tilgjengelig informasjon i større grad enn det statistiske grunnlaget (*base rate fallacy*).

- **Unikhetsbias:** *Min masteroppgave er helt unik!*

Som mennesker ligger det naturlig i oss et ønske om å være først, gjøre det størst, raskest og mest unikt. Prosjekter blir derfor ofte mer spektakulære enn hva som er bra for selve gjennomføringen. De fleste eksempler med nye og unike prosjekter ender med overskridelser (se for eksempel: Øresundforbindelsen, *the big dig* i Boston). Ta for eksempel atomkraftverk som spesialbygges hver gang det bygges ett nytt (Flyvbjerg og Gardner, 2023). Disse har ofte enorme kostnadsoverskridelser, se Tabell 7. Selve definisjonen på et prosjekt er tross alt at det skal være unikt. Prosjekter kan være unike på hver sin måte, men har alltid noen definerende likhetstrekk med andre (Flyvbjerg, 2006). Det vil derfor være en felle å si at man jobber på noe helt unikt. Man bør heller se på prosjektet sitt som en del av en større klasse. Dersom man betrakter sitt eget prosjekt som unikt vil man også ha større vanskeligheter med å bruke referanser som kan hjelpe til estimering og generelt andre erfaringer. Ta for eksempel Operaen i Oslo. Den er selvfølgelig helt unik, men samtidig er det bare en Opera, og det finnes det mange eksempler på. Det samme gjelder denne masteroppgaven.

- **Sunk cost fallacy / Lock in:** *Vi har allerede investert 600 mill i prosjektet, 100 mill til har ikke noe å si nå*

Når man først er godt investert i et prosjekt, skal det mye til for at man stopper opp på grunn av en ekstra kostnad. *Sunk cost fallacy* er tendensen til å fortsette å investere tid, penger eller andre ressurser, selv om kostnaden allerede overveier nytten (Kahneman, 2012). I prosjekter generelt sier man gjerne at man kommer til et punkt der man er låst inne (derav *lock in*) (Flyvbjerg, 2021).

Disse effektene har stor sammenheng med strategisk mistolkning (se neste punkt). De aller fleste prosjekter er ubrukelige uten ferdigstillelse. Derfor vil det være av interesse for entreprenører og andre interessenter å underprise i de første estimatene for å så be om mer penger ute i prosjektet når man allerede har brukt mye penger. Eller sette i gang slik at man kommer til et "lock-in" punkt (Flyvbjerg 2006; 2021).

- **Strategisk mistolkning** : *"If we gave the true expected outcome cost, nothing would be built"*

Strategisk mistolkning (*Strategic misinterpretation*) er tendensen til å systematisk endre eller misforstå informasjon med overlegg (Flyvbjerg, 2021). Flyvbjerg (2021), skriver at dette er en svært vanlig praksis. Spesielt gjelder det at aktører priser prosjektene slik at de får politisk godkjenning, deretter finner man den faktiske kostnaden. Dette kan være grunnen til kostnadsutviklingen vi så i Figur 6a. Dette gjøres ikke bare på kostnad, men også på tid og nytte der man underestimerer tidsbruken og overdimensjonerer nytten av prosjektet. Med dette som utgangspunkt er det kanskje ikke så rart at prosjekter går med underskudd. Prosjekter som settes i gang har dessuten liten sannsynlighet for å bli stoppet opp. I motsetning til kognitive bias som skjer ubevisst, er strategisk mistolkning bevisst.

Det er viktig å trekke frem at det finnes en del motstand til teorien om strategiske bias og at aktører driver underprising med overlegg (se for eksempel Love m.fl., 2018, og Halkjelsvik og Jørgensen, 2018; som referert i Welde *et al.*, 2019). Strategiske bias har heller ingen forankring i fakta, til tross for at det er plausibelt å tro at det er aktuelt i enkelte tilfeller. Tar man for eksempel Statens prosjektmodell som eksempel vil det være vanskelig å argumentere for at alle leddene i prosessen har et insentiv og vilje til å strategisk underestimere prosjektene for at de skal kunne settes i gang.

- **The Hiding hand**: *Prosjektet ser ut til å gå i minus, men ringvirkningene av prosjektet vil veie opp for det*

Konseptet om *the hiding hand* er i likhet med strategisk mistolkning ikke et kognitivt bias, men det kan ha innvirkning på om prosjekter settes i gang eller ikke. Begrepet

stammer fra økonomen Albert O. Hirschman (som har det fra Adam Smith, Invisible hand). Mange prosjekter vil i utgangspunktet ha en negativ kost-nytte analyse. I disse tilfellene vil noen argumentere for at prosjektet vil ha ringvirkninger som vil veie opp for kostnad.

Sitatet som ble nevnt over; *"If we gave the true expected outcome cost, nothing would be built"* (Flyvbjerg, 2017a). Hirschman (som referert i Flyvbjerg, 2017b) mener derfor at det hadde vært ugunstig om man alltid visste kostnaden av store prosjekter, fordi ringvirkningene av prosjektet er så store. Dette er ofte argumentet for dyre prosjekter, med marginalt samfunnsøkonomiske overskudd. Ringvirkninger er undefinerbare og vanskelige å kvantifisere. Derfor er det også vanskelig å argumentere mot dem. Dette kan være blant annet være arbeidsplasser, kulturell effekt og økt velferd. *The hiding hand* gjør at beslutningstakere blir mer risikovillige. Det er også sterke argumenter mot dette og at man i alle fall ikke skal bruke *the hiding hand* som argument for at et prosjekt "egentlig" kommer til å gi god nytte, til tross for en negativ kost-nytte-analyse. Samtidig er det ofte i prosjekter med negativ kost-nytte at det brukes som argument for å gjennomføres. Dette ble/blir for eksempel gjort i sammenheng med utbyggingen av Nord-Norgebanen der beregnet samfunnsøkonomisk tap er estimert til å være mellom 46 og 109 milliarder kroner (Welde, 2019; *Nyttkostanalyse Nord-Norgebanen*, 2019).

3.2.2 Funn ved bruk av statistisk analyse

For å avdekke gjengående årsaker til overskridelser i store prosjekter kan det lønne seg å bruke datagrunnlag for å se hva som, rent statistisk, fører til overskridelser. Resultatene fra slike analyser vil ikke fortelle hele historien, men gi gode indikasjoner på hva som *vanligvis* gjør at prosjekter går med overskridelser / eller under forventet kostnad. I flere rapporter og forskningsartikler kan man finne statistikk som sier noe om dette.

- Tidshorisont

Prosjekter har økende overskridelser med økende tidsrammer. Det er plausibelt at prosjekter med lang tidshorisont har større sjanse for å oppnå kostnadsoverskridelser. Dette fordi med lange tidsspenn får man også mer usikkerhet. Flyvbjerg *et al.* (2004) at kostnadsoverskridelser øker med 4,6 prosent for hvert ekstra påløpte år i gjennomføringsfasen.

- Størrelse

Større prosjekter har ofte større kostnadsoverskridelser. Dette gjelder både i form av areal og investerte penger. Jørgensen *et al.* (2012) finner ingen konkrete bevis på om prosjektstørrelse gir større overskridelser. I studier som bruker faktisk kostnad som mål finner man en positiv korrelasjon mellom overskridelser og prosjektstørrelse. I studiene som bruker estimert kostnad som mål, finner man at større prosjekter har mindre overskridelser. Flyvbjerg *et al.* (2004) finner at økt størrelse på infrastrukturprosjekter i de fleste tilfeller fører til større kostnadsoverskridelser.

Welde *et al.* (2019) finner at større prosjekter har noe større sannsynlighet for kostnadsoverskridelser. Samtidig pekes det på at sammenhengen mellom relativ estimatskjevhet og prosjektenes størrelse er komplisert å analysere på en meningsfull måte.

I motsetning til dette finner *Datadrevet usikkerhetsanalyse i byggeprosjekter* (2022) at mindre bygg har større overskridelser. Deres analyse viser at økende størrelse på bygninger gir mindre overskridelser. Rapporten måler overskridelser i relativt avvik. Dermed vil en økning på 1 million har større innvirkning på målepunktet for et prosjekt til 1 milliard enn et prosjekt til 100 millioner.

- Særegenhet

Datadrevet usikkerhetsanalyse i byggeprosjekter (2022) finner også at mer særegne bygg har større overskridelser. Særegne bygg har gjerne satt av større kostnader i form av kvadratmeterpris. Likevel viser funnene at de særegne og mer komplekse prosjektene har større relativt avvik mellom estimert- og faktisk kostnad.

3.3 Datadrevet estimering - Reference class forecasting

Reference class forecasting (RCF) går ut på å gjøre estimering under usikkerhet med et *outside view*. Kahneman (2012) kom over ideen da han og en prosjektgruppe skulle lage et pensum til et nytt fag på et universitet i Israel. Etter at gruppen hadde jobbet noen måneder med pensumet samlet Kahneman gruppemedlemmene og ba alle gjøre estimerer på hvor lang tid det ville ta å fullføre pensumet. Gjennomsnittet lå på ca 2 år, med høyeste anslag 2,5 år og laveste anslag 1,5 år. Etter dette henvendte Kahneman seg til Seymour Fox, rektor på universitet med god erfaring med læreplaner og bøker. Han ga beskjed om at det vanligvis tar 7

år å lage et pensum og omtrent 60 prosent av prosjektene lykkes. Videre vurderte Fox kompetansen til gruppen litt under gjennomsnittet. Prosjektgruppen la raskt det konservative estimatet til side og valgte heller å fokusere på sine egne erfaringer etter å ha jobbet med pensumet i noen måneder. Etter 8 år (!) var pensumet ferdig og da den først var ferdig hadde undervisningsdepartementet endret oppfatning av ideen og pensumet ble aldri tatt i bruk. Metoden bygger på teorien om *What you see is all there is* (WYSIATI). Altså at når vi mennesker ser et prosjekt beregner i detalj på alt det man har foran seg ut i fra vår egen erfaring. Dette forhindrer fra å tenke på et større bilde av usikkerheter.

Denne erfaringen ga Kahneman perspektivet på å gjøre prediksjoner med et *outside view* fremfor et *inside view*. Problemet med å gjøre prediksjoner med et *inside view* er at man utsetter seg selv og prosjektgruppen for en rekke kognitive bias (Kahneman, 2012). I disse situasjonene blir man ofte overoptimistisk og tar for mye hensyn til egne (muligens lite betydelige) erfaringer og klarer ikke å ta høyde for de uforutsette hendelser (Kahneman, 2012; Flyvbjerg, 2006; 2021).

For å motvirke disse kognitive biasene skal man ifølge Flyvbjerg og Kahneman bruke en metode som motvirker *inside view*-tankegangen. Nemlig Reference class forecasting:

1. Finn prosjekter som er relativt likt som ditt (en referanseklasse). Referansegruppen må være stor nok til slik at man har et representativt utvalg. Samtidig må prosjektene representere samme klasse som ditt nye prosjekt, det må være sammenlignbart.
2. Innhent tall på faktisk sluttkostnad fra referanseklassen. Ut ifra disse prosjektene kan du lage en normalfordeling på hva prosjektene kostet og finne det mest sannsynlige utfallet for kostnaden på ditt prosjekt.
3. Bruk spesifikk informasjon om prosjektet til å justere estimatet ditt. Prosjektet kan inneholde spesifikke elementer som taler for at prosjektet koster mer eller mindre enn referansegruppen.

Med denne prosessen vil man i de fleste tilfeller få en god pekepinn på om man har underestimert eller overestimert prosjektet. Først og fremst gir metoden, dersom man har et godt datagrunnlag, et troverdig anker som ikke reflekterer hva prosjektgruppens erfaringer er, men hva som har vært de faktiske kostnadene i reelle prosjekter (Flyvbjerg, 2006). Flyvbjerg (2006) argumenterte for at megaprojekter

også burde ta i bruk denne metodikken. Siden den gang har flere stater tatt i bruk metodikken som hovedformel for estimering. Metoden virker veldig enkel, men har vist gode resultater. Kahneman *et al.* (2021, s. 127-139) argumenterer også for at en enkel modell, i mange tilfeller, er like effektiv og presis som en mer avansert.

3.3.1 Funn ved bruk av datadrevet estimering

Bruken av referansegrupper som grunnlag for estimering i store prosjekter har blitt praktisk testet og gjort empiriske studier på (Batselier og Vanhoucke, 2021; Natarajan, 2023; Park, 2021). Resultatene fra disse analysene er at man kan bruke estimeringsmetoden med ganske like resultater som andre estimeringsmetoder.

Park (2021) studerte forskjellene mellom kostnadsestimatene sin treffprosent før og etter implementeringen av RCF i store offentlige prosjekter i Storbritannia. Rapporten viste at kostnadsestimatene før innføringen av RCF-metodikken ga kostnadsoverskridelser i 38% av prosjektene. Etter RCF var denne andelen redusert til 5%. I tillegg til Park (2021) sin studie er det gjort flere forsøk og studier på teknikken.

I Welde *et al.* (2019) sammenlignes resultatene til en enkel datadrevet metodikk med estimatene til de eksterne konsulentene sine estimater på prosjekter under Statens prosjektmodell. Metodens prinsipper er beskrevet Jørgensen og Sjøberg (2003), og bruker avviket mellom grunnkalkyle og sluttkostnader i fullførte prosjekter for å estimere usikkerhet i nye prosjekter. Noe som er i likhet med *reference class forecasting*. Gjennom forsøket kom Welde *et al.* (2019) frem til at metoden treffer marginalt bedre på P50 og P85 estimatene gjort av eksterne konsulenter. Dette gir godt potensiale for å bruke metodikken videre, men resultatene hadde store konfidensintervall sammenlignet med metodene til de eksterne konsulentene. Da resultatene til konsulentene ga nokså presise resultater og med mindre konfidensintervall enn ved datadrevet metodikk, anses denne metoden som bedre. Dette fordi man unngår å sette av store summer til usikkerhet, og følgelig får man også godkjenning på flere prosjekter. Dermed oppsummeres det med at det kan være nyttig å gjøre disse avanserte usikkerhetsanalysene selv om de har avvik. For å gjøre resultatene signifikante kreves det i utgangspunktet et større datasett, med høyere kvalitet.

Det er verdt å notere seg at Welde *et al.* (2019) ikke har skilt mellom prosjekttype eller andre faktorer i sin studie på grunn av manglende datagrunnlag. Noe som det argumenteres for at man skal gjøre (Flyvbjerg, 2006). Batselier og Vanhoucke (2021)

kom også frem til at referansegruppen må være relativt spesifikk for at man skal få presise estimater. Welde *et al.* (2019) foreslår dette i sin studie, men legger til grunn at man ikke har nok data tilgjengelig for å kunne skille mellom klassene. Det virker som om man da har for få prosjekter tilgjengelig i hver klasse for å gjøre en god analyse.

Batselier og Vanhoucke (2021) testet RCF opp mot andre anerkjente estimeringsteknikker. Mot Monte Carlo simulering og *Earned Value Management* (EVM) gjorde RCF det vel så bra både på kostnad og tidsestimering. Det viste seg derimot at for at RCF skulle være mer presis en de andre estimeringsteknikkene måtte referanseklassen være ganske presis. Noe som viser at datagrunnlag og tilgang på referanseprosjekter er avgjørende for en god og presis implementering av RCF. Det finnes flere tilfeller der dette er hovedargumentet mot å bruke en slik teknikk. For i enkelte tilfeller har man ikke gode data på referanseprosjekter, gjerne uten faktiske kostnader, noe som vil gi ”*garbage in, garbage out*” (Flyvbjerg, 2009; 2021). Man får altså ikke bedre resultater enn tallene man setter inn i modellen.

En viktig del av databruken er å se på hva som har gått galt i prosjektene med store overskridelser, prosjektene i *tail*. Se på hva som er *black swans* i prosjektene og bruke dette til å minimere risikoen i det nye prosjektet. Flyvbjerg og Gardner (2023) forklarer at *black swans* i store prosjekter vanligvis ikke er store jordskjelv, demonstrasjoner eller lignende. I høyhastighetsbaner er for eksempel den største årsaken til utsettelse og følgelig kostnadsoverskridelser arkeologiske funn. Anbefalingen til Flyvbjerg sitt team var derfor å sette inn tilstrekkelig mengde arkeologer på prosjektet (Flyvbjerg & Gardner, 2023). Dette er kun ett eksempel, men det viser hvordan det kan være nyttig med data på tilsvarende prosjekter. På denne måten kan også referansegruppen og statistisk analyse fungere som et risikostyringsverktøy.

3.3.2 Kritikk av Reference class forecasting

Reference class forecasting høres ut som en enkel måte å bli kvitt store kostnadsoverskridelser i prosjekter. Til tross for sin lovnad finnes det en del kritikk av metodikken.

- Tilgjengelighet og troverdigheten til data

I særegne prosjekter vil det være vanskelig å samle inn nok data til å skape en troverdig referanseklasse. Ahiaga-Dagbui (2019) mener at de fleste prosjekter er

særegne, derfor vil det være en overforenkling å sammenligne med tidligere lignende prosjekter. Innsamling og oppbygning av en troverdig database er også i mange tilfeller et komplekst prosjekt. Prosjektkostnader kan variere fra land til land. Prisveksten er forskjellig fra land til land. I prinsippet kan dette bidra til at man ikke lenger sammenligner epler med epler, men epler med pærer og bananer. I tillegg til dette er det i utgangspunktet vanskelig å få tak i faktiske kostnader fra prosjekter.

- Overforenkler komplekse prosjekter

Ahiaga-Dagbui (2019) mener at RCF-metodikken tar utgangspunkt i at nye prosjekter skal bli like ”dårlig” gjennomført som eldre. Dermed gir det lite grunnlag for effektivisering. Når man utarbeider kostnadsoverslag for et prosjekt, er det viktig å være oppmerksom på at man ikke nødvendigvis bør inkludere alle mulige kostnadsøkninger som kan oppstå (Bardal, 2020). Dette kan nemlig gi inntrykk av at det er større handlingsrom i prosjektet enn det egentlig er, og kan dermed føre til at prosjektet blir dyrere enn nødvendig. Estimering og styring av kostnader henger tett sammen, og det er derfor viktig å være bevisst på hvilke kostnadsøkninger som bør inkluderes i kostnadsoverslaget og hvilke som kan holdes utenfor (Bardal, 2020).

For på samme måte som kostnadsoverskridelser og undervurdering av usikkerhet har negative konsekvenser, vil overvurdering av usikkerhet fortrenge andre investeringer (*Datadrevet usikkerhetsanalyse i byggeprosjekter*, 2022).

- Ekspertvurderinger og tripplestimat-metodikk har vist gode resultater.

Selv om subjektive ekspertvurderinger av og til kan fremstå litt som ”tipp-på-et-tall”, så har forskning vist at selv der det finnes store mengder statistiske data, så gir subjektive ekspertvurderinger som regel like gode eller bedre anslag som det ren statistisk analyse gir (Drevland, 2013).

3.4 Digitalisering og databruk i byggebransjen

Digitalisering av byggebransjen har i løpet av 2000-tallet utviklet seg fra at man jobber på papirtegninger til 3D-modeller med fullstendig informasjon på enkelte elementer i bygget eller i en veikonstruksjon (Haaland, 2012). Til tross for at det er mange steg i riktig retning er det konsensus om at bransjen henger etter på digitalisering.

3D-modelleringsverktøy har gjort det mulig til å ta ut mer presise mengdeuttak med få tastetrykk. Dermed har optimalisering av bygg og andre konstruksjoner blitt enklere. Modellene muliggjør også bruk av *design-to-cost* prinsipper (Retolaza *et al.*, 2021). Tradisjonelt sett blir løsninger først funnet, deretter finner man kostnaden. Dette har vist seg å være kostnadsdrivende da arkitekter og ingeniører ofte ser etter unike og spesielle løsninger, som også oftest er dyrere (Flyvbjerg & Gardner, 2023). Med *design-to-cost* er denne prosessen motsatt. Der man designer løsninger etter det man har til rådighet til enhver tid. Slike prinsipper kan også brukes i samferdselsprosjekter.

I konteksten av datadrevet kostnadsestimering, er digitalisering og deling av data essensielt. For å effektivisere og optimalisere systemene er det nødvendig med felles dataformat. I 3D-modellering brukes IFC-formatet. Dette har gjort det enklere for entreprenører, arkitekter og rådgivere å samhandle på tvers av sine systemer. Deling av kostnadsdata virker ikke å ha samme delingsformat, selv om potensialet for dette er til stede. Elghaish *et al.* (2020) peker på at det ikke er en BIM-basert kostnadsstyringsplattform som kan levere i alle kostnadsrelaterte prosesser. Likevel er det forbedringer som skjer med automatiserte datalagringsprosesser, som strekkodeskanning, laserskanning og fotogrammetri.

Rolstadås *et al.* (2019) trekker frem tradisjonelle entreprisemodeller som en utfordring for digitaliseringsprosessen. Aktørene i prosjektene har med de tradisjonelle modellene få insentiver for å samarbeide. I stedet vil kynisme og mål om egen lønnsomhet forsterkes. Dette er kanskje også noe av grunnen til at entreprenører og leverandører holder kortene sine tett til brystet og ikke vil dele kostnadstall med hverandre (Flyvbjerg & Gardner, 2023). Dette gjør det også vanskelig å estimere kostnader i prosjekter man ikke har jobbet med fra før, på grunn av manglende erfaringsdata. Med nye gjennomføringsmodeller som tar utgangspunkt i mer samspill vil det muligens være større insentiver for å dele erfaringer og data. Elghaish *et al.* (2020) at samspillsmodeller vil gi større motivasjon for å dele erfaringer på tvers av aktørene, med mål om å optimalisere prosjektet, minimere kostnader og maksimere overskudd, sammen. I tillegg til dette vil man i større grad ha mulighet til å finne løsninger basert på kostnader. Dette i motsetning til mer tradisjonelle modeller der man finner løsningen først, og deretter ser på kostnadene, *design-bid-build* (Elghaish *et al.*, 2020).

Datadrevet usikkerhetsanalyse i byggeprosjekter (2022) kommer frem til at det må utarbeides:

- Standardisert dokumentering av gjennomførte offentlige byggeprosjekter
- Videreutvikle database med offentlige byggeprosjekter og revidere analyseresultater
- Standardisert krav til dokumentasjon om medgåtte kostnader fra entreprenør
- Standardisering av dokumentering av rotårsaker til kostnadsavvik

Alt dette for å gjøre det enklere å analysere sammenhenger som gir kostnadsøkninger og muliggjøre bedre kostnads- og usikkerhetsestimering. Dersom man har større datasett med flere datapunkter, vil man få mer troverdige og presise resultater.

4 Resultater fra intervjuene

Formålet med intervjuene er å innhente informasjon om hvordan fagpersoner som er involverte i store prosjekter vurderer temaene som tas opp i denne oppgaven. Sitater fra intervjuene er markert med innrykk. Intervjuobjektene er oppgitt med hver sin identitetsindikator (eks. Int. 1). Intervjuobjektene har mye erfaring med jobb i store prosjekter, enten med prosjektplanlegging og styring, prosjektledelse eller estimering og kalkyle.

4.1 Årsaker til kostnadsoverskridelser

På samme måte som det ble gjort i kapittel 3, ses det først på hva som oppfattes som de hyppigste årsakene til kostnadsoverskridelser i byggeprosjekter. Dette var et sentralt tema under intervjuene. Det ble både diskutert hva som er de direkte årsakene til overskridelser som oppstår i gjennomføringsfasen og potensielle bakenforliggende årsaker.

4.1.1 Direkte årsaker

Av direkte årsaker var dette hovedpunktene ut ifra intervjuene.

- Dårligere grunnforhold enn antatt (dårlige grunnforhold / forurensete masser fører til merarbeid.
- Endring av omfang.

Omfangsendringer er en av de største bidragsyterne til at prosjekter koster mer enn hva som først var planlagt. Intervjuobjektene legger vekt på at god omfangsstyring i tidlig fase er viktig for å unngå dette. Samtidig er det vanskelig som estimator å ta hensyn til omfangsendringer. Dette fordi man gjerne får en oppgave om å estimere noe spesifikt. Dermed mener også intervjuobjektene at det blir feil å vektlegge store endringer i omfang når man estimerer prosjektene.

- Endret markedssituasjon.
- Teknologiske utfordringer.
- Endrede krav til bygg eller konstruksjon.

- Markedsforhold.

Markedssvingninger er en av årsakene som går igjen under intervjuene. Måten markedssvingningene slår inn i prosjektene, er som oftest på to ulike måter.

- Endring i priser og byggevaretjenester under gjennomføring.
- Endring av konkurranse (tilbud / etterspørsel) i markedet fra tidlig fase og utredning til innhenting av anbud.

(Int. 4) Si at du utfører KS1 i en periode der er markedet er veldig stabilt med høy konkurranse. Går prosjektet ut, så vil du treffe veldig godt. Og så blir budsjettet utsatt, og plutselig så kommer vi til en periode med høy inflasjon og diverse som gjør markedet trangt. Da finnes ikke noen arbeidskraft og entreprenører som er villig til å bygge til den prisen [...].

Intervjuobjektene viser til at det legges til usikkerhet for markedsforhold, men at med tilfeller som har inntruffet de siste årene har vært umulig å forutse. Eksemplene som trekkes frem er fra krig i Ukraina som har skapt utfordringer i verdikjeden, pandemi med lavt tilbud av arbeidskraft og barkebiller som drar opp trevareprisen.

4.1.2 Kognitive og bakenforliggende årsaker

Av kognitive- og bakenforliggende årsaker til kostnadsoverskridelser er dette hovedfunnene.

Bakenforliggende og kognitive årsaker

Overoptimisme og -selvtillit	Undervurdering av uforutsette hendelse
Makt / press innad i organisasjonen	Manglende erfaringsoverføring
Undervurdering av omfang	

For å få bedre forståelse av hva som er utfordringene presenteres noen av kommentarene til intervjuobjektene.

- Overoptimisme i organisasjoner og prosjektgruppe kan gi planlegging etter beste scenario.

Alle intervjuobjektene peker på at overoptimisme og -selvtillit kan være en viktig årsak til kostnadsoverskridelser.

(Int. 1) Det er spesielt i tidlig fase i store prosjektet man har en tendens til å være veldig optimistisk. Selv om man sier synliggjør en del hendelser som kan påvirke prosjektet. Når du sitter med en prosjektorganisasjon, så er det veldig enkelt for dem å si at uforutsette hendelser i referanseprosjekter er veldig prosjektspesifikt og kommer ikke til å treffe oss.

Dette sitatet oppsummerer godt inntrykket intervjuobjektene legger igjen. At man har en tro på at man kommer til å løse uforutsette hendelser på en god måte. Overoptimismen ligger altså i at man planlegger for beste scenario, undervurderer uforutsette hendelser og organisasjonens evne til å løse problemene man møter underveis i prosjektet. I infrastrukturprosjekter mener Int. 2:

I noen tilfeller har man tendensen å være veldig optimistisk og tenke at vi skal klare å bygge akkurat det vi trenger.

- Press innad i organisasjonen / maktbias kan gjøre at man underestimerer kostnadene for å komme i gang med prosjektet.

Flere av intervjuobjektene mener at dette er reelt i noen prosjekter. Om prosjektene gjennomføres eller ikke, avgjøres av samfunnsøkonomiske analyser, og at man skal få mest mulig nytte av pengene som går inn i prosjektet. Int. 6 kommer også med noen eksempler på prosjekter hvor dette kan ha forekommet.

(Int. 3) Alle har jo lyst til at sitt prosjekt skal bli gjennomført. Jeg tror at denne utfordringen var større før, men det vil nok fortsatt være noen som er litt redd for at ting skal på en måte sprekke i begynnelsen og at man ikke får gjennomført prosjektet. Dermed tenker at når vi først er i gang, så er vi i gang.

Andre intervjuobjekter peker også på incentivet ved å komme i gang med prosjektet. Når prosjektet først er i gang, er det lite sannsynlig at det vil stoppe.

- Endring av omfang og undervurdering av omfang.

I tidligfaseestimatene har fortsatt estimatorene et grunnlag som skal estimeres. I mange tilfeller vil ikke dette estimatet ha så mye å gjøre med det som faktisk bygges.

På spørsmålet om man skal kalle dette en overskridelse eller ikke, er svaret utvetydig; nei det skal man ikke. Dette betyr i praksis at kostnadsøkninger og overskridelser kan komme av at prosjektet som ble estimert i tidlig fase ikke samsvarer med det endelige resultatet.

Selv om dette ikke er opp til estimatoren vil det sammenfalle med undervurdering av omfang. I infrastrukturprosjekter forteller Int. 2 at man også kan bomme på mengder, ved at man undervurderer ekstra påkjøringer og løsninger tilknyttet dette.

- Kostnadene kommer til slutt.

Flere av intervjuobjektene referer til at kostnadene er en beregning som blir tatt til slutt. Altså at man optimaliserer, finner først løsninger for bygg, jernbane eller vei og deretter tenker på kostnadene. Denne måten å jobbe på gjør at man ofte ender opp med andre løsninger enn det som var anslått i tidlig fase. Samt at kostnadene går opp i prosessen.

I tillegg til dette er det også flere av intervjuobjektene som trekker frem at estimater kun er estimater. Statistikken tilsier at noen prosjekter vil gå med kostnadsoverskridelser, derfor vil også dette forekomme.

4.1.3 Bruk av data, erfaringstall og referanseprosjekter

Et sentralt tema i oppgaven er bruk av data, erfaringstall og referanseprosjekter. Da mye av litteraturen peker på at dette er måten å få realistiske kostnadsestimater. I intervjuene er det forsøkt å skape bedre forståelse av hvordan erfaringstall og referanseprosjekter brukes og hva som er utfordringene med å bruke det og dermed ta utenfra-og-inn tilnærming (*outside view*) i estimeringen.

Hovedutfordringer:

- Prosjekter er veldig ulike.
- Kun deler av prosjekter som kan sammenlignes.
- Vanskelig å få tilgang på faktisk kostnad.

Videre blir noen sitater fra intervjuene presentert.

- Bruk av erfaringstall og referanseprosjekter

Dette sitatet forklarer godt helhetsinntrykket intervjuobjektene legger igjen når det gjelder bruk av erfaringstall og referanseprosjekt.

(Int. 3) Det som er litt av utfordringen med erfaringstall, er at for det første prosjektene er veldig ulike. Det er stor forskjell å bygge en kilometer med spor på Bergen stasjon og bygge det på jomfruelig mark. Så er det å vite hva man sammenligner med. De prisene som ligger der (de man har tilgjengelig), det er priser vi har fått i ulike kontrakter. Så det er vanskelig å vite hvilke forutsetninger entreprenøren hadde for å prise. Så er det også en usikkerhet i hva som er bakt inn i de ulike enhetsprisene. Hvis vi for eksempel kjører en utførelsesentreprise, der det kun prises enhetspriser. Så er en stor entreprenør fri til å selv velge hvordan de priser ulike elementer. Da kan det hende at vi får tall som er ganske skjeve inn i våre databaser.

Når dette akkumuleres opp, så skal jeg på en måte ta ut mange av disse usikkerhetene her. Da kan det bli litt gjettelek da dessverre. Om det er gode tall eller ikke.

Selv om det generelle inntrykket er at det er vanskelig å sammenligne priser fra forskjellige prosjekter og kontrakter er det likevel flere som peker på at enkelte elementer kan sammenlignes.

(Int. 2) Samtidig så ser man at på en del elementer at når man får mange nok, så er det ganske likt allikevel. [...]. For eksempel har vi sett etter hvert at en tunnel er en tunnel og at dette kan brukes som god referanse.

Viktighet av gode erfaringstall er det mange som også presiserer. Det blir mye enklere å estimere kostnader med gode erfaringstall. Flere av intervjuobjektene trekker dette frem.

- Unikhhet ved prosjekter

Under intervjuene ble det observert ulike meninger om prosjekter sin grad av unikhhet. Noen mener at det er vanskelig å bruke en slik modell fordi et prosjekt på en annen lokasjon vil ha forskjellige aspekter ved seg. ”Et sykehusprosjekt i Tromsø vil være veldig annerledes fra et i Oslo. Sånn sett er prosjekter ganske unike” (Int. 4).

- Systematisk innsamling av data

Intervjuobjektene forteller om veldig ulike metodikker for bruk av databaser og systemisert datainnsamling. Enkelte virker å bruke erfaringstall fra prosjekter langt tilbake i tid som er prisvekstjusterte. Andre har mer systematiserte metoder for å finne kostnadstall på ulike arbeider gjennom prosjektenes løp. Flere peker på problemet med å samle inn faktisk kostnad. Som byggherre er det ikke alltid enkelt å samle inn sluttkostnader. Derfor får man ikke reelle tall til datagrunnlaget. Derfor kan gjennomføringsmodeller med åpen-bok-prinsipp gjøre loggføringen av data enklere. For å skaffe reelle kostnadstall i dag må man som byggherre bruke utførelsesentreprise med beskrivelse. Dette er dessverre en veldig tidkrevende prosess, spesielt i store prosjekter.

4.1.4 Digitaliseringens rolle i estimering

Flere peker på at BIM-modeller har gitt mulighet til å gjøre mer presise mengdeuttak, men at bruken først er anvendelig lenger ute i prosjektet. Enkelte av intervjuobjektene trekker frem viktigheten av at kostnadene kommer først. Digitalisering muliggjør dette ved bruk av *design-to-cost* verktøy. Eksempler på dette er Bane NOR og Norconsult sitt verktøy der man kan se kostnadsendringer ved å legge om trasé i 3D-modellen. Andre mener at problemet ligger i at systemene ikke snakker sammen og peker på at det finnes for mange separate applikasjoner, uten at de har en sammenheng.

Int. 2 forteller at det er viktig at ikke datadrevet estimering blir som en svart boks, der man ikke har kjennskap til hvorfor ting går galt eller bra.

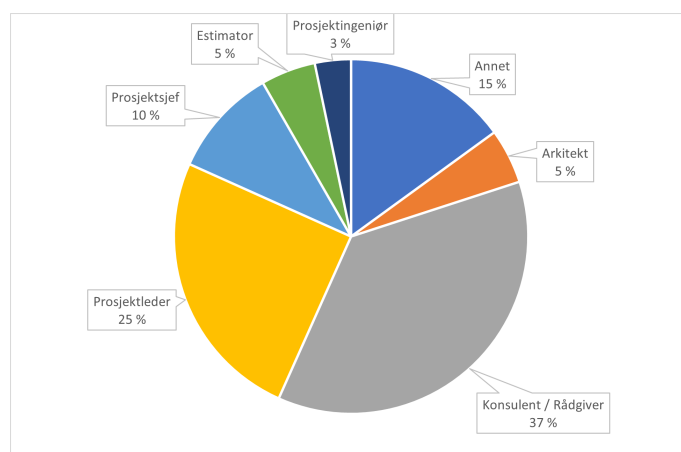
Generelt sett pekes det også på at det brukes det for lite penger på digitalisering:

(Int. 6) Vi har jo ikke kommet så veldig langt som enkelte andre bransjer er kommet med tanke på digitalisering. Og det skyldes litt at vi bruker veldig lite penger.

5 Resultater fra spørreundersøkelsen

For å skaffe et større bilde av meninger rundt årsaker til kostnadsoverskridelser og datadrevet estimering ble det gjennomført en spørreundersøkelse. Spørreundersøkelsen ble sendt ut til NTNU sitt VDC-nettverk bestående av over 600 som jobber i byggenæringen. Undersøkelsen hadde totalt 60 respondenter fra byggebransjen. I Vedlegg A er en fullstendig rapport fra undersøkelsen vedlagt. Her ses det kun på de viktigste og mest relevante funnene.

Figur 8 og Figur 9 viser informasjon om respondentene i undersøkelsen.



Figur 8: Antall respondenter



Figur 9: Fordeling av bygg/samferdsel og antall år i bransjen blant respondentene

5.1 Årsaker til kostnadsoverskridelser

Det generelle inntrykket respondentene legger igjen er at usikkerheten i prosjektene undervurderes. Dette kan følgelig skape kostnadsoverskridelser.

- Undervurdering av usikkerhet

68% svarer enten *litt enig* eller *helt enig* og mener dermed at usikkerhet undervurderes i prosjekter.

- Overoptimisme

De fleste mener at overoptimisme er en fare og at man kan havne i situasjoner der man planlegger etter best tenkelig scenario. Samtidig er det god spredning blant respondentene når de skal si seg enig eller uenig i at dette er den største grunnen til overskridelser.

- Omfangendringer

86% mener at omfangsendringer skal vektlegges i usikkerhetsavsetningen. Samtidig er resultatet tvetydig i vurderingen om økt usikkerhetsavsetning til potensielle omfangsendringer kan gi økt handlingsrom og dermed blir prosjektet dyrere av seg selv. Her svarer 30% litt uenig og 32% litt enig.

5.2 Datadrevet kostnadsestimering

I undersøkelsen ble det først forsøkt å avdekke hvordan respondentene brukte data og erfaringer fra tidligere prosjekter. Det ble spurt om;

I hvilken grad de bruker erfaringer og data fra tidligere prosjekter til å:

- estimere kostnader og planlegge nye prosjekter
- utarbeide en realistisk tidsplan og overvåke fremdriften i prosjektet
- identifisere risiko og utvikle risikostyringsstrategier
- velge passende kontraktstyper og inngå kontrakter med leverandører
- forhindre uforutsette hendelser

På alle disse punktene svarte over 60% respondentene *i noen grad* eller *i stor grad*. Det første punktet: *estimere kostnader og planlegge nye prosjekter*, svarte over 60% *i stor grad*. Alt i alt tyder dette på at bedriftene bruker en hel del tid på bruk av erfaringstall og data fra tidligere prosjekter. Det kommenteres også at data er enklere å bruke i boligprosjekter der man har mye statistikk, mens det ikke brukes like mye i næring og offentlige prosjekter med lite sammenligningsgrunnlag.

- De fleste er enig i at datadrevet kostnadsestimering minimerer risiko for overskridelser.

5.3 Erfaringsoverføring

- God spredning i spørsmålet om dagens digitale løsninger tilrettelegger for god erfaringsoverføring.
- I de fleste bedrifter legges det en del ressurser i erfaringsoverføring. 42% svarer litt enig på at det legges mye ressurser i erfaringsoverføring.
- Det er varierende hvordan bedriftene setter seg inn i tidligere prosjekter ved oppstart av nytt prosjekt. 42% svarer litt enig, 27% svarer litt uenig. Samtidig er det varierende hvor mye tid som brukes på å lære fra prosjekter som er gjennomført.
- Lite konsekvent systematisert datainnsamlingen. 43% er litt enig eller helt enig i at de har en systematisert måte å samle inn data. 40% er litt uenig eller helt uenig i den samme påstanden.
- De aller fleste ønsker å bruke mer tid og ressurser på erfaringsoverføring, datadrevet kostnadsestimering og systematisert datainnsamling.

5.4 Andre funn

- Over 70% mener at ikke-prissatte virkninger skal vektlegges i tidlig fase.
- Det kommenteres at ikke alle entreprenører vil dele kostnadstall. Dette fordi de er redd for at dette kan spores tilbake til kontrakter. Derfor forbyr de rådgivere å bruke disse tallene i fremtidige estimater.
- Respondentene mener i gjennomsnitt at deres prosjektorganisasjon eller bedrift er bedre enn gjennomsnittet til å estimere kostnader og usikkerhet.

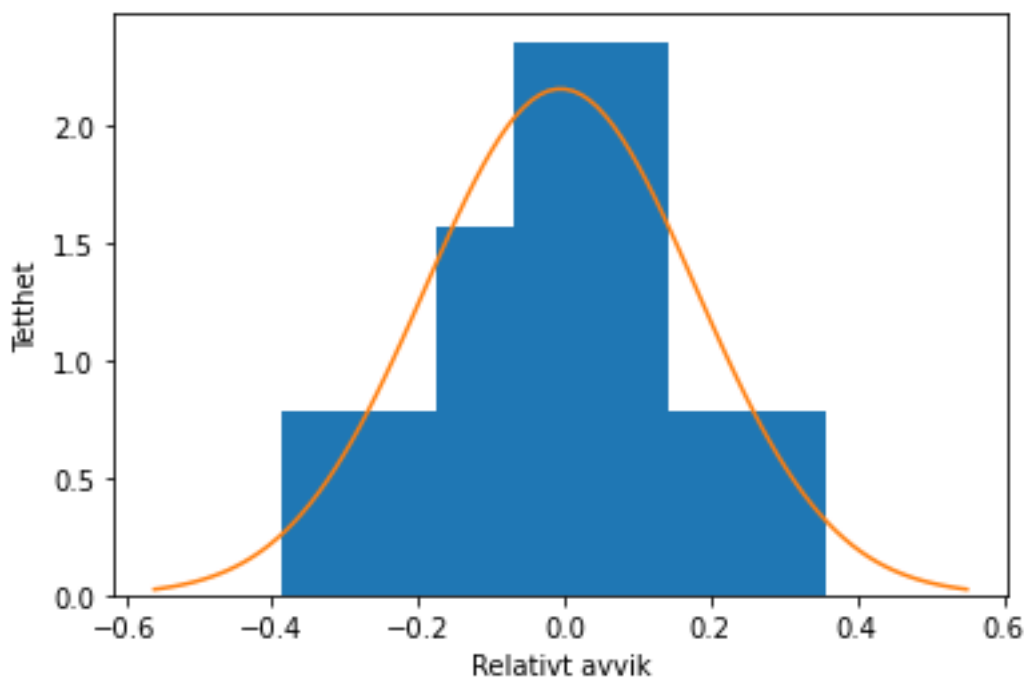
6 Resultater fra datadrevet estimering

Bruk av statistikk og data for å fjerne kognitive bias i estimeringsprosessen står sentralt i oppgaven. I dette kapitlet presenteres først en del av dataene fra Concept-databasen. Her gjøres det også en rask analyse av tallene. Deretter brukes dataene til å gjøre et praktisk forsøk av RCF-metodikken (6.2).

6.1 Statistikk Concept-database

Tabell 8: Datasettbeskrivelse

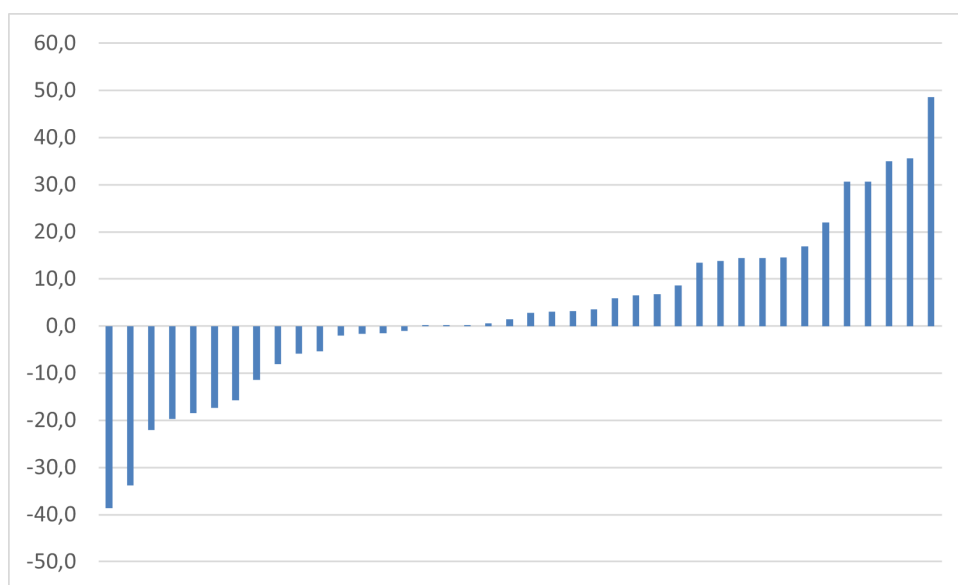
	Antall Prosjekter (n)	Kommentar
Data1	254	Ingen screening
Data2	210	Kun Bygg- og anleggsprosjekter
Data3	63	Med KS2 (P50/P85) og sluttkost
Data4	40	Veiprosjekter m. inkl.kriterer (u. testprosj)



Figur 10: Relativt avvik fra P50, Data4

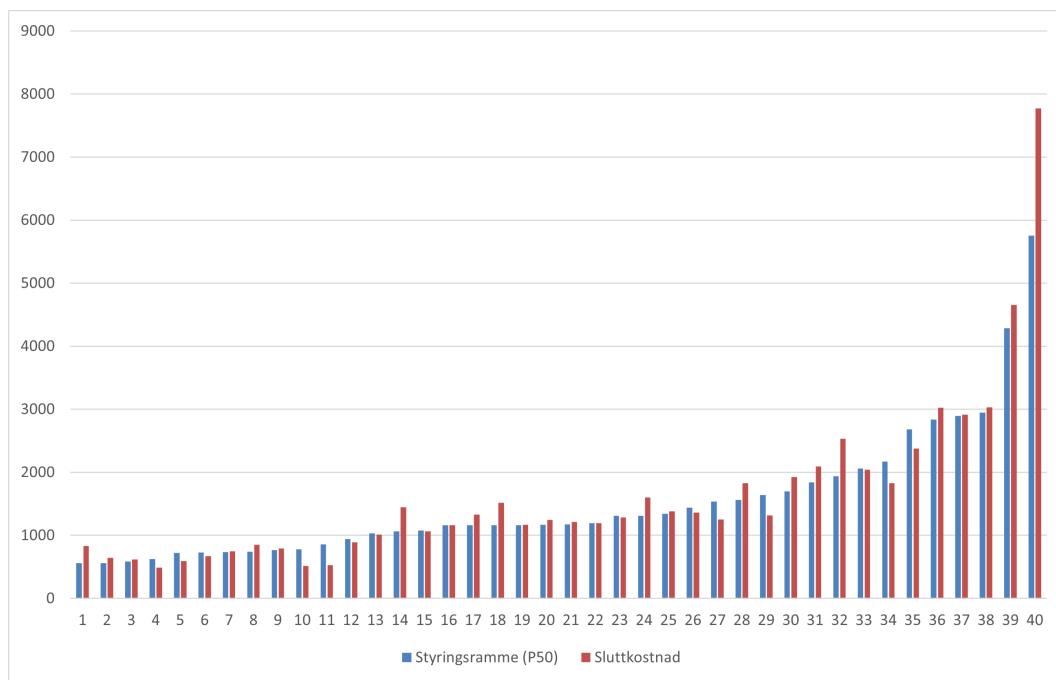
Figur 10 skal i utgangspunktet være symmetrisk rundt styringsrammen på P50. Altså skal medianavviket være tilnærmet 0, i en ideell verden. Gjennomsnittlig avvik fra P50 med dette datasettet er på 3,3%. Medianavviket er på 2,2%. I

Figur 11 ser man at omtrent halvparten av prosjektene går under P50 og den andre halvparten over. Man kan også se at en tyngde av prosjekter med store overskridelser gir en svak høyreskjev fordeling. Man kan også se fra tallene at det forekommer flere overskridelser over P85. Statistisk sett skal 15% av prosjektene gå over kostnadsrammen (P85). I det utvalget vi har av prosjekter (Data3) viser det seg at 11 av 63 prosjekter går over kostnadsrammen. Noe som tilsvarer 28%. Dette vil si at nesten at andelen er dobbelt så stor som den egentlig skal være.



Figur 11: Avvik fra P50 (i prosent) (n=40)

Ut ifra Figur 12, ser man at størrelsen på prosjektene ikke vil tilsvare en trend der de større prosjekter har større avvik.



Figur 12: Styringsramme (P50) med tilsvarende Sluttkostnad i prosjekter under Statens vegvesen (i millioner)

6.2 Datadrevet kostnadsestimering - Reference class forecasting

For å teste RCF metode for datadrevet kostnadsestimering brukes tre av de nyeste prosjektene med inklusjonskriteriene som ble presentert under underseksjon 2.5. Disse er alle veiprosjekter under Statens vegvesen. Prosjektene har den desidert største referansegruppen med inklusjonskriteriene (P50/P85 og Sluttkostnad) i Concept sin database. Dermed er også denne typen prosjekt den mest ideelle for å teste metodikken. Veiprosjekter kan på mange måter sies å være unike. Derfor vil forsøket også avdekke om det er mulig å bruke RCF på denne typen prosjekter, som er inkludert med enkle kriterier. Styringsrammen (P50 / *Steering frame*) som det refereres til er ved endelige investeringsbeslutning. Sluttkostnaden (*Final cost adjusted*) er den dokumenterte sluttkostnaden justert for prisvekst.

Disse prosjektene vurderes opp mot referansegruppen som består av **40** lignende prosjekter. De tre veiprosjektene har alle forskjellig utfall med tanke på sluttkostnaden i forhold til styringsrammen (P50). Formålet med testingen av metodikken er å se om man ved bruk av en referanseklasse kunne ha argumentert for at estimert kostnad ville vært større eller mindre. Dette gjøres gjennom følgende steg:

1. Sett opp referanseklasser for hvert av prosjektene.
2. Finn fordelingen av (faktisk) kostnaden til prosjektene i referanseklassene.
3. Beregn ny P85 ut ifra sluttkostnadene i forhold til P50-estimat (Relativt avvik).
4. Sett opp en ny S-kurve som angir sannsynligheten for å gjennomføre prosjektet til en viss kostnad.

I punkt 1, er referanseklassen funnet ved tre enkle inklusjonskriterier; veistrekning, antall tunneler og bruer.

I det andre punktet ses det på sluttkostnadene i prosjektene i NOK per meter vei. Da dette virker som det mest sammenlignbare målet mellom prosjektene (O. Torp, Personlig kommunikasjon, 02.06.23). Det kreves flere referanser for å danne en normalfordeling av disse kostnadene. Derfor ses det kun på hva estimatet i kr/m, for hele testprosjektet, ligger i forhold til kostnadene i referanseklassen.

I de to siste punktene antas det at prosjektene i referanseklassen er normalfordelt. Altså at relativt avvik er normalfordelt rundt P50. Som man ser av Figur 4, er dette en grei antagelse (O. Torp, Personlig kommunikasjon, 02.06.23). Da det er omtrent like mange prosjekter med negative avvik som det er med positive avvik (overskridelser).

Det må det tas hensyn til tilfeldighet og at sluttkostnadene kan være høyre- eller venstreskjeve, når resultatene vurderes. Dette problemet virker det som kvalitetssikrerne ikke vektlegger i stor grad. I flere kvalitetsikringsrapporter konkluderer de med å bruke enhetspriser fra gjerne få referanseprosjekter. Det vil være mye tilfeldigheter i disse tallene. Samtidig er nok grunnen til dette at det finnes for få kostnadstall på lignende prosjekter. I disse referanse brukes det også mye estimert kostnad. I sluttrapporten til Bjørvikaprojektet for eksempel, brukte kvalitetssikrerne anbuds-kostnadene fra tre referanseprosjekter på tunnel (*E18 Bjørvikaprojektet Sluttrapport*, 2004) . Derfor kan man si at sammenlignet med deres metodikk, er RCF-en i disse tre testprosjektene mindre tilfeldige. I tillegg er det en styrke at det brukes faktisk kostnad.

Mediankostnaden (slutt-kostnad) er 1269 MNOK. Gjennomsnittlig slutt-kostnad er 1618 MNOK. Datasettet har ingen *outliers* som er nødvendig å fjerne. Man kunne vurdert å fjerne E18 Bjørvikaprojektet ettersom dette har en betydelig større slutt-kostnad enn resten av prosjektene. Dette vurderes for hver enkelt referanseklasse.

Med 40 referanseprosjektene vil RCF-metodikken bli for upresis, da flere av prosjektene ikke er sammenlignbare med testprosjektene. Derfor er prosjektene filtrert ut i tre prosjekt-karakteristikker: total veistrekning (km), antall tunneler (med km tunnel) og antall bruer (med km bru). Ut over dette vil det vurderes om man burde fjerne noen av *outliers*, prosjekter med vesentlige høyere eller lavere kostnader.

6.2.1 TEST 1: E136 Tresfjordbrua - Vågstrandstunnelen

Tilbake til beskrivelse av prosjektet.

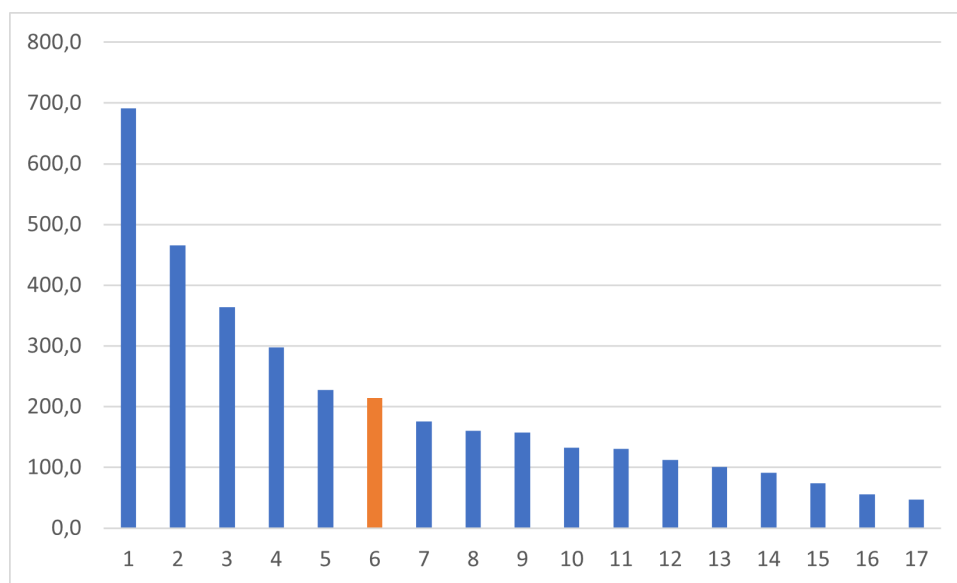
Tabell 9 vises inklusjonskriteriene for referanseklassen til prosjekt 1. Prosjektet omfatter en lang bru og en relativt lang tunnel. Dette taler med andre ord for at komplekse prosjekter bør inkluderes i referanseklassen. Det er samtidig laget en relativt bred referanseklasse for å fange variabiliteten til veiprojekter.

Tabell 9: Inklusjonskriterier TEST 1

	min	max	kommentar
Veistrekning (km)	4	21	
Antall tunneler	1	3	Helst lang
Antall bruer	1	3	Helst lang

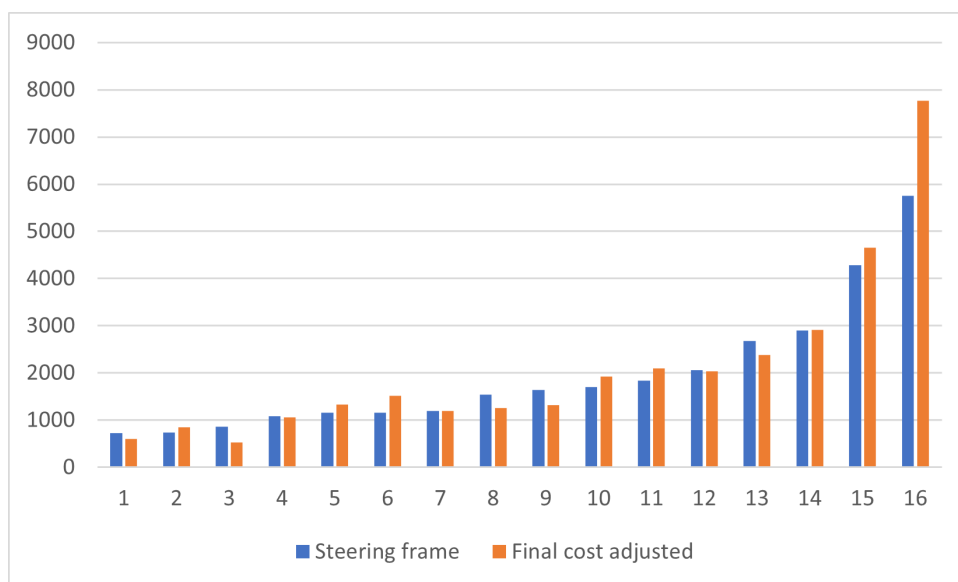
- antall referanseprosjekter i klassen: 16

Figur 13, viser sluttkostnader per meter i referanseklasse 1. Testprosjektet er markert i oransje.



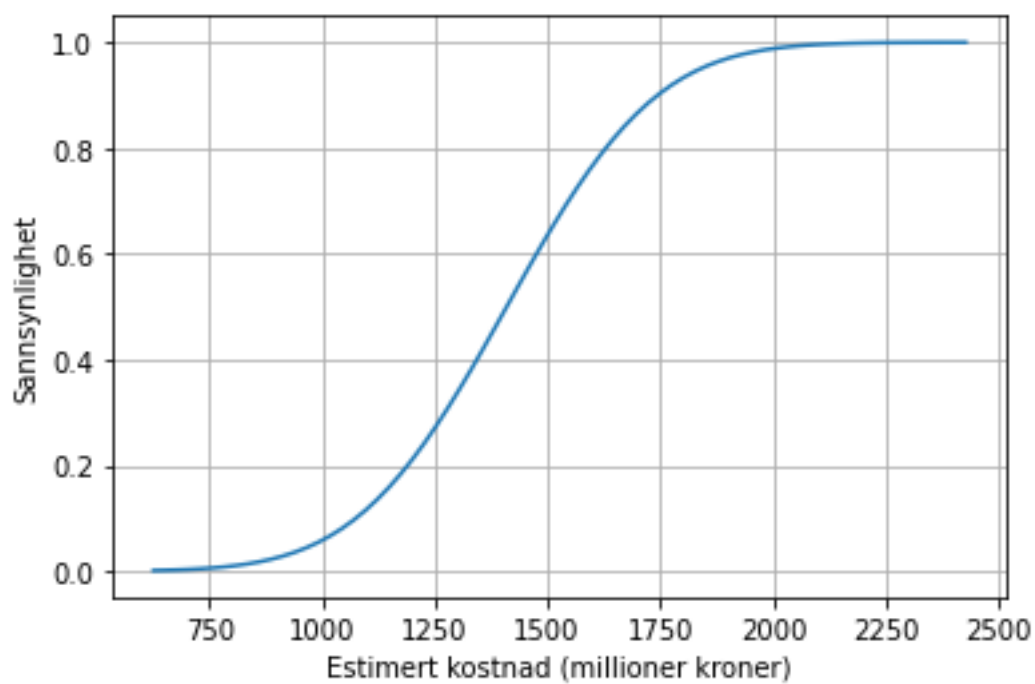
Figur 13: Sluttkostnader 1000kr/meter, Referanseklasse 1

Figur 14 viser forskjellen mellom styringsrammen og sluttkostnaden for referanseklasse 1.



Figur 14: P50 og sluttkostnad, Referanseklasse 1

Figur 15 viser S-kurven for Testprosjekt 1.



Figur 15: S-kurve, RCF1

Ut ifra dette finner RCF-modellen:

- Gjennomsnittlig relativt avvik i referansegruppen: 1.45%
- Standardavvik for relativt avvik i referansegruppen: 18.81%

- Usikkerhetspålegg for det nye veiprojektet: 270.81 millioner kroner
- Ny estimert kostnad for projektet (P85): 1679.90 millioner kroner
- Avvik fra faktisk sluttkostnad: 14%

Har man noen argumenter for å si at kostnaden skal være høyere eller lavere enn estimert?

Ut ifra kostnaden per meter, som er vist i Figur 13, er det ikke mye som tilsier at projektets sluttkostnad skulle ende på mer enn det kostnadsrammen sier. Testprosjektet har høyere estimat enn medianen av sluttkostnader i referansegruppen, noe som tyder på at kostnadene er tilstrekkelig høye i forhold til referanseklassen. Ser man på relativt avvik i referanseklassen kommer man frem til et annet resultat. Modellen finner også et større usikkerhetspålegg enn P85 estimatet fra KS2. Altså at man burde argumentert for en høyere kostnad i projektet. Referansegruppen i dette tilfellet er relativt bred med 16 referanser. Dette betyr at de fleste ikke vil være veldig sammenlignbare. Dette ser man også ved at standardavviket er relativt stort. Noe som fører til mye usikkerhet i kostnadsanslaget.

6.2.2 TEST 2: Rv64 Atlanterhavstunnelen

Tilbake til beskrivelse av projektet.

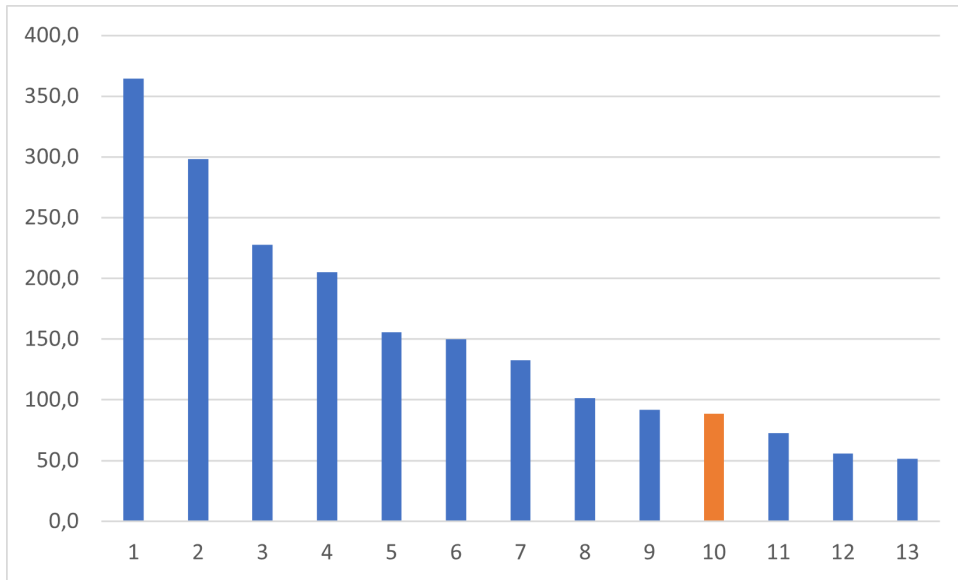
Inklusjonskriterier:

Tabell 10: Inklusjonskriterier TEST 2

	min	max	kommentar
Veistrekning (km)	5	15	
Antall tunneler	1	3	undersjøisk
Antall bruer	0	1	ikke lang

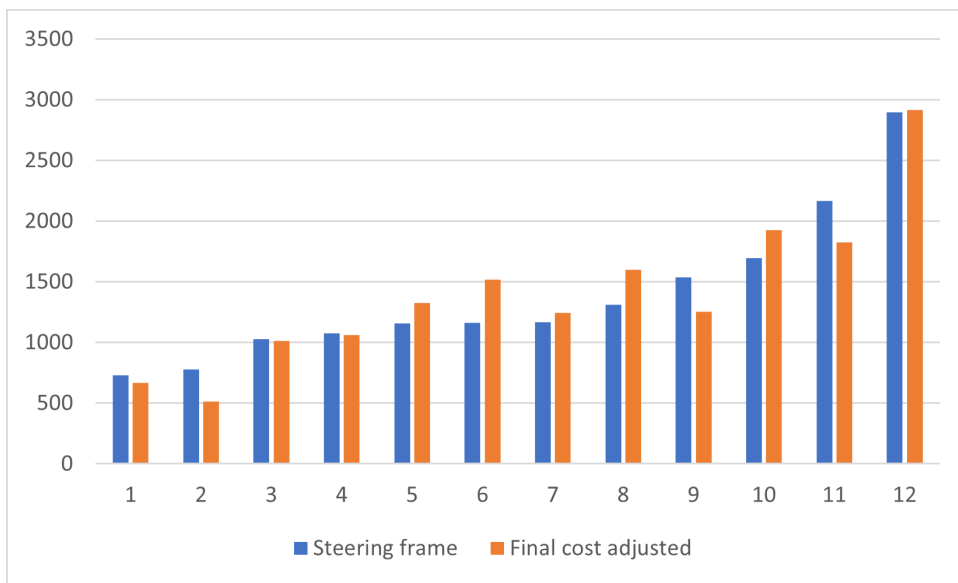
- Antall referanseprosjekter i klassen: 12

Figur 16 viser fordelingen av sluttkostnader per meter for referanseklasse 2. Testprosjektet er markert i oransje.



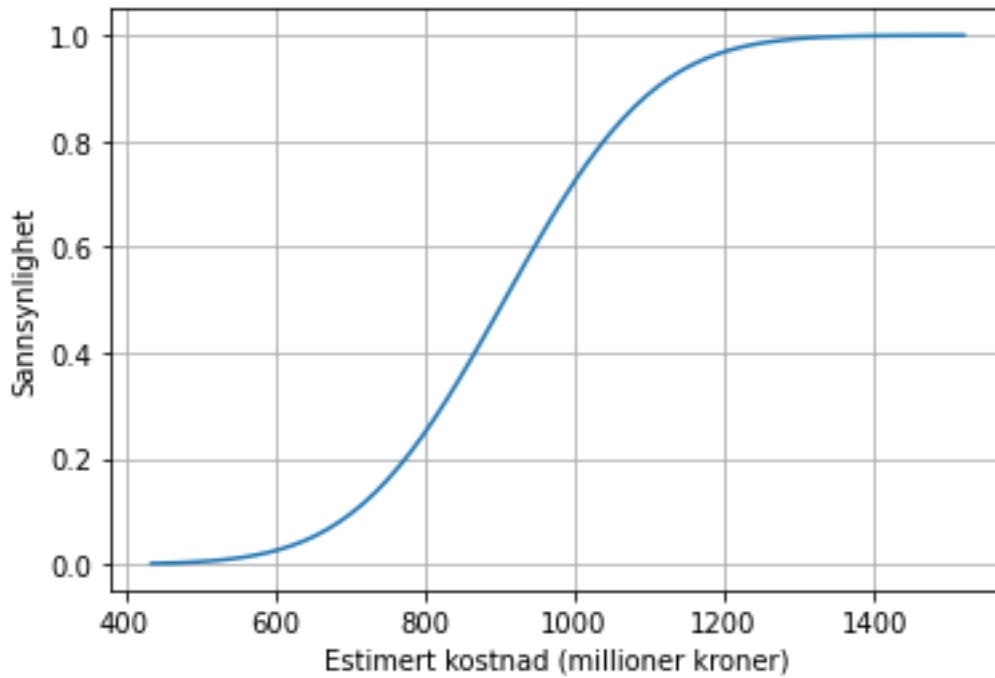
Figur 16: Sluttkostnader 1000kr/m, Referanseklasse 2

Figur 17 viser forskjellen mellom P50 og sluttkostnaden i referanseklasse 2.



Figur 17: P50 og Sluttkostnad, referanseklasse 2

Figur 18 viser S-kurven til Testprosjekt 2.



Figur 18: S-kurve, RCF2

Med dette som grunnlag finner RCF-modellen:

- Gjennomsnittlig relativt avvik i referansegruppen : 0.73%
- Standardavvik for relativt avvik i referansegruppen: 17.46%
- Usikkerhetspålegg for det nye veiprojektet: 162.90 millioner kroner
- Ny estimert kostnad for prosjektet (P85): 1069.43 millioner kroner
- Avvik fra faktisk sluttkostnad: 1%

Har man noen argumenter for å si at kostnaden skal være høyere eller lavere enn estimert?

Ut ifra Figur 16, kan man si at prosjektet var underestimert i forhold til klassen. Men ser man nærmere på testprosjektet og referanseprosjektene finner man nok fort ut at prosjektet holder til i nedre sjiktet i kostnad blant referansene. Referanseklassen har også god spredning i relativt avvik mellom P50 og sluttkostnad. Dette betyr at det er stor usikkerhet i anslaget som gir en ny estimert P85 på om lag 1070 MNOK. Dette estimatet treffer veldig godt på den faktiske sluttkostnaden i prosjektet. Likevel er det vanskelig å trekke noen konklusjoner på at prosjektet skulle vært estimert til en dyrere pris. Dette fordi det kan være mye tilfeldighet i resultatene (Høyt standardavvik).

6.2.3 TEST 3: E16 Smedalsosen - Borlaug

Tilbake til beskrivelse av prosjektet.

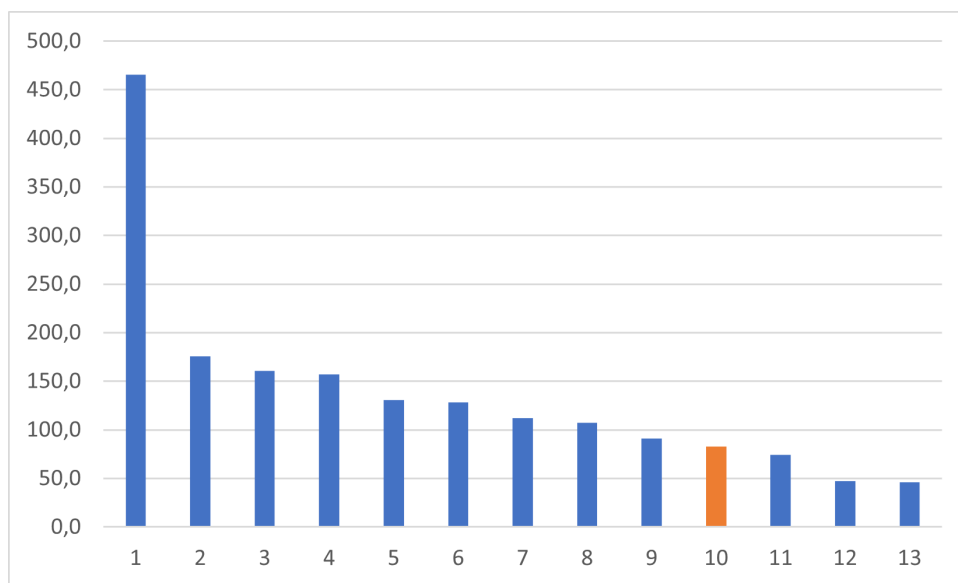
Inklusjonskriterier for referanseklassen.

Tabell 11: Inklusjonskriterier TEST 3

	min	max	kommentar
Veistrekning (km)	6	22	
Antall tunneler	1	5	
Antall bruer	2	7	ta vekk lange bruer

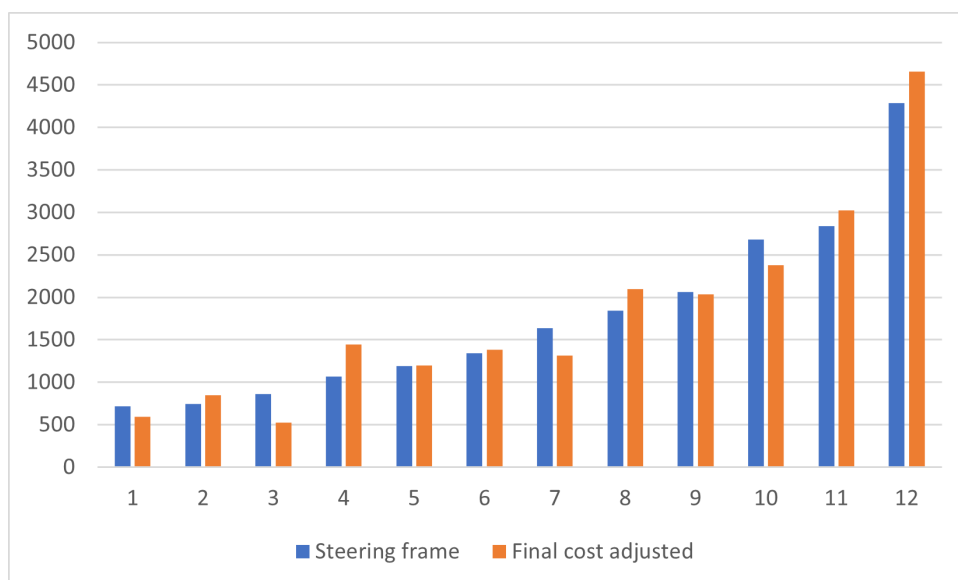
- Antall prosjekter i referanseklasse 3: 12

Figur 19 viser fordeling av sluttkostnadene per meter i referanseklassen. Testprosjektet er markert i oransje.



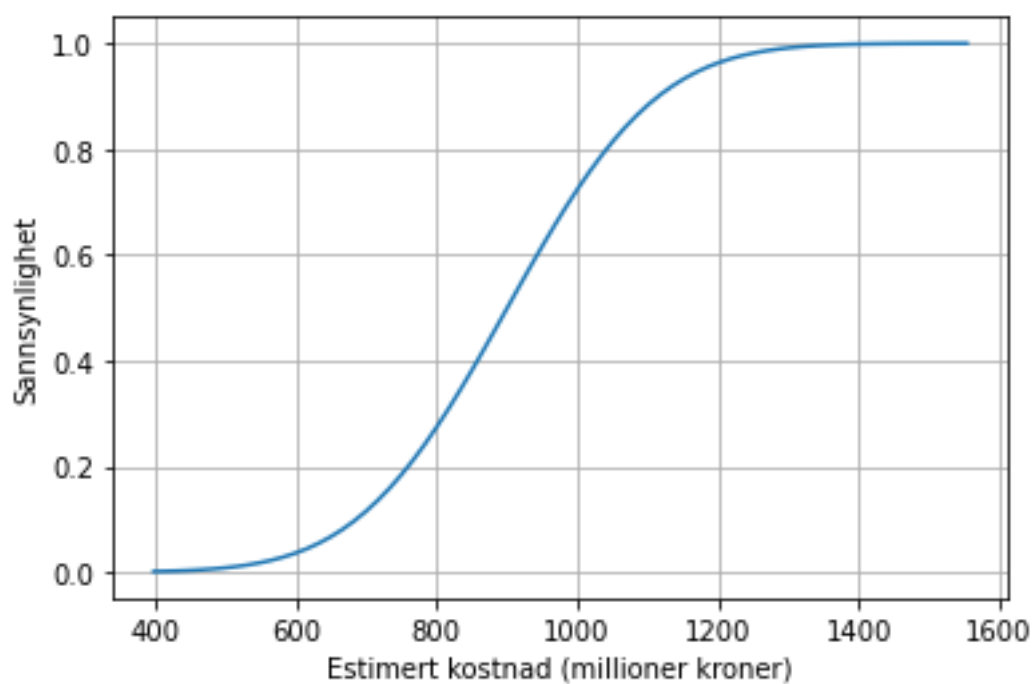
Figur 19: Sluttkostnader 1000kr/m referanseklasse 3

Figur 20 viser avviket mellom P50 og sluttkostnadene i referanseklasse 3.



Figur 20: P50 og sluttkostnad i referanseklasse 3

Figur 21 viser S-kurven for Testprosjekt 3.



Figur 21: S-kurve RCF3

- Gjennomsnittlig relativt avvik i referansegruppen: -0.52%
- Standardavvik for relativt avvik i referansegruppen: 18.50%
- Usikkerhetspålegg for det nye veiprojektet: 172.57 millioner kroner

- Ny estimert kostnad for prosjektet (P85): 1067.90 millioner kroner
- Avvik fra faktisk sluttkostnad: 34%

Har man noen argumenter for å si at kostnaden skal være høyere eller lavere enn estimert?

I likhet med Test 2 ligger kostnaden per meter i det nedre sjiktet blant referanseklassen. Prosjekt 1 i referanseklassen burde ekskluderes da det skiller seg vesentlig fra resten av klassen og kan betraktes som en *outlier*. Prosjektene i referanseklassen ligger også stort sett høyere enn hva styringsrammen ved KS2 var (905 MNOK) for testprosjektet. Dette indikerer at kostnaden i Testprosjekt 3 vil bli høyere enn dette estimatet. Man vil nok også her oppfatte at det aktuelle prosjektet befinner seg i nedre del av klassen dersom man ser nærmere på referanseprosjektene. Dette prosjektet gikk som vi vet, 200 MNOK under P50. Derfor treffer RCF-metodikken dårlig her, når den sier at usikkerhetspåslaget skal være 154,65 MNOK. Dette skyldes igjen det store standardavviket som også indikerer stor usikkerhet og at kostnadene kan avvike i både positiv og negativ retning.

7 Diskusjon

Formålet med masteroppgaven er å avdekke årsaker til kostnadsoverskridelser i store prosjekter og studere hvordan man kan løse utfordringene ved bruk av datadrevet kostnadsestimering. I dette kapitlet diskuteres resultatene opp mot funn fra litteratur. Dette gjøres ved å besvare på de to forskningsspørsmålene.

7.1 Hva er årsakene til kostnadsoverskridelser i byggeprosjekter?

Gjennom studien har det blitt sett på ulike årsaker til at store byggeprosjekter får kostnadsoverskridelser. Kostnads- og usikkerhetsestimering er krevende i store prosjekter da for store usikkerhetstillegg vil fortrenge andre investeringer. På den andre siden har kostnadsoverskridelser flere ulike negative konsekvenser for involverte aktører.

I denne oppgaven har det blitt skilt mellom direkte- og bakenforliggende årsaker når det kommer til overskridelser. Direkte årsaker til overskridelser betegnes som de årsakene avvikene som skjer ute i prosjektgjennomføringen. Bakenforliggende årsaker går derimot på avvik eller feil i planleggings- og estimeringsprosessen.

7.1.1 Direkte årsaker

Direkte årsaker består som oftest av uforutsette hendelser. I litteraturen finner vi at de vanligste årsakene er endret omfang, endret markedssituasjon, dårligere grunnforhold enn forventet. I etterevaluering av prosjekter er det gjerne disse som blir pekt på som årsakene til overskridelser. I intervjuene kommer mange av de samme årsakene frem. Det som oftest blir gjentatt er dårligere grunnforhold enn antatt, samt økning eller endring av omfang. I spørreundersøkelsen finner vi også endret omfang som en viktig årsak til overskridelser.

Det har også vært interessant å se på om større prosjekter vanligvis opplever større overskridelser og om det finnes en sammenheng her. Blant andre finner Flyvbjerg *et al.* (2004) og *Datadrevet usikkerhetsanalyse i byggeprosjekter* (2022) forskjellige resultater. *Datadrevet usikkerhetsanalyse i byggeprosjekter* (2022) fant for eksempel at mindre prosjekter har større avvik mellom estimert- og sluttkostnad. Dette er i likhet med tallene fra *Trailbase*, der man ser at de største avvikene nødvendigvis ikke skjer hos de større prosjektene. Flyvbjerg *et al.* (2004) finner at størrelse på

prosjekter gir økte kostnadsoverskridelser. Dette samsvarer altså ikke med hva man kan tyde av tallene i Data4 (Figur 12).

De direkte årsakene som resultatene avdekket, er gjerne uforutsette hendelser og i noen tilfeller det som betegnes som ukjente-ukjente. Dette argumenterer for en mer faktabasert tilnærming til estimering av kostnader, som *reference class forecasting* tilbyr. Forskning har pekt på at rotårsaken til overskridelsene ligger i de bakenforliggende årsakene (Flyvbjerg og Gardner, 2023). De direkte årsakene er gjerne uforutsette hendelser som kun kan betegnes som årsaker. Det argumenteres for at rotårsaken til overskridelsene er de bakenforliggende årsakene. Dette har også vært et større fokus under informasjonsinnhenting.

7.1.2 Bakenforliggende årsaker

Går man forbi de direkte årsakene til overskridelser, skjønner man raskt at det kan være mer enn de uforutsette hendelsene som skaper overskridelser. Forskning viser at planlegger og eksperter er systematisk overoptimistiske (Kahneman, 2012; Flyvbjerg, 2021). Som Kahneman og Tversky (1977) viste, er ikke dette noe som skjer med overlegg, det ligger i alle mennesker latent. Som en optisk illusjon klarer vi ikke å utligne kognitive bias, selv om vi vet at de er tilstede (Figur 7). I tillegg er prosjekter ofte preget av omfangsendringer som estimatorer ikke kan ta hensyn til i kostnadsoverslag.

- **Overoptimisme og -selvtillit**

I både spørreundersøkelsen og intervjuene ble det bekreftet at overoptimisme er reelt, da mange av respondentene talte for dette. De mente også at usikkerheten og omfanget i prosjekter er undervurdert. Flere av intervjuobjektene pekte også på at overoptimismen ligger i selvtilliten til at man skal gjennomføre prosjektet akkurat slik som man planlegger. Dette samsvarer med andre ord veldig godt med *the planning fallacy*, som er beskrevet i kapittel 3.2.1. Det må presiseres at ikke alle var like enig i denne betraktningen. I boligprosjekter der man har større kjennskap til faktiske kostnader og bedre referanser var det vanskeligere å få igjennom svært optimistiske estimer, og de aller fleste estimatene var basert på gode erfaringstall. Et av intervjuobjektene trekker frem at prosjektplanleggere har en tendens til å neglisjere spesifikke uforutsette hendelser som har inntruffet i referanseprosjekter. Dette blir dermed det samme som å neglisjere uforutsette hendelser eller ukjente-ukjente, noe som en datadrevet modell vil ta hensyn til.

Som Kahneman (2012) trekker frem kan optimismen gi overselvtillit. Welde *et al.* (2019) fant at presisjonen til kvalitetssikrerne var større enn deres ”enkle datadrevne modell”. Altså at konfidensintervallene var mindre. Det er viktig å trekke frem at dette kan føre til at når kvalitetssikrerne først bommer, kan de bomme veldig grovt. Et eksempel på dette er Testprosjekt 1, der RCF-modellen tok ut mer usikkerhetsavsetning og dermed bommet mindre grovt. Når det er sagt vil nok kvalitetssikrernes metoder som i sum beste metodikken, på dette stadiet (med lite tilgjengelig data). Da modellen bestandig tar ut mer usikkerhet, noe som vil kunne fortrenge andre investeringer. Noe som samsvarer med Welde *et al.* (2019) sine funn. Som Bardal (2020) argumenterer for kan store usikkerhetsposter føre til økt handlingsrom enn det bør være. Ahiaga-Dagbui (2019) mener dette vil gjøre at prosjekter blir gjennomført like ”dårlig” som før og at man derfor fortrenge kostnadseffektivitet.

I spørreundersøkelsen finner vi også at respondentene i gjennomsnitt er bedre enn gjennomsnittet til å estimere kostnader- og usikkerhet. Enten har vi med et veldig bra utvalg å gjøre, eller så overvurderer de egen evne til å estimere presist. Dette er i likhet med det *Metier-undersøkelsen* (2019) finner i sin undersøkelse.

- **Tidlige estimater samsvarer ikke med det faktiske prosjektet**

Tidligere studier har pekt på at en forskjell mellom hva som estimeres og hva som faktisk bygges er en viktig årsak til overskridelser (Welde *et al.*, 2019). Intervjuobjektene gir også et entydig svar når det kommer til omfangsendringer; de kan kun estimere etter det grunnlaget de har fått, men vil selvfølgelig også ta hensyn til noen omfangsendringer. Dersom prosjektet blir et helt annet enn hva grunnlaget for estimatet var, er det ikke rart at det oppstår overskridelser eller store kostnadsutviklinger. Et eksempel på dette er Nasjonalmuseet der tomtevalget endret seg, og krav til kvalitet gikk i været. Dette er en endring man ikke kan stille krav til estimatoren om å ta hensyn til. Fra spørreundersøkelsen mener de aller fleste at det må tas hensyn til omfangsendringer. Dessverre gir ikke dette et nyansert syn på hvor store omfangsendringer som skal hensyntas.

- **Strategisk misforståelse**

En del forskning peker på at aktører i byggeprosjekter har fordel av å underprise prosjektene sine slik at de skal bli satt i gang. For når prosjektet først er i gang,

er det lite sannsynlig at det vil stoppe opp. Som det har blitt presisert, har ikke strategisk misforståelse fullstendig teoretisk forankring. Noen av intervjuobjektene sa seg enig i at det absolutt kunne ha en effekt. Det at alle jobber mot å starte opp og gjennomføre prosjektet kan gjøre at man har insentiver for å underestimere. Et av intervjuobjektene kom også med eksempler på prosjekter der dette kunne være reelt. På den andre siden skal store norske offentlige prosjekter gjennom Statens prosjektmodell. Dette minimerer mulighetsrommet for en slik strategisk underprising fordi det er usannsynlig at alle leddene i prosessen har insentiver for å underprise prosjektene.

Respondentene i spørreundersøkelsen mente, nesten utelukkende, at ringvirkninger bør være med i estimeringsprosessen. Disse er ikke kvantifiserbare, vanskelig å ta høyde for, men er reelle i mange prosjekter. Litteraturen er splittet når det kommer til ringvirkninger (*the hiding hand*). Hirschman taler for at dette er hovedårsaken til at man skal gjennomføre prosjekter, mens Flyvbjerg mener at det blir feil å ha med i beregningen av nytte (Flyvbjerg, 2017a). Det er flere i litteraturen som mener at dette i hvert fall ikke skal være den avgjørende faktoren om prosjektet vipper mellom samfunnsøkonomisk lønnsomhet eller tap. Et av intervjuobjektene trekker frem eksempler på prosjekter hvor nytte er overvurdert og kostnader er undervurdert.

- **Ankringseffekten og tilgjengelighetsbias**

I litteraturstudien har det blitt trukket frem problemet med "*what you see is all there is*" (WYSIATI). Man gjør beslutninger på det informasjonsgrunnlaget man har foran seg. Dette vil i mange tilfeller gi et lite av bilde av hva som faktisk er reelt. Dette kan gjøre at man ankrer sine estimater kun etter sine egne erfaringer. Spesielt når man gjør nye type prosjekter vil dette være en fallgrube. Dette er også mye av grunnen til at Flyvbjerg og flere anbefaler å bruke datadrevet estimering. Nettopp fordi dersom man gjør dette tar man et *outside view*.

Det er tydelig fra intervjuene og spørreundersøkelsen at det er lite kommunikasjon mellom aktørene, dette taler for at man i stor grad baserer estimater på egne erfaringer. I noen tilfeller vil dette være svært effektivt dersom man er en stor boligbygger. Da vet man etter hvert veldig godt hva kostnadene er. Men dersom man er en veibygger, vil man kun få vite realistiske kostnader ved å ta et *outside view* og et større perspektiv eller informasjonsgrunnlag. Dette vil være vanskelig om det ikke er kommunikasjon mellom aktørene og dersom man kun baserer estimater på egne erfaringer.

- **Manglende erfaringsoverføring**

Manglende erfaringsoverføring er også et tema som blir tatt opp i litteraturen som en viktig årsak til overskridelser (Andersson, 2022). Dette kan komme av at man er mer villig til å se fremover på nytt prosjekt enn å se seg tilbake på det gamle (Flyvbjerg & Gardner, 2023). Om man skal høre på litteraturen er det mye å lære fra gjennomføring av prosjekter. Intervjuobjektene presiserer også at man generelt er for dårlig på dette. I spørreundersøkelsen kommer det frem at blant respondentene brukes det endel tid på å bruke erfaringer når man jobber i nye prosjekter. Samtidig kommer det også frem at de fleste ønsker å bruke mer tid på erfaringsoverføring, og at datainnsamling skjer for lite systematisk.

Når det kommer til datainnsamling og bruk av data fra tidligere prosjekter virker det å være veldig forskjellig praksis blant bedriftene. I bolig- og næringsbygg har estimatorene gode referanser og erfaringstall som brukes. Dermed kan man raskt komme med relativt presise estimater på store prosjekter. I samferdsel har man ikke tilgangen på det samme datagrunnlaget. Samtidig virker det ikke som at det brukes mye tid på å skaffe datagrunnlag heller. Int. 2 forteller om en systematisk innsamling av kostnader på ulike elementer, mens Int. 3 forteller at det stort sett brukes prisvekstjusterte erfaringstall fra ett prosjekt. Alt i alt tyder dette på at det generelt ikke investeres nok i datainnsamling, slik at man skal ha et godt nok grunnlag for å bruke datadrevet estimering effektivt.

- **Andre årsaker**

I Statens prosjektmodell stilles det for lite krav til estimering i tidlig fase. Dette fører til upresise og alt for lave estimater. Det kan virke som kostnadene kommer til slutt. Altså at man først finner en løsning og design man kan si seg fornøyd med, og deretter finner ut hva løsningen koster.

7.2 Hvordan kan datadrevet kostnadsestimering gi mer presise kostnadsestimater og forbedre dagens praksis?

Kjernen av oppgaven ligger i utforskningen av hvordan datadrevet kostnadsestimater kan fungere for å gi mer presise og realistiske estimater i tidlig fase. Dette ved å bruke faktiske kostnader fremfor ekspertprediksjoner med kvalifisert gjetning på hva prosjekter kommer til å koste. Til tross for at denne metodikken har vist seg å

være god (Drevland, 2013), pekte Welde *et al.* (2019) på at det først gjelder et stykke ute i prosjektet, der man har mer informasjon. Ser man på kostnadsutviklingen i prosjekter fra første kostnadsoverslag skjønner man raskt at metoden ikke er særlig gunstig, da nesten alle prosjekter virker å store kostnadsøkninger (Welde, 2014; 2019).

Funnene fra intervjuene og spørreundersøkelsen, samt litteratur peker på at overoptimisme- og selvtillit fører til lite realistiske kostnadsestimater. At dette er det eneste som fører til overskridelser, er nok litt søkt, men det er mye som tyder på at kognitive bias fører til underestimering av kostnader og planlegging etter beste scenario i tidlig fase. En løsning på dette problemet er å ta kvalifisert gjetning og eksperters meninger og erfaringer (*inside view*) ut av ligningen. I stedet skal man ta et *outside view*, ved å kun se på faktiske kostnader i lignende prosjekter.

For å svare på forskningsspørsmålet ses det først på utfordringene ved bruk av data og erfaringstall. Deretter ses det på hva man kan lære fra testingen av RCF-metodikken. Til slutt hvordan man kan forbedre dagens praksis med bruk av mer datadrevet estimering.

7.2.1 Utfordringer med datadrevet estimering (RCF)

I intervjuer, spørreundersøkelse og egen testing av metodikken har vi fått bedre innsikt i mulighetene og problemstillingene som møter oss ved datadrevet estimering.

1. Prosjekter er unike

Det at prosjekter er unike gjør det vanskelig å finne nok referanseprosjekter. Uten nok referanseprosjekter vil man heller ikke få godt nok statistisk grunnlag til å ta beslutninger på. Derfor vil en slik metode, i særegne prosjekter være vanskelig helt alene. Men man kan reise spørsmål om hvor langt man skal dra dette med unikheter. Flyvbjerg (2021) argumenterer for at flere prosjektplanlegger legger for stor vekt på at prosjektet sitt er unikt. Derfor vil de også ha vanskeligheter for å finne sammenlignbare prosjekter. Intervjuobjektene trekker også frem unikheter ved prosjektene som et stort problem når man skal estimere kostnader.

2. Lite datagrunnlag

For at datadrevet estimering skal fungere optimalt, trenger man et stort referansegrunnlag med troverdige og relevante data. Selv Concept-programmet der 211 prosjekter er enten gjennomført eller igangsatt er det kun 63 som har

dokumentert sluttkost og KS2 estimater. Dette i seg selv poengterer problemet med referansedata. Man ser også at kvalitetssikrerne bruker svært få referanseprosjekter som grunnlag i estimeringen av nye prosjekter. Større åpenhet mellom aktørene kan være en løsning på dette, og nyere entreprisemodeller større bruk av samhandling. Det virker samtidig som at med dagens entreprisemodeller, har enkelte aktører insentiver til å holde kostnadene sine tett til brystet. Dette kom også frem i spørreundersøkelsen og i annen litteratur (Flyvbjerg & Gardner, 2023).

7.2.2 Læring fra test av datadrevet estimeringsmetodikk (RCF)

Det har tidligere blitt forsøkt å gjøre praktiske RCF-forsøk (Batselier og Vanhoucke, 2021; Natarajan, 2023). Disse har vist at metoden kan være svært effektiv og presis. Det hele kommer bare med en hake, nemlig at referanseklassen må være veldig lik som prosjektet. I forsøket til Batselier og Vanhoucke (2021) viste de at RCF-metodikken utkonkurrerte kjente metoder som Monte-Carlo simulering og *Earned Value Management* (EVM). Dette var midlertidig kun da de bruke svært like referanseprosjekter. Natarajan (2023) viste at man kan kunne ta steget lenger og brukte maskinlæring til å predikere kostnad- og tidsoverskridelser i prosjekter. Welde *et al.* (2019) brukte en lignende metode for å sammenligne en enkel datadrevet modell med KS2-estimerer. Selv om modellen traff mer presist på P50 og P85 konkluderte de med at siden konfidensintervallene modellen ga var for stor, var kvalitetssikrernes estimater å foretrekke. Problemet disse studiene tar opp, er ofte manglende datapunkter som gir usikkerhet i resultatene. I *Datadrevet usikkerhetsanalyse i byggeprosjekter* (2022), ble dette også tatt opp som et problem i analysen av offentlige prosjekter. Testingen av datadrevet metodikk (RCF) har på mange måter gitt lignende resultat.

Målet med testingen var å se hvilke styrker og svakheter man oppfatter, samt se nærmere på hvordan RCF og generelt datadrevet kostnadsestimering skal brukes effektivt.

Oppsummert så vi følgende fra testingen.

1. Modellen estimerte i alle tilfellene høyere P85 anslag enn KS2 estimatet

At modellen estimerte mer konservative estimater enn KS2-estimatene kommer ikke som en overraskelse. I den generelle statistikken (Data3) ble det observert observert vi at relativt avvik er svakt høyreskjev. Derfor blir også kostnadsestimatene trukket oppover når vi bruker dette som grunnlag. Man så også at med de få

overordnede prosjektspesifikasjonene ble spredningen i referanseklassen stor. Altså at vi fikk høyt standardavvik. Fra S-kurvene som ble laget ser man at prosjektet finner større kostnader enn KS2-estimatene generelt. Med testen som grunnlag, gir det også mening at Park (2021) fant mindre overskridelser i offentlige prosjekter etter innføring av RCF. Selv om dette i utgangspunktet høres bra ut, er det ikke utelukkende positivt. Som Ahiaga-Dagbui (2019) peker på, kan dette føre til mindre kostnadseffektivitet. Det er nemlig ikke gunstig å konsekvent overestimere prosjektene. Dersom kostnadene overestimeres vil man fortrenge andre investeringer (*Datadrevet usikkerhetsanalyse i byggeprosjekter*, 2022). Det vil muligens også oppstå et større handlingsrom for aktørene, noe som nødvendigvis ikke resulterer i den største operasjonelle suksessen (Bardal, 2020).

2. Tilfeldige resultater

Det er viktig å presisere tilfeldigheten i resultatene, noe som tyder på at man må gjøre flere undersøkelser før man kan trekke konklusjoner. Dette kan man se av de relativt høye standardavvikene. Usikkerheten kommer av at man har et begrenset datasett. Dette har også mye tidligere forskning pekt på som et problem (Batselier og Vanhoucke, 2021; Natarajan, 2023; Flyvbjerg og Gardner, 2023). Statistikken tilsier også at man burde ha minst 30 referanseprosjekter for at man skal kunne anta en normalfordeling (Drevland, 2013, s. 18).

For at man skal øke nøyaktigheten i prediksjonene og gjøre datadrevet metode til et verktøy som fungerer bra også alene, trenger man tilgang på flere like prosjekter. Noe som viser seg å være vanskelig å få til, spesielt i samferdselsprosjekter. I boligprosjekter, der man ofte bygger likt, kan det være et bedre redskap. Samtidig argumenterer Flyvbjerg (2021) for at unikhetsbias gjør at man vegrer seg fra å bruke mange referanseprosjekter. Likevel ser man at modellen treffer greit på sine estimater til tross for at prosjektene er relativt ulike. Kahneman (1977; 2021) argumenterer også for at enkle modeller i mange tilfeller vil være like gode som mer avanserte.

3. Modellen treffer bedre på kostnadsramme enn KS2-estimatet i 2 av 3 tilfeller

Det har blitt presisert at resultatene fra testingen har mye tilfeldighet, på grunn av stor spredning i dataene. Når det er sagt, viser testingen potensiale med datadrevet estimering. Dette fordi den enkle RCF-modellen faktisk estimerte mer presise kostnader på 2 av 3 prosjekter sammenlignet med KS2 estimatene. Noe som kan sies å være positivt. Dette med et veldig lite spesifikt referansegrunnlag, kun skilt ut ved

bruk av tre enkle prosjektspesifikasjoner. Det lite spesifikke referansegrunnlaget ga også større referanseklasse enn det kvalitetsikrere virker, ut ifra KS2-sluttrapporter, å bruke. Dette taler for at det er mulig å bruke referanseprosjekter som ikke peker spesifikt mot prosjektet man skal estimere. Int. 4 peker på at det kan i noen tilfeller være vanskelig å stole på enkelte referanseprosjekter. Int. 1 forteller også om at prosjektgrupper neglisjerer spesifikke avvik og uforutsette hendelser som skjer i referanseprosjekter. Dermed kan det å ha en større referanseklasse være positivt for å oppnå mer realistiske estimater, som inkluderer disse forholdene. En enkel modell er også noe Kahneman *et al.* (2021) i mange tilfeller vil foretrekke over en komplisert.

Hvordan kan datadrevet estimering forbedre dagens praksis?

Som vi har sett gjennom oppgaven treffer stort sett KS2 estimatene greit (Samset og Volden, 2017; Welde *et al.*, 2019). Drevland (2013) peker også på at kvalifisert gjetning stort sett viser gode resultater. Dersom man ser fra prosjektets første kostnadsoverslag ser man en annen utvikling, og det er ikke uvanlig at estimatet to- og tredobler seg fra første overslag til KS2. Årsakene til dette virker ut ifra resultatene å kunne forankres i kognitive- og makt bias, samt generell prosjektutvikling og omfangsendringer. Derfor har muligens datadrevet kostnadsestimering et bedre bruksområde i enda tidligere fase enn KS2. Dette krever igjen en større database med tidlige kostnadsestimater. Det er her potensiale for datadrevet metode ligger; skape mer realistiske estimater ved å unngå kognitive bias i estimeringen.

Som det har blitt vist med testingen, av et lite datagrunnlag, kommer man raskt frem til kostnadsoverslag som treffer relativt godt. Med andre ord er det argumenter for at metodikken kan anvendes i tidlig fase for å komme frem til mer realistiske estimater beslutningstakere kan gå ut ifra. Det er ikke tvil om at estimatene vil bli mer presise på denne måten enn ved å gjette seg til et estimat. Flyvbjerg (2023;2021) peker også på at slik kvalifisert gjetning av eksperter vil kunne bli utkonkurrert av datadrevet estimering.

Potensialet for utvikling av metodikken er også stor. Noen av intervjuobjektene viste til at tilnærmet metodikk allerede anvendes. Dette typisk i boligprosjekter der man har et stort datagrunnlag. Detaljerte datadrevne estimater på mer særegne og unike prosjekter vil også kunne bli aktuelt dersom man får bygget opp datagrunnlag. Per i dag virker det ikke som det er så mange som bruker mye tid og ressurser på dette, som vi så av spørreundersøkelsen. Samtidig virker innsatsen å være splittet, da noen aktører driver systematisk innsamling av data fra sine entreprenører, mens

andre bruker prisvekstjusterte erfaringstall fra gamle prosjekter. Digitaliseringen av bransjen bidrar til at loggføringen av data kan bli enklere (Elghaish *et al.*, 2020). Samtidig kan nyere entreprisemodeller øke åpenheten mellom aktørene og legge bedre til rette for en slik utvikling Rolstadås *et al.*, 2019.

Hva kreves for at datadrevet estimering skal fungere?

- Deling av data
- Større åpenhet mellom aktørene
- Systematisert datainnsamling

Disse faktorene viser at dersom man skal kunne bruke datadrevet kostnadsestimering i relativt unike prosjekter der man har få sammenlignbare alternativer, trenger man et mye større referansegrunnlag. Dette krever igjen mer nøye og hyppig rapportering av faktiske kostnader i offentlige prosjekter. For at dette skal være mulig trenger man også systemer som snakker sammen. Samtidig er dette vanskelig å få til uten åpenhet mellom aktørene. Da noen aktører har konkurransefortrinnene i å selv vite de faktiske kostnadene sine, slik at man vet hvor man kan spare inn og hvor man kan bruke litt ekstra, for å vinne kontrakter.

8 Konklusjon

8.1 Årsaker til kostnadsoverskridelser i byggeprosjekter

I oppgaven har det blitt skilt overskridelser som oppstår på grunn av dårlige forutsetninger, **bakenforliggende årsaker**, og de overskridelsene som typisk oppstår i gjennomføringsfasen, **direkte årsaker**. Felles for direkte årsaker, er at de er uforutsette hendelser. Disse hendelsene kan være kjente-ukjente, som for eksempel dårligere grunnforhold enn forventet. Det kan også være ukjente-ukjente som for eksempel en pandemi eller store prisendringer. Argumentet for å bruke datadrevet estimering er at man ved å se på faktiske kostnader fra gjennomførte prosjekter automatisk vil inkludere gjennomsnittlig usikkerhet, både i form av kjente-ukjente og ukjente-ukjente. Disse vil være vanskelig å komme frem til kun ved å tenke på spesifikke egenskaper ved eget prosjekt. Dette er også hovedargumentet for å bruke en datadrevet estimeringsmetodikk.

Forskning, og en del av funnene i oppgaven, peker på at **bakenforliggende årsaker**, altså forutsetningene for estimering er for dårlig. Av bakenforliggende årsaker har vi sett på ulike aspekter i tidlig fase som kan bidra til kostnadsoverskridelser. Underestimering virker å kunne forankres til noen grad at man ikke har de samme rutinene og forutsetningene for estimering under usikkerhet på et tidlig stadium. Spesielt gjelder det at grunnlaget som blir estimert etter i tidlig fase ikke samsvarer med det endelige resultatet. På den andre siden viser resultatene og tidligere forskning at dagens estimeringsprosess er påvirket av en rekke kognitive bias. Overoptimisme og -selvtillit virker å være den mest fremtredende biaset. Som kjent fra adferdsøkonomien er mennesker og spesielt prosjektplanleggere utsatt for denne typen kognitive bias. Videre skaper andre bias som ankring og tilgjengelighetsbias dårlige forutsetninger for å gjøre realistiske estimater, spesielt i store og komplekse prosjekter. Dette fordi det er vanskelig som planlegger eller estimator å dekke alle usikkerheter i slike prosjekter, kun basert på egne erfaringer, sitt *"inside view"*.

Som en løsning på problemet med kognitive bias i prosjektgrupper, skal mer faktabasert estimeringsmetodikk som datadrevet estimering gi mer realistiske og ikke minst presise estimater.

8.2 Hvordan kan datadrevet kostnadsestimering gi mer presise estimater og forbedre dagens praksis?

Gjennom intervjuer ble bransjens bruk datadrevet kostnadsestimering undersøkt. Det fleste virker å ha interesse og motivasjon til å bruke datadrevet estimering i større grad, noe spørreundersøkelsen bekrefter. Samtidig er det avdekket en flere forhold som setter stopper for full utnyttelse og implementering. Det vanligste problemet er tilgjengelighet til data. Her er det veldig variert hvor store ressurser som legges i systematisk innsamling av data. Noe av forklaringen kan også ligge i at man betrakter prosjektene sine som for unike til å kunne sammenlignes med en representativ refereanseklasse. Resultatet av testingen av *reference class forecasting*-metodikken viste at det er mulig å bruke relativt enkle inklusjonskriterier og fremdeles oppnå nyttige resultater. I testen på veiprosjekter estimerte modellen mer presise kostnadsestimater enn kvalitetssikrerne i 2 av 3 tilfeller. Med dette ble det på mange måter vist at en enkel datadrevet modell kan være veldig nyttig og at har potensiale for å forbedre dagens praksis. Testingen understreket også at mangel på data og tall fra referanseprosjekter gjør det vanskelig å stole på datadrevet estimering alene. Derfor må fokuset rettes mot større grad av systematisert innsamling av prosjektdata. Teknologien for dette er allerede til stede, uten at alle aktører tar den i bruk fullstendig enda. Intervjuene og spørreundersøkelsen avdekket at det er varierende hvor mye ressurser som legges i datainnsamling. Samtidig viser litteraturen potensialet for en bedre praksis innen datainnsamling, som også vil åpne for mer avanserte og detaljerte analyser som kan effektivisere byggeprosjekter.

Oppsummert understreker funnene i masteroppgaven viktigheten av å se på kostnadsestimering med en helhetlig og tverrfaglig tilnærming. Estimering i tidligfase er utfordrende, hovedsakelig på grunn av lite informasjon og mange ukjente. Samtidig som kostnadseffektivitet skal oppnås, forsøker man unngå underestimering som fører til kostnadsoverskridelser lenger ute i prosjektet. En datadrevet estimeringsmetodikk håndterer kognitive bias som overoptimisme og -selvtillit på en god måte, men vil kreve en forbedring av praksis for datainnsamling og utnyttelse av teknologi. Dagens digitale verktøy muliggjør bruk av gode erfaringstall og loggføring av data som kan brukes i analyse, optimalisering av prosjekter og kostnadsestimering.

Datadrevet kostnadsestimering har potensialet til å gi større grad av faktabaserte estimater og dermed unngå store kostnadsoverskridelser i store prosjekter. Med denne tilnærmingen til estimering vil beslutningstakere ha et pålitelig beslutningsgrunnlag, som gir mulighet for å velge de rette prosjektene oftere. Denne

kontinuerlige forbedringen av prosjektvalg basert på nøyaktige estimater bidrar til en bærekraftig fremtid og sikrer at ressurser brukes effektivt og ansvarlig.

9 Videre arbeid

- Lage en standardisert metodikk for føring av kostnader opp mot arbeid som gjøres, slik at man får faktiske kostnader.

Et standardisert system for loggføring av kostnader gjennom prosjektets løp vil være nyttig for å opparbeide større datasett. Med et standardisert system for dette vil man også ha mulighet til å dele data på tvers av prosjekter og bedrifter.

- Større undersøkelse om optimisme i tidlig fase

I denne oppgaven er det gjennom intervjuer og spørreundersøkelse kommet frem til at overoptimisme er reelt i planleggingen av byggeprosjekter. En større undersøkelse av dette, vil gi større grunnlag for innføring av mer datadrevet metodikk, dersom den avdekker at overoptimisme ikke tas nok hensyn til i planlegging.

- Skaffe større datagrunnlag med prosjektdata

Med større datagrunnlag vil man ha bedre utgangspunkt for å effektivisere måten man jobber på. I denne oppgaven ble det utforsket regresjon og maskinlæring på datasettet fra Concept. Det ble raskt konkludert med at datasettet var for lite til å gi meningsfulle og troverdige svar. Med et større datasett vil dette være mulig.

Litteraturliste

- Ahiaga-Dagbui, D. (2019). Reference Class Forecasting: A clear and present danger to cost-effective capital investment on major infrastructure projects. *The Government's management of major projects inquiry*. <https://www.musktratfallsinquiry.ca/files/P-04528.pdf>
- Aljohani, A., Ahiga-Dagbui, D., & Moore, D. (2017). Construction projects cost overrun: What does the literature tell us? *IACSIT Press*, 8(2), 137.
- Andersson, H. (2022). *Kjennetegn ved megaprojekter innenfor jernbane i Norge, og kostnadsutvikling i store jernbaneprosjekter i Norge* (Masteroppgave) [Accepted: 2022-11-03T18:19:10Z]. NTNU. Hentet 21. februar 2023, fra <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/3029998>
- Bardal, K. (2020). *Kostnadsestimering og -styring i vegprosjekter* (tekn. rapp.). https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262021752/NF-rapport+01_2020+050220.pdf/58acd10e-e779-99bf-fe15-6ae304d55884?t=1580976039741
- Batselier, J., & Vanhoucke, M. (2021). Practical application of reference class forecasting for cost and time estimations: Identifying the properties of similarity. *European Journal of Operational Research*, 295(3), 1161–1179. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.03.063>
- Datadrevet usikkerhetsanalyse i byggeprosjekter* (tekn. rapp.). (2022). Trondheim. Hentet 23. januar 2023, fra <https://www.ntnu.no/documents/1261860271/0/Rapport+Datadrevet+Usikkerhetsanalyse+i+byggeprosjekter+%281%29.pdf/40b02ac6-4775-f95d-a797-0f3318c5b48a?t=1671094568717>
- Drevland, F. (2013). *Kostnadsestimering under usikkerhet* (Temahefte Nr. 4). Trondheim. Hentet 1. april 2023, fra https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010610/CONCEPT_kostnadsestimering_til+WEB.pdf/7fe95f32-0477-4468-b0e5-54589687c16d
- E18 Bjørvikaprojektet Sluttrapport* (tekn. rapp.). (2004). <https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1261975586/KS2%20E18%20Bj%C3%B8rvikaprojektet%20-%20Sluttrapport%20rev%20%20230804%20Dovre%20International%20O.pdf>
- Elghaish, F., Hosseini, M. R., Talebi, S., Abrishami, S., Martek, I., & Kagioglou, M. (2020). Factors driving success of cost management practices in integrated

- project delivery (IPD) [Place: Basel Publisher: MDPI AG]. *Sustainability (Basel, Switzerland)*, 12(22), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su12229539>
- Fabricius, G., & Buttgen, M. (2015). Project managers' overconfidence: how is risk reflected in anticipated project success? Hentet 6. februar 2023, fra <https://link.springer.com/article/10.1007/s40685-015-0022-3>
- Flyvbjerg, B. (2006). From Nobel Prize to Project Management: Getting Risks Right [Publisher: SAGE Publications Inc]. *Project Management Journal*, 37(3), 5–15. <https://doi.org/10.1177/875697280603700302>
- Flyvbjerg, B. (2009). Survival of the Unfittest: Why the Worst Infrastructure Gets Built - And What We Can Do About It. *Oxford Review of Economic Policy*, 25, 344–367. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grp024>
- Flyvbjerg, B. (2017a). Did Megaproject Research Pioneer Behavioral Economics? The Case of Albert O. Hirschman. Hentet 9. mai 2023, fra <https://papers.ssrn.com/abstract=2976378>
- Flyvbjerg, B. (2017b). *The Oxford Handbook of Megaproject Management*. Hentet 23. mai 2023, fra https://www.academia.edu/21121625/The_Oxford_Handbook_of_Megaproject_Management
- Flyvbjerg, B. (2021). Top Ten Behavioral Biases in Project Management: An Overview - Bent Flyvbjerg, 2021. Hentet 6. februar 2023, fra <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/875697282111049046>
- Flyvbjerg, B., & Bester, D. W. (2021). The Cost-Benefit Fallacy: Why Cost-Benefit Analysis Is Broken and How to Fix It [Publisher: Cambridge University Press]. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 12(3), 395–419. <https://doi.org/10.1017/bca.2021.9>
- Flyvbjerg, B., & Gardner, D. (2023). How Frank Gehry Delivers on Time and on Budget. Hentet 6. februar 2023, fra https://www.researchgate.net/publication/367634810_How_Frank_Gehry_Delivers_on_Time_and_on_Budget
- Flyvbjerg, B., Skamris, M., And, H., & Buhl, S. (2004). What Causes Cost Overrun in Transport Infrastructure Projects? *Transport Reviews*, 24, 3–18. <https://doi.org/10.1080/0144164032000080494a>
- Grønmo, S. (2023). kvantitativ metode. Hentet 25. mai 2023, fra https://snl.no/kvantitativ_metode

- Hva er statens prosjektmodell? [Publisher: regjeringen.no]. (2019). Hentet 16. mai 2023, fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/okonomi-og-budsjett/statlig-okonomistyring/ekstern-kvalitetssikring2/hva-er-ks-ordningen/id2523897/>
- Haaland, S. M. (2012). *Effektiv bruk av BIM i byggebransjen* (Masteroppgave) [Accepted: 2014-12-19T11:28:18Z Journal Abbreviation: An Efficient Use of BIM in the Construction Industry Publication Title: 121]. Institutt for bygg, anlegg og transport. Hentet 8. juni 2023, fra <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/232015>
- Jørgensen, M., & Sjøberg, D. I. K. (2003). An effort prediction interval approach based on the empirical distribution of previous estimation accuracy. *Information and Software Technology*, 45(3), 123–136. [https://doi.org/10.1016/S0950-5849\(02\)00188-X](https://doi.org/10.1016/S0950-5849(02)00188-X)
- Jørgensen, M., Halkjelsvik, T., & Kitchenham, B. (2012). How does project size affect cost estimation error? Statistical artifacts and methodological challenges. *International Journal of Project Management*, 30(7), 839–849. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.01.007>
- Jørgensen, M., Welde, M., & Halkjelsvik, T. (2021). Evaluation of Probabilistic Project Cost Estimates [Conference Name: IEEE Transactions on Engineering Management]. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1–16. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3067050>
- Kahneman, D. (2012). *Tenke fort og langsomt*. PAX Forlag.
- Kahneman, D., Sibony, O., & Sunstein, C. R. (2021). *Noise: A Flaw in Human Judgment* [Google-Books-ID: vCZMzQEACAAJ]. William Collins.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1977). Intuitive prediction: Biases and corrective procedures. *Decisions and Designs Inc Mclean Va*.
- Kvalitetssikring (KS2) av E16 Smedalsosen-Borlaug* (tekn. rapp.). (2010). Metier. https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/sd/vedlegg/ks-rapporter/ks2_e16_smedalsosen-borlaug.pdf
- Kvalitetssikring av Rv64 Atlanterhavstunnelen* (tekn. rapp.). (2005). <https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1261975586/KS2%20Rv%2064%20Atlanterhavstunnelen%20-%20Sluttrapport%20%20130705%20TerraMar%20O.pdf>
- Lotherington, A. T. (1990). *Intervju som metode*.

- Lovallò, D., & Kahneman, D. (2003). Delusions of success. How optimism undermines executives' decisions. *Harvard Business Review*, 81(7), 56–63, 117.
- Metier-undersøkelsen* (tekn. rapp.). (2019). Metier. Oslo. <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2623052/Metier%20OEC-unders%C3%B8kelsen.pdf>
- Natarajan, A. (2023). Reference Class Forecasting and Machine Learning for Improved Offshore Oil and Gas Megaproject Planning: Methods and Application - Ananth Natarajan, 2022. 53(5). Hentet 6. februar 2023, fra <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/87569728211045889>
- Nytttekostanalyse Nord-Norgebanen* (tekn. rapp.). (2019). <https://www.jernbanedirektoratet.no/contentassets/605bef55cb934a5395293af635927bc0/vedlegg-11-nyttkeostrapport-nnb.pdf>
- Park, J. E. (2021). Curbing cost overruns in infrastructure investment: Has reference class forecasting delivered its promised success? [Number: 2]. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 21(2), 120–136. <https://doi.org/10.18757/ejtir.2021.21.2.5504>
- Retolaza, I., Ezpeleta, I., Santos, A., Diaz, I., & Martinez, F. (2021). Design to cost; a framework for large industrial products. *Procedia CIRP*, 100, 828–833. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.05.036>
- Rolstadås, A., Schiefloe, P. M., Sand, G., Dyrhaug, L. T., & Krokan, A. (2019). *Det nye digitale Norge* (1. utg.). John Grieg Forlag. Hentet 10. november 2022, fra <https://www.ntva.no/publikasjoner/det-nye-digitale-norge/>
- Røykenes, K. (2009). Metodetriangulering – et metodisk minefelt eller en berikelse av fenomener? Hentet 29. mai 2023, fra <https://sykepleien.no/forskning/2009/03/metodetriangulering-et-metodisk-minefelt-eller-en-berikelse-av-fenomener>
- Samsø, K., & Volden, G. H. (2017). Quality Assurance in Megaproject Management: The Norwegian Way. I B. Flyvbjerg (Red.), *The Oxford Handbook of Megaproject Management* (s. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198732242.013.17>
- Taleb, N. N. (2007). *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable*. Random House Group.
- Teigen, K. H., & Svartdal, F. (2023). bias – psykologi. Hentet 29. mai 2023, fra https://snl.no/bias_-_psykologi

- Tjora, A. (2021). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*.
- Trailbase. (2023). <https://www.ntnu.no/concept/datainnsamling>
- Ulstein, H., Wifstad, K., Seeberg, A. R., Hardersen, R., & Advansia, Å. (2015). Kostnadsutvikling mellom KS1 og KS2 i byggeprosjekter. *Menon business economics*, (38).
- Ulstein, H., Wifstad, K., Aalen, P., Arnesen, T., Bruvoll, A., Norddal, H., Nilsen, Ø., & Melbø, O. (2021). *Evaluering av E136 Tresfjordbrua-Vågstrandstunnelen* (tekn. rapp.). <https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262012574/Evaluering+E136+Tresfjordbrua+-+V%C3%A5gstrandstunnelen+ENDELIG+RAPPORT.pdf/eea6d94b-ec5d-a45e-7142-431a6f3659c7?t=1639477145997>
- Veileder - kostnadsestimering i tidligfase* (tekn. rapp.). (2019). https://www.jernbanedirektoratet.no/contentassets/f9ed15eb368e4abb9dc6d2f558432135/veileder-kostnadsestimering-tidligfase-v_2019.pdf
- Veileder for beskrivelse av kvalitet på datasett – kvantifiserbar kvalitet* (tekn. rapp.). (2020). Hentet 6. februar 2023, fra <https://data.norge.no/guide/veileder-kvantifiserbar-kvalitet>
- Welde, M. (2014). *Kostnadsutvikling i vegprosjekter underlagt KS2 – fra første offisielle omtale til ferdigstillelse* (tekn. rapp.). Trondheim. <https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262021752/Kostnadsutvikling+i+vegprosjekter.pdf/34cd4f09-c2ff-4b19-9aab-4fd032c1811a?version=1.0>
- Welde, M. (2016). Kostnadsutvikling i store statlige investerings- prosjekter fra KS1 til KS2. Hentet 22. februar 2023, fra <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2466224>
- Welde, M. (2019). Nord-Norgebanen bør aldri bygges. <https://samferdsel.toi.no/meninger/nord-norgebanen-bor-aldri-bygges-article34293-677.html>
- Welde, M., Jørgensen, M., Larssen, F., & Halkjelsvik, T. (2019). *Estimering av kostnader i store statlige prosjekter: Hvor gode er estimatene og usikkerhetsanalysene i KS2-rapportene* (tekn. rapp. Nr. 59). NTNU. Trondheim. Hentet 1. februar 2023, fra https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010703/CONCEPT_59_norsk.B5+%28002%29.pdf/77f47169-6230-7445-d699-6844a8147835?t=1576056690923
- Welde, M., Samset, K., Andersen, B. S., & Austeng, K. (2014). *Lav prising – store valg En studie av underestimering av kostnader i prosjekters tidligfase* (tekn.

rapp.) [Accepted: 2017-03-20T08:44:31Z Publication Title: 161 s.]. Ex ante akademisk forlag. Hentet 20. mai 2023, fra <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2434628>

Zangeneh, P., & McCabe, B. (2022). Modelling socio-technical risks of industrial megaprojects using Bayesian Networks and reference classes [Publisher: Pergamon]. *Resources Policy*, 79, 103071. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103071>

Vedlegg










A Resultater fra spørreundersøkelse

Hvordan kan fremtidens kostnadsestimater bli datadrevet?

Oppdatert: 2. mai 2023 kl. 10:08

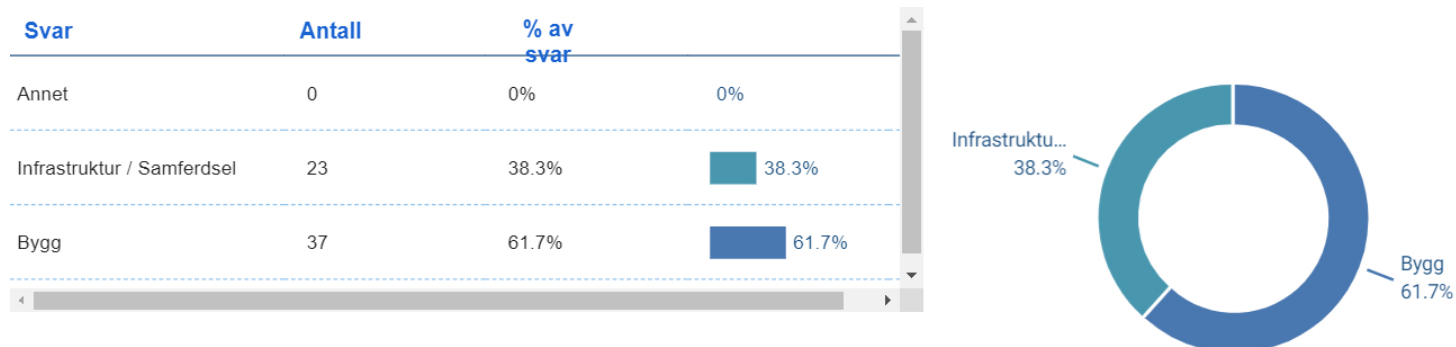
Din stilling

Antall svar: 60

Svar	Antall	% av svar	
Annet	9	15%	 15%
Konsulent / Rådgiver	22	36.7%	 36.7%
Arkitekt	3	5%	 5%
Formann	0	0%	 0%
Anleggsleder	0	0%	 0%
Prosjektsjef	6	10%	 10%
Kalkulator / Estimator	3	5%	 5%
Prosjektingeniør	2	3.3%	 3.3%
Prosjektleder	15	25%	 25%

Hvilket område jobber du innenfor?

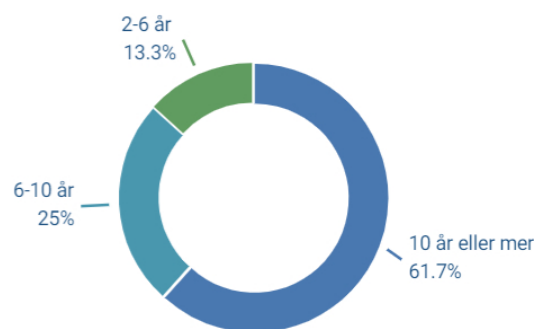
Antall svar: 60



Din arbeidserfaring i byggebransjen?

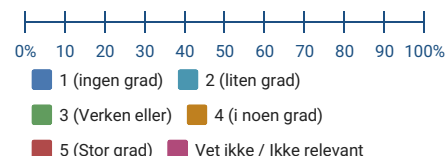
Antall svar: 60

Svar	Antall	% av svar	
10 år eller mer	37	61.7%	61.7%
6-10 år	15	25%	25%
2-6 år	8	13.3%	13.3%
0-2 år	0	0%	0%



I hvilken grad ble erfaringer og data fra tidligere prosjekter brukt til å:

Svar	1 (ingen grad)	2 (liten grad)	3 (Verken eller)	4 (i noen grad)	5 (Stor grad)	Vet ikke / Ikke relevant	Diagram
estimere kostnader og planlegge nye prosjekter?	0	3	2	17	37	1	
identifisere risikoer og utvikle risikostyringsstrategier?	0	4	9	22	23	2	
velge passende kontraktstyper og inngå kontrakter med leverandører?	1	7	10	20	20	2	
utarbeide en realistisk tidsplan og overvåke fremdriften i prosjektet?	2	5	5	25	21	2	
forhindre uforutsette hendelser?	1	4	13	25	16	1	



Her kan du komme med kommentarer (Valgfri å svare på)

- Erfaringer og data brukes mye i boligprosjekter hvor vi har mye statistikk. Brukes ikke like mye på næring og offentlige prosjekter hvor det er vanskeligere å sammenligne prosjekter.
- Oftest byggherre som styrer de tre siste spørsmålene/valgene.
- Min erfaring er at man nok ofte bruker overordnede erfaringstall når man skal estimere og planlegge nye prosjekter. Erfaringsdata samles og organiseres likevel, i liten grad, inn på en måte som muliggjør systematisk håndtering og oppfølging av disse dataene over tid.
- Erfaringer brukes i de fleste av våres prosjekter. Erfaringspriser og generelt erfaringer fra tidligere prosjekter er veldig personavhengig og varierer.

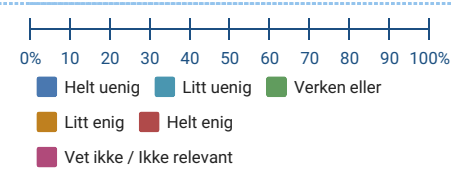
I hvilken grad er du enig i følgende utsagn?

Svar	Helt uenig	Litt uenig	Verken eller	Litt enig	Helt enig	Vet ikke / Ikke relevant	Diagram
Prosjekter er unike, derfor er det vanskelig å bruke erfaringsdata.	18	22	7	12	1	0	
Usikkerheten i prosjekter blir som regel undervurdert.	1	5	12	22	19	1	
Nytten av prosjekter er som regel overvurdert.	8	19	17	7	1	8	
Ikke-prissatte positive virkninger (ringvirkninger) kan ha en betydelig innvirkning på prosjektets samlede nytteverdi. Dette bør vektlegges i tidlig fase.	0	2	5	23	21	9	
Prosjektgrupper kan risikere å havne i en planleggingsboble preget av positivisme der man planlegger etter best tenkelig scenario.	3	3	10	27	15	2	

Potensielle endringer i prosjektomfanget bør vektlegges i usikkerhetsavsetningen	2	2	2	21	31	2	
Det er ikke ønskelig å ta høyde for endringer av omfang i kostandsetimeringen. Da dette kan gi økt handlingsrom som kan føre til at prosjektet blir dyrere av seg selv.	6	18	4	19	9	4	
Overoptimisme er den største grunnen til underestimering (og kostnadsoverskridelser) i byggeprosjekter.	8	9	11	22	6	4	
Datadrevet kostnads- og usikkerhetsestimering minimerer risikoen for overskridelser ved at man baserer estimatene på faktiske sluttkostnader fra tidligere prosjekter	0	6	10	29	9	6	
Bruk av data fra referanseprosjekter gir lite verdi fordi prosjekter er unike og lite sammelignbare.	22	24	6	7	1	0	
Dagens digitale løsninger tilrettelegger godt for erfaringsoverføring	6	18	14	12	10	0	

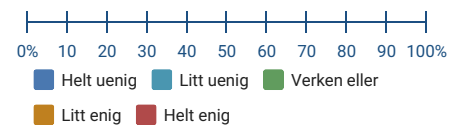
Dagens digitale løsninger gjør det enkelt å følge opp og loggføre kostnader i prosjekter for bruk i fremtidige prosjekter.

4 14 12 21 9 0



I vår bedrift / prosjektgruppe:

Svar	Helt uenig	Litt uenig	Verken eller	Litt enig	Helt enig	Diagram
legges det mye ressurser i erfaringsoverføring	6	14	12	25	3	
braker vi tid og ressurser på å lære fra prosjektet som er gjennomført	3	16	12	25	4	
braker vi tid og ressurser på å sette oss inn i lignende referanseprosjekter ved oppstart av nytt prosjekt	2	14	11	27	6	
har vi en systematisert måte å samle data fra våre prosjekter	4	20	10	21	5	
ønsker vi å bruke mer datadrevet kostnadsestimering i fremtiden	0	2	8	28	22	
ønsker vi å bruke mer tid og ressurser på erfaringsoverføring	0	2	11	27	20	
ønsker vi å bruke mer tid og ressurser på å systematisere datainnsamling fra prosjektene våres	0	2	11	22	25	



På en skala fra 1 til 10 der 5 representerer gjennomsnittet, hvor god / presise er din prosjektgruppe på å estimere kostnad og usikkerhet?

Antall svar: **58**

Snitt: **6.41**

Median: **7**

Svar	Antall	% av svar	
10	0	0%	0%
9	1	1.7%	1.7%
8	16	27.6%	27.6%
7	17	29.3%	29.3%
6	6	10.3%	10.3%
5	11	19%	19%
4	4	6.9%	6.9%
3	3	5.2%	5.2%
2	0	0%	0%
1	0	0%	0%
0	0	0%	0%

Hvordan tror du digitalisering vil påvirke måten vi jobber med estimering på? (Valgfri å svare på, kan ta litt tid)

- - Kalkyle - Risikoanalyse - Jo mere standardisert tilbud/anbud dokumenter er jo bedre kan konsulenter digitalisere kostnadsestimater.
- Større grad av automatisering av et estimat gjør at estimering kan skje hyppigere enn i dag, og på den måten kan bidra til at planleggerne lettere kan velge kostnadseffektive løsninger.
- Mer bruk av store mengder data for å estimere. Mer automatisert kalkylefase.
- Målinger av leveranser som er levert iht. avtale Målinger av timeforbruk innenfor ett gitt fagområde Målinger av avvik og uønskede hendelser (HMS) er digitalisert hos oss
- Enklere å oppdage uforutsatte konflikter og problemstillinger. Enklere å samle alle fag inkl ikke prissatte konsekvenser i en modell eller innsynslysning
- Digitalisering er et verktøy, men erfaring er langt viktigere.
- Vi samler "feil" data når vi sier prosjekter er unike - tiden det tar å sette opp en vegg, eller kjøre en kollisjonskontroll bør kunne logges og høstes. Å bruke tid på å samle inn data er ikke nødvendigvis rett spor, da man heller burde fokusere på hvordan dette kan automatiseres og forenkles. Tiden bør brukes mer på prosessforståelse og å forstå HVA er unikt, og hva er repetitivt og likt mellom prosjekter.
- dynamiske kostnadsbilde knyttet til modell
- Eksisterende prisdatabank er dårlig organisert og oppdatert. Erfaringstider på ulike anleggsdeler finnes det ingen systematisert oversikt over
- Prosjekteringsoppgaver har vært svært lønnsomt å digitalisere. Med dagens samhandlingsplattformer går prosjekteringen mer sømløst over i utførelse. Det kan være mye å hente på å videreføre disse digitale prosessene inn i driftsfasen av bygget. Plattformene som benyttes i dag legger ikke bra til rette for at data og grunnlag som utarbeides i prosjekterings-/utførelsesfasen videreføres til FDVU i driftsfasen.
- Bedre metoder og metodikk for systematisk måling, og oppfølging av data.
- Ved automatisk estimering får vi øyeblikkelig et inntrykk av hva endringer i prosjektet medfører. I dag "optimaliserer" vi uten å vite resultatet før det er gjort nye beregninger, noe som ofte tar tid. Kostnader kommer for ofte i bakre rekke når det gjøres optimaliseringer, derfor svært viktig å få dette opp så fort som mulig. Tips -sjekk med Kristin Lysebo i Bane NOR: <https://www.bygg.no/bane-nor-og-norconsult-til-finalen-i-bim-vm/1367535/>
- Det er viktig at man legger tilrette for at data skal påvirke estimering med å ha en godt definert kostnads struktur som erfaringstall skal samles under.
- Estimering baseres på mye erfaring. Det er lett å stole på tall som kommer fra digitalisering. Her er det mest å hent på innsamling av data og kategorisering
- Jeg tror mengder kan automatiseres, mens vurderinger på risiko, kostnader og utslipp vil måtte håndteres manuelt basert på erfaringer.
- Datasett + AI

Har du noe du vil legge til rundt temaene som har blitt tatt opp i denne undersøkelsen? (VALGFRI Å SVARE PÅ)

- Håndtering av risiko og usikkerhet er svært krevende å automatisere, mens kostnadsestimering bør være lett. I dag tar estimeringsaktiviteten mye tid. Målet med automatisering bør i første omgang være å frigi kapasitet fra en møysommelig estimeringsprosess, slik at prosjektmedarbeiderne heller kan fokusere på hvilke muligheter og trusler prosjektet kan komme til å møte.

- Dersom man skal få gjennomslag i et prosjekt/ en bedrift for å gjøre kontinuerlige målinger (ref. VDC metodikk) er man avhengig av å gjøre arbeidet med lite manuell innsats, tidsbruk og kostnad.

- Ofte er kostnadsrammer besluttet mye tidligere enn prosjekts start, da får man mindre for penger. Samtidig blir rom- og funksjonsprogram foreldet og arealeammene for små. Disse er noen av de vanlige grunner som gjør at budsjetter sprekker.

- Hvilke programmer bruker man til å sammenligne. Hvem er nøkkelroller i erfaringsoverføring. Er vi gode nok til å lære av prosjekter som ikke gikk godt.

- Ikke alle vil dele kostandstallene med oss som rådgiver, og om vi får se de er de redd for at det kan spores tilbake til kontrakter og forbyr oss derfor å benytte tallene i framtime estimerer...

- I modellene for samfunnsnytte er det ikke mulig å få inn bi-effekter. Ref jernbaneprosjetker der en gjør et tiltak på en strekning, og dette gir store utslag på jernbanenettet. Denne effekten er ikke mulig å hente inn gevinsten, eller ulempen på i bergeningene.

B Intervjuguide

Intervjuguide

Datadrevet kostnads- og usikkerhetsestimering i byggeprosjekter

Intervjuobjekt:

Sted / Tid / Varighet:

1. Kan du fortelle litt om egen bakgrunn, hva slags prosjekter du jobber og har jobbet på, hva som har vært din rolle i disse prosjektene?

Del 1: Årsaker til kostnadsoverskridelser:

1. Hva har vært den hyppigste årsaken til kostnadsoverskridelser i dine prosjekter?
2. Hva er det mest usikre postene i ditt prosjekt?
3. Med omfangsendringer kan kostnadene raskt øke. Burde man ta hensyn til at det kan skje store omfangsendringer i tidkrevende prosjekter? Hvordan tar dere hensyn til at omfangsendringer kan oppstå / tar dere hensyn?
4. Forskning sier at overoptimisme i prosjektgrupper fører til undervurdering av risikoelementer og overvurdering av nytte i prosjekter, hva er din tanke om dette?
 - a. Hvordan jobber dere for å unngå dette?
5. Forskning sier også at politisk press, eller press innad i organisasjonen kan føre til usannsynlige lave estimater både på tid og kostnad, hva er dine tanker om dette?
6. Hvordan stiller du deg til denne påstanden?
 - a. Kostnadsoverskridelser kommer ofte av undervurdering av risiko og usikkerhet og overvurdering av evne til å løse uforutsette problemer under prosjektgjennomføringen?
 - b. I de fleste tilfeller planlegger vi etter best tenkelig scenario.

Del 2: Kostnadsestimering i dine prosjekter:

1. Hvordan jobber dere når dere skal estimere kostnader av et prosjekt i tidlig fase? Kan du fortelle litt om prosessen deres?
2. Hvordan opplever du at utviklingen av kostnadsestimering har vært de siste 10-15 årene, har det skjedd en utvikling – har man blitt bedre / dårligere?
3. Hvordan bruker dere erfaringstall og data fra tidligere prosjekter i kostnadsestimeringen og usikkerhetsanalyse?
4. Som du ser det. Hva er fordelene / ulempene eventuelt fallgruver ved å basere nye estimater på erfaringstall? Hva må man ta hensyn til?

Del 3: Bruk av erfaringer og data fra tidligere prosjekter i nye:

1. Har dere en systematisert måte å samle inn data fra pågående prosjekter for erfaringsoverføring – bruk i nye prosjekter?
2. Hvordan brukes erfaringer og data fra tidligere prosjekter til å estimere kostnader og planlegge prosjektet?
3. Brukes referanseprosjekter og erfaringsdata til å identifisere risikoer og utvikle tiltak for å håndtere dem?
4. Hvordan legger digitale hjelpemidler til rette for systematisert datainnsamling og erfaringsoverføring? Hvordan er utviklingen på dette i din bedrift?
5. Hvordan jobber dere med erfaringsoverføring fra prosjekt til prosjekt?

C Referanseprosjekter

Tittel	Cost frame	Steering frame	Final cost adjusted
Bremangersambandet 2	851,2	778,24	515
E10 Lofoten fastlandsforbindelse (Lofast 2)	1500	1343	1380
E16 Wøyen - Bjørum	1308	1163	1520
E18 Bjørvikaprojektet	6571	5755	7770
E18 Frydenhaug - Eik	823,6	765,6	793
E18 Gulli Langåker	2975,582	2839,814	3025,42
E18 Høvik - Frydenhaug	1293	1159	1162
E18 Kjøpstad - Gulli	2382	2169	1827
E18 Krosby - Knapstad	1256	1192	1194
E18 Langåker - Bommestad	1711	1639	1316
E18 Momarken - Sekkelsten	611	561	643
E18 Sky - Langangen	2170,24242	2059,396705	2038
E39 Kvivsvegen	1258	1166	1245
E6 Alta Vest, Møllnes-Kvenvik-Hjemmeluft	835,1	741,7	849,1
E6 Assurtjern - Klemestrud	662	627	489
E6 Dal - Minnesund og Labbdalen - Skaberud	2934	2682	2375
E6 Gardermoen - Kolomoen etappe 1	1643	1565	1830
E6 Hålogalandsbrua	3264	2896	2914
E6 Nordre avlastningsvei	1375,88	1310,98	1600
E6 Skjerdingstad - Jaktøyen	824	720	595
E6 Svingenskogen - Åsgård	3089	2944	3034
E6 Vinterbro - Assurtjern	1752,6	1536,7	1253
E6 Øst - Trondheim - Stjørdal	4528,8	4284	4655,324
E6 Øyer - Tretten	1159,6992	1067,4504	1446,95
E6 Åsgård - Halmstad	905	858	526
Jondalstunnelen	1047,7755	944,2915	888,975
Kråkerøyforbindelsen	596,5	560,71	833
Ny svinesundsforbindelse	1323,85	1164,35	1167
Ringveg nord i Tønsbergpakken (Kjelle - Kilen)	1239	1172	1210
Ringveg Vest byggetrinn 1 Bergen	1576	1440	1363
Rv2 Kløfta - Nybakk	759	736	747
Rv2 Slomarka - Kongsvinger	2070,24	1938	2532,3
Rv456 Kolsdalen - Lumberkrysset	1479,86	1310,04	1284,43
Rv47 T-forbindelsen	1943,7	1696,32	1924
Rv519 Fastlandsforbindelsen til Finnøy (Finnfast)	769	728	669
Rv609/Rv57 Dalsfjordsambandet	1275,56	1159,6	1326,576
Rv653 Eiksundsambandet	1145	1078	1062
Rv7 Sokna - Ørgenvika	1960	1839	2094
Rv70 Oppdølsstranda	1107,087095	1029,291786	1012,7
Rv80 Løding - Vikan	698,19	583,86	618,552

