



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2022 30 stp**  
Fakultet for realfag og teknologi

## **Anbefalt styringsramme (P50) fra etat og KS2 – En sammenligning**

A comparative study of government agencies and  
QA2-consultants P50 estimates

Håvard Saunes Brekke  
Industriell økonomi



## Forrord

Masteroppgaven er skrevet våren 2022 og markerer avslutningen på mitt femårige mastergradsstudium i Industriell Økonomi ved Norges miljø og biovitenskapelige universitet. Oppgaven er skrevet ved fakultet for realfag og teknologi og har et omfang på 30 studiepoeng.

Jeg ønsker rette en liten oppmerksomhet til hovedveileder Asmamaw Tadege Shiferaw. Takk for god veiledning, gode diskusjoner og støtte gjennom arbeidet med oppgaven. I tillegg vil jeg takke Morten Welde ved Concept-programmet for hjelp med å utarbeide problemstilling og tilgang til bakgrunnsinformasjonen som var nødvendig for å gjennomføre oppgaven

Avslutningsvis vil jeg takke samboer Charlotte for et spark i riktig retning og far Arne for hjelp med korrekturlesning.

Ås, 12 juni 2022

Håvard Saunes Brekke

## Sammendrag

Nyttemaksimerende og kostnadseffektiv bruk av offentlig midler er essensielt for å sørge for at store statlige investeringsprosjekter bidrar til dekke samfunnets behov. Hvis offentlige investeringsprosjekter overskrider de økonomiske rammebetingelsene som er satt for prosjektene, vil dette kunne ha innvirkning på bevilgning av offentlige midler til andre prosjekter, ordninger og tilbud som er finansiert av velferdsstaten. For å sikre at offentlige midler brukes på en måte som gir samfunnet den forespeilede nytten av prosjektrealiseringer, uten at sluttkostnaden overskrider de økonomiske rammebetingelsene som er satt for prosjektene, skal offentlige investeringsprosjekter med investeringskostnad over 1000 millioner kroner, heretter mnok, utvikles gjennom statens prosjektmodell. Der kvalitetssikring av konseptvalg og styringsgrunnlag skal gjøres av eksterne kvalitetssikrere før prosjektene vedtas. Kvalitetssikringen av kostnadsestimat ligger under KS2, som er siste kontrollpunkt i statens prosjektmodell. Hensikten med KS2 er å kvalitetssikre styringsgrunnlaget som er utviklet av etatene gjennom forprosjektet. En sentral del av KS2 er at kvalitetssikrer utvikler et selvstendig kostnadsestimat for prosjektet. Ut fra kostnadsestimatet gir kvalitetssikrer en anbefaling til økonomiske rammebetingelser for prosjektet. Kostnadsestimatet fra kvalitetssikrer skal utvikles gjennom kostnadsestimering under usikkerhet. I prosjektene der etatene også har gjennomført kostnadsestimering under usikkerhet i forkant av KS2, vil det foreligge to kostnadsestimater for ett og samme prosjekt. Et estimat som er utviklet av kvalitetssikrer gjennom KS2, og et som er utviklet av ansvarlig etat i de prosjektutviklende fasene som leder opp til KS2.

Denne oppgaven konsentrerer seg kun om ett punkttestimat fra kostnadsanalysene gjort av etat og kvalitetssikrer i KS2. Dette estimatet kalles P50 estimatet og er estimatet som styringsrammen for prosjektene settes ut fra. Studien har to hovedtemaer, forskjellen mellom P50 estimater fra etat og kvalitetssikrer, og treffsikkerhet på sluttkostnad for P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer. Med treffsikkerhet menes hvem som anbefaler P50 estimatene som avviker minst fra sluttkostnad og hvem som anbefaler P50 estimatene som fungerer best som styringsramme. Datagrunnlaget er i hovedsak hentet ut fra KS2-rapporter. Det er hentet ut for data fra 119 prosjekter hvor P50 estimater fra etat og kvalitetssikrer har vært tilgjengelig i KS2-rapportene. For 64 av de 119 prosjektene har sluttkostnad vært tilgjengelig. Forskningsmetoden som er brukt for å svare på forskningsspørsmålene oppgave er kvantitativ. Det er i hovedsak tatt i bruk relative målestørrelser for å evaluere forskjellen

mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimat og treffsikkerheten for estimatene. De relative målestørrelsene er analysert ved bruk av enkel lineær regresjon med minste kvadraters metode. Prosjektene er i studien også delt inn i porteføljer som er analysert ved bruk av enveis variansanalyse og student t-test. I tilfellene der datagrunnlaget ikke følger antakelser for disse testene er porteføljer av prosjekter sammenlignet ved bruk av Kruskal Wallis og Mann-Whitney-Wilcoxon test.

Resultater fra analysen av relativ forskjell mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimater viser at det finnes en skjevhet mellom etat og kvalitetssikrer. Den relative skjevheten er -2,4% for hele utvalget i studien og tilsier at kvalitetssikrer i snitt gir romsligere estimater enn etat. Analysen av utvikling over tid viser at de relative forskjellene mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimater endrer seg marginalt over tid. Resultatene gir ikke grunnlag for å hevde at situasjonen har blitt bedre eller dårligere siden oppstarten av statens prosjektmodell, og økningen i relativ gjennomsnittlig skjevhet fra -1,6% til -2,4% siden forrige gang forskjellen mellom etat og kvalitetssikrer ble studert av Welde (2014c) er marginal. Analysen av hvordan størrelsen på prosjektene påvirker estimeringsforskjeller viser at det relative avviket mellom etat og kvalitetssikrer holder seg konstant uavhengig av størrelse på prosjektene, men når P50 estimatene er høyere har kvalitetssikrer en tendens til å anbefale romsligere estimater enn etat. I hvilken grad estimatforskjeller mellom etat og kvalitetssikrer er avhengig av hvilken etat det er som er ansvarlig for prosjektet er vanskelig å konkludere med på grunn av et lite utvalg prosjekter hos enkelte etater, men analysene viser en signifikant forskjell mellom Statens veivesen og Forsvaret. Studien gir ikke empiriske holdepunkter for å hevde at estimatforskjeller mellom etat og kvalitetssikrer er avhengig av hvilken kvalitetssikrer som har gjennomfører KS2.

Det er kvalitetssikrernes P50 estimater som minimerer estimatskjevheten for de 64 prosjektene med tilgjengelig sluttkostnad. Kvalitetssikrernes har en gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet på 1,8% mot 3,6% for etat. Forskjellen viser at kvalitetssikrernes P50 estimater ville gitt lavere kostnadsoverskridelser enn P50 estimatene fra etat. De relative estimatavvikene er tilnærmet like for etat og kvalitetssikrer. Det vil si at de romsligere P50 estimatene fra kvalitetssikrer minimerer kostnadsoverskridelsene for porteføljen av prosjekter, men de er ikke mer nøyaktige enn etats estimater. Over tid har P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer skiftet fra å være for romslige til ikke å være tilstrekkelig for å dekke sluttkostnad. Resultatene gir ikke grunnlag for å hevde at tilstanden for estimatskjevhet eller

estimatavvik har blitt bedre eller dårligere. Størrelse på P50 estimatene ser ut til å ha en effekt på treffsikkerhet. Estimatskjevheten er større i prosjekter med høyere investeringskostnad. De minste prosjektene i utvalget har P50 estimater som i gjennomsnitt er større enn sluttkostnaden, mens prosjektene med de høyeste P50 estimatene er prosjektene med de høyeste kostnadsoverskridelsene. Mellom etatene er forskjellene små og i de etatsvise porteføljene er forskjellen mellom etat og kvalitetssikrer liten. Hvilken kvalitetssikrer som har gjennomført KS2 ser ut til å gi utslag for størrelsen på estimatskjevhet.

Ut fra de porteføljevise inndelingene som er gjort i oppgaven er et resultat gjennomgående for tilnærmet alle porteføljer. I tilfellene der etatene gir for romslige P50 estimater for en portefølje av prosjekter, er estimatskjevheten størst for kvalitetssikrernes P50 estimater, dersom etatene har gitt for lave P50 estimater er estimatskjevheten lavest for etatenes P50 estimater.

## Executive summary

Cost-efficient spending of public funds is essential to ensure that public investment projects provide the intended utility for society. If cost overruns occur in large investment projects, it can impact desired project objectives or other state-funded investment projects or programs since there is a threshold for public funds. To secure spending of public funds that reflects society's best interest. Public investment projects with an estimated cost above 1000 million Norwegian kroner are developed through the state project model, also called the QA scheme. Before the decision to build is finalized and public funds are set aside for completion of the project, the project documentation developed by the GA (a government agency) in charge of the project must pass through two rounds of quality assurance QA1 and QA2. An integral part of QA2 is the quality assurance of the investment cost for the project. The QA2C (QA2 consultant) must produce a cost estimate based on an uncertainty analysis of project cost. If the GA has done a similar project cost analysis, two comparable cost estimates for the same project will be available at the end of QA2. One from the QA2C and one from the GA responsible for the project.

This thesis will only make use of a point estimate from these cost estimates from the GA and QA2C. The point estimate studied in this thesis is called the P50 estimate. The P50 estimate is the foundation for deciding the budget for the GA to complete the project.

The study has two main topics: The difference between the P50 estimates from GA and QA2C. The accuracy of the P50 estimates from GA and QA2C. Accuracy is measured from the size of cost overruns/underruns and the size of deviation between the final project cost and the P50 estimate. A quantitative research method is the applied tool for answering the research questions in this thesis. The primary source of data has been QA2-reports. Data stem from 119 projects where P50 estimates from GA and QA2C are available in the QA2-report. Of the 119 projects with available P50 estimates, 64 had finalized project costs. The difference between P50 estimates and the difference between P50 estimates and project cost is studied in relative sizes. The data is analyzed with linear regression. Data has been split into portfolios one-way ANOVA and t-tests. Data that does not meet the required normality assumption is analyzed with a Kruskal-Wallis and Mann-Whitney-Wilcoxon test.

The results from analyzing the difference between the P50 estimates from GA and QA2C show an average skewness of -2,4%, indicating that QA2 consultants predict a more considerable investment cost than government agencies.

Over time the difference between the P50 estimates from GA and QA2C does not seem to change. On average, the quality assurer recommends a larger P50 estimate for the projects than the GA. Since the topic was studied last by Welde (2014c), the average relative skewness has increased from -1,6% to 2,4%. But the difference is marginal. From the analysis of how estimated project size affects the difference between the P50 estimates from GA and QA2C, the results imply that QA2C anticipates higher investment costs on average when the project size increases relative to government agencies.

To which extent estimate differences are affected by which GA is responsible. The results show significantly higher differences between GA and QA2C in military projects than in road infrastructure projects. To which extent estimate differences are affected by which GA is responsible. The results show no evidence that a single QA2C affects the difference between the P50 estimates from GA and QA2C.

The analysis of the estimate accuracy shows that QA2C P50 estimates minimize cost overruns for the projects compared to P50 estimates from GA. The average cost overrun for the QA2C is 1,8%, while the GA has an average cost overrun of 3,6%. The size percentage deviation from final cost is the same for both GA and QA2C. Over time there has been a shift from recommending P50 estimates that yield cost underruns to cost overruns for Both QA2Cs and GAs. The results show no evidence of more accurate P50 estimates from QA2C or GAs from any period. Project size might be a significant predictor of cost overruns when the size of P50 estimates determines project size. Cost overruns increase with project size. Cost overruns are roughly the same for all GAs. No single GA portfolio sticks out regarding doing a worse or better job of minimizing cost overruns. Which QA2C is responsible for QA2 looks like a significant predictor for the size of cost overruns.

One observation has been consistent throughout the analysis of estimate accuracy. In portfolios where GAs recommends P50 estimates that result in cost overruns, the QA2C recommends P50 estimates that minimize the size of the cost overruns compared to cost overruns from GA P50. In portfolios where GAs recommends P50 estimates that result in cost underruns, the QA2C recommends P50 estimates that maximize the size of the cost overruns compared to cost overruns for GA P50.



# Innholdsfortegnelse

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Forrord</i> .....                                       | <i>I</i>  |
| <i>Sammendrag</i> .....                                    | <i>II</i> |
| <i>Executive summary</i> .....                             | <i>V</i>  |
| <i>Figurliste</i> .....                                    | <i>IX</i> |
| <i>Tabelliste</i> .....                                    | <i>X</i>  |
| <b>1. Innledning</b> .....                                 | <b>1</b>  |
| <b>1.1 Problemstilling og forskningsspørsmål</b> .....     | <b>3</b>  |
| <b>1.2 Avgrensninger</b> .....                             | <b>4</b>  |
| <b>1.3 Oppgavens struktur</b> .....                        | <b>5</b>  |
| <b>2. Metode</b> .....                                     | <b>6</b>  |
| <b>2.1 Metode generelt</b> .....                           | <b>6</b>  |
| 2.1.1 Kvalitativ forskningsmetode .....                    | 6         |
| 2.1.2 Kvantitativ forskningsmetode .....                   | 6         |
| 2.1.3 Litteraturstudium.....                               | 7         |
| 2.1.4 Relabilitet og validitet.....                        | 7         |
| <b>2.2 Anvendt metode</b> .....                            | <b>8</b>  |
| 2.2.1 Begrunnelse for valg av metode .....                 | 8         |
| 2.2.2 Litteraturstudium.....                               | 8         |
| 2.2.3 Relabilitet .....                                    | 9         |
| 2.2.4 Validitet.....                                       | 10        |
| 2.2.5 Feilkilder .....                                     | 11        |
| 2.2.6 Referanser .....                                     | 11        |
| <b>2.3 Data</b> .....                                      | <b>11</b> |
| 2.3.1 Innsamling av data .....                             | 12        |
| 2.3.2 Datagrunnlaget .....                                 | 13        |
| 2.3.3 Behandling av data.....                              | 14        |
| 2.3.4 Prisregulering av estimatene i studien .....         | 14        |
| 2.3.5 Utregning av forskjeller mellom P50 etat og KS ..... | 15        |
| 2.3.6 Utregning forskjell mellom sluttkostnad og P50 ..... | 16        |
| 2.3.7 Analyse av data .....                                | 17        |
| 2.3.8 Antakelser for statiske tester .....                 | 19        |
| 2.3.9 utfordringer data.....                               | 19        |
| <b>3. Litteraturstudium</b> .....                          | <b>21</b> |
| <b>4. Teori</b> .....                                      | <b>28</b> |
| <b>4.1 Statens Prosjektmodell</b> .....                    | <b>28</b> |
| <b>4.2 KS2</b> .....                                       | <b>30</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>4.3 Kostnadsestimering under usikkerhet .....</b>                     | <b>31</b> |
| 4.3.1 Usikkerhet .....   | 31        |
| 4.3.2 Usikkerhetsanalyse .....   | 31        |
| 4.3.3 Kostnadsestimering .....   | 32        |
| 4.3.4 Oppbygning av kostnadsestimatet. ....                              | 37        |
| <b>4.4 Om estimeringsmetodikk i etatene .....</b>                        | <b>40</b> |
| 4.4.1 Statens vegvesen (SVV) .....                                       | 40        |
| 4.4.2 Statsbygg.....   | 43        |
| 4.4.3 Jernbaneverket / Bane NOR / Jernbanedirektoratet .....             | 45        |
| 4.4.5 Forsvaret .....  | 46        |
| <b>4.5 Om prisregulering.....</b>  | <b>48</b> |
| 4.5.1 Prisregulering i etatene .....                                     | 49        |
| <b>5. Resultater og diskusjon.....</b>                                   | <b>50</b> |
| <b>5.1 Forskjell P50 estimat etat og kvalitetssikrer .....</b>           | <b>50</b> |
| <b>5.2 Utvikling i relativt avvik og relativ skjevhet over tid .....</b> | <b>53</b> |
| <b>5.3 Størrelse P50 estimat .....</b>                                   | <b>56</b> |
| <b>5.4 Effekt av etat .....</b>  | <b>60</b> |
| <b>5.5 Effekt av kvalitetssikrer .....</b>                               | <b>62</b> |
| <b>5.6 Estimattrefferikkerhet etat og kvalitetssikrer.....</b>           | <b>64</b> |
| <b>5.7 Utvikling over tid .....</b>                                      | <b>69</b> |
| <b>5.8 Estimattrefferikkerhet etter størrelse på P50 estimat .....</b>   | <b>74</b> |
| <b>5.9 Effekt av etat på estimattrefferikkerhet .....</b>                | <b>78</b> |
| <b>5.10 Effekt av kvalitetssikrer på estimattrefferikkerhet .....</b>    | <b>82</b> |
| <b>6. Konklusjon .....</b>   | <b>85</b> |
| <b>6.1 Veien videre .....</b>  | <b>91</b> |
| <b>7. Referanseliste .....</b>   | <b>92</b> |
| <b>Vedlegg .....</b>   | <b>97</b> |

## Figurliste

|   |    |
|---|----|
| <i>Figur 1: statens prosjektmodell (Finansdepartementet, 2019b)</i> .....   | 29 |
| <i>Figur 2: Høyreskjev sannsynlighetsfordeling avmerket med mest sannsynlig, median og forventningsverdi (Drevland, 2013)</i> .....                     | 33 |
| <i>Figur 3: Visuell fremstilling av metodisk tilnærming for å utforme kalkylestruktur (Torp et al., 2015)</i> .....                                     | 34 |
| <i>Figur 4: Illustrert oppbygning av grunnkalkyle (Drevland, 2013)</i> .....  | 34 |
| <i>Figur 5: Illustrert grunnkalkyle med usikkerhetsfaktor som påvirker hele grunnkalkylen (Drevland, 2013)</i> .....                                    | 35 |
| <i>Figur 6: Inndata for tripplestimer (Torp et al., 2015)</i> .....   | 36 |
| <i>Figur 7: S-kurve for kostnadsestimat (Torp et al., 2015)</i> .....   | 37 |
| <i>Figur 8: Sammenheng mellom begreper (Finansdepartementet, 2008a)</i> .....   | 38 |
| <i>Figur 9: Kostnadsestimeringsprosess (Finansdepartementet, 2008b)</i> .....   | 39 |
| <i>Figur 10: Anslagsprosessen (Statens vegvesen, 2021)</i> .....  | 41 |
| <i>Figur 11 Kostnadsestimeringsprosess Statsbygg (Welde &amp; Torp, 2016)</i> .....   | 44 |
| <i>Figur 12: Kostnadsestimeringsprosess Jernbaneverket (Samferdselsdepartementet, 2016)</i> ..  | 46 |
| <i>Figur 13: Prisreguleringsindeksenenes utvikling siden 2000</i> .....   | 48 |
| <i>Figur 14: Relativ skjevhet mellom etat og kvalitetssikrer fordelt fra størst økning til størst reduksjon</i> .....                                   | 51 |
| <i>Figur 15: Histogrammer for relativ skjevhet og relativt avvik</i> .....  | 52 |
| <i>Figur 16: utvikling over tid for relativ skjevhet og relativt avvik</i> .....  | 54 |
| <i>Figur 17: Relativ skjevhet etter størrelse P50 etat</i> .....  | 57 |
| <i>Figur 18: estimatskjevhet for P50 etat og P50 kvalitetssikrer sortert fra største kostnadsunderskridelse til største kostnadsoverskridelse</i> ..... | 65 |
| <i>Figur 19: Estimatskjevhet for etats og kvalitetssikrernes P50 estimer etter år for gjennomføring av KS2</i> .....                                    | 70 |
| <i>Figur 20: Estimatavvik for P50 etat og kvalitetssikrer etter år for gjennomføring av KS2</i> ....  | 70 |
| <i>Figur 21: Estimatskjevhet etter størrelse P50 for etat og kvalitetssikrer</i> .....  | 75 |
| <i>Figur 22: Estimatavvik etter størrelse P50 for etat og kvalitetssikrer</i> .....   | 75 |

## Tabelliste

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Tabell 1: Antall prosjekter prosjekter med tilgjengelig P50 estimat fra statlig etat. ....</i>  | <i>13</i> |
| <i>Tabell 2: Antall prosjekter med tilgjengelig sluttkostnad. ....</i>   | <i>14</i> |
| <i>Tabell 3: evalueringsfunksjoner for estimatavvik. ....</i>  | <i>16</i> |
| <i>Tabell 4: Evalueringsfunksjoner for estimeringsskjevhet. ....</i>   | <i>17</i> |
| <i>Tabell 5: Studier på kostnadsskontroll i offentlig og privat finansierte investeringsprosjekter. ....</i>   | <i>22</i> |
| <i>Tabell 6: Deskriptiv statistikk for relativt avvik og relativ skjevhet mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimer. ....</i>  | <i>50</i> |
| <i>Tabell 7: Deskriptiv statistikk for relativ skjevhet og relativt avvik mellom P50 kvalitetssikrer og etat. ....</i>   | <i>55</i> |
| <i>Tabell 8: Deskriptiv statistikk for relativ skjevhet og relativt avvik mellom etat og kvalitetssikrer for porteføljer etter størrelse på P50 estimat fra etat. ....</i>                                 | <i>58</i> |
| <i>Tabell 9: Deskriptiv statistikk for relativ skjevhet og relativt avvik mellom etat og kvalitetssikrer ut fra porteføljeinndeling etter statlig etat ....</i>  | <i>61</i> |
| <i>Tabell 10: Deskriptiv statistikk for relativ skjevhet og relativt avvik mellom etat og kvalitetssikrer ut fra porteføljeinndeling av prosjekter etter kvalitetssikrer som har gjennomført KS2. ....</i> | <i>63</i> |
| <i>Tabell 11: Estimatskjevhet og estimatavvik etat og kvalitetssikrer. ....</i>  | <i>66</i> |
| <i>Tabell 12: Relativt estimatavvik i prosjekter der relativt avvik mellom P50 etat og kvalitetssikrer er større en 10%. ....</i>  | <i>67</i> |
| <i>Tabell 13: Estimatskjevhet og estimatavvik årsperioder for kvalitetssikrer og etat P50. ....</i>  | <i>72</i> |
| <i>Tabell 14: Portefølje estimatskjevhet og estimatavvik for P50 etat og kvalitetssikrer. ....</i>   | <i>76</i> |
| <i>Tabell 15: Estimatskjevhet og estimatavvik for porteføljeinndeling etter etat. ....</i>   | <i>79</i> |
| <i>Tabell 16: Estimatskjevhet og estimatavvik for porteføljeinndeling etter kvalitetssikrer. ....</i>  | <i>82</i> |

# 1. Innledning

Gjennomføring av offentlige investeringsprosjekter innenfor vedtatte kostnadsrammer er essensielt for offentlig sektor, da utfallet av kostnaden for disse prosjektene vil påvirke de offentlige budsjettene direkte. Hvis kostnaden for å realisere offentlige investeringsprosjekter blir større enn budsjettet kostnad, kan det gå bekostning av fremdrift og gjennomføring, og det kan sette en stopper for andre fremtidige prosjekter. Overskridelser kan også påvirke hvordan det ferdigstilte prosjektet driftes etter ferdigstilling og kan påvirke nytten det vil gi samfunnet. Treffsikre kostnadsestimater er derfor viktig for at prosjektet blir en suksess (Welde, 2017).

Ekstern kvalitetssikring av styringsgrunnlaget for offentlige investeringsprosjekter, kalt KS2, ble innført i 2000. I dag er dette siste kontrollpunkt for prosjektene som utvikles gjennom Statens prosjektmodell. Målet med statens prosjektmodell er å unngå feilinvesteringer og sørge for god kostnadskontroll og nytterealisering gjennom effektiv bruk av offentlige ressurser.

Før stortinget vedtar om prosjektene skal gjennomføres og økonomiske rammebetingelser for gjennomføringen fastsettes gjennom offentlige budsjetter, skal styringsgrunnlaget som ansvarlig etat har utarbeidet for prosjektet, kvalitetssikres av ekstern KS2 konsulent. Kvalitetssikreren som gjennomfører KS2 skal i tillegg komme med en egen anbefaling for estimert kostnad for prosjektet (Samset & Holst Volden, 2013). Det skal derfor foreligge to kostnadsestimater for prosjektet i forkant av endelig beslutning om gjennomføring: Et kostnadsestimat som stammer fra etat med ansvar for gjennomføring av prosjektet og et fra kvalitetssikrer med ansvar for gjennomføring av KS2.

Siden oppstarten av statens prosjektmodell i 2000 har kostnadsstyringen av prosjektene som er utviklet gjennom modellen vært god. Selv om et flertall av prosjektene leveres til en kostnad som er høyere enn vedtatte rammebetingelser, er forskjellen fra sluttkostnad liten for hele prosjektporteføljen (Welde, 2017). Anbefalingen som ligger til grunn for vedtatte rammebetingelser i prosjektene fra KS2 har vist seg å være godt kalibrert.

Kostnadsestimatene fra KS2 gir lavere kostnadsoverskridelser i prosjektene enn vedtatt styringsramme (Welde et al., 2019), mens etatenes anbefalte kostnadsestimater ville resultert

i større kostnadsoverskridelser sammenlignet med anbefalingene fra KS2 og den vedtatte styringsrammen for prosjektene (Welde, 2014c)

De offentlige etatene besitter mye kompetanse og har lang erfaring med kostnadsestimering i store investeringsprosjekter. De gjennomfører intern kvalitetssikring av sine egne kostnadsestimater og har ressurser til å leie inn eksternt personal for å bistå i prosessen (Welde & Torp, 2016). I tillegg burde bevissthet om at arbeidet som gjøres i forprosjektet skal gjennom ekstern kvalitetssikring kunne ha en skjerpene effekt. Det er derfor ikke noen selvfølge at kvalitetssikrerne som gjennomfører KS2 skal ha bedre forutsetninger enn etatene for å gjøre treffsikre analyser.

Den siste kartleggingen av forskjeller mellom de offentlige etatenes kostnadsestimater og KS2-kvalitetssikrers estimer ble utført i 2014 (Welde, 2014c). Siden den gang har flere prosjekter vært utviklet gjennom statens prosjektmodell, og antallet prosjekter med tilgjengelig sluttkostnad har økt. Det gir mulighet til å utvide og oppdatere kunnskapen om statens prosjektmodell og KS2-regimet ved å gjennomføre en ny studie med et større utvalg prosjekter.

Studien omfatter prosjekter som har vært gjennom KS2-regimet siden innføringen av ordningen i 2000 og frem til i dag (1.2.2020) der både etat og kvalitetssikrer har gjennomført usikkerhetsanalyse av investeringskostnaden. Studien konsentrerer seg om ett punkttestimat, P50 estimatet, fra kostnadsanalysene gjort av etat og kvalitetssikrer. P50 estimatet er det punkttestimatet som styringsrammen i prosjektene bestemmes ut fra.

I studien kartlegges både forskjeller mellom P50 estimatene fra offentlig etat og kvalitetssikrer og hvor nærme etat og kvalitetssikrer treffer på sluttkostnad med sine P50 estimater. Oppgaven undersøker også hvordan estimatforskjeller og estimeringstreffsikkerhet har utviklet seg over tid siden oppstart av statens prosjektmodell, i hvilken grad størrelsen på investeringsprosjektene påvirker forskjeller og om det er ulik grad av estimeringsforskjeller hos de ulike etatene og kvalitetssikrerne.

Hensikten med studien har vært økt forståelse av virkningen av statens prosjektmodell på kostnadsstyringen i store statlige investeringsprosjekter hvor både etat og kvalitetssikrer har gjennomført usikkerhetsanalyse av investeringskostnad. Den vil være et bidrag til bredere

innsikt i hvor gode kostnadsestimeringsprosessene som ligger til grunn for å fatte politiske vedtak om store statlige investeringer er. Grunnlaget for god kostnadsstyring legges av etatene i forprosjektet. En sammenlikning mellom anbefalingene til etater og kvalitetssikrere, målt mot sluttkostnad, vil kunne gi innsyn i hvor god jobben som gjøres i etatene er og hvilken effekt kvalitetssikringen har for beslutningsgrunnlaget som ligger til grunn for å bevilge offentlig midler til investeringsprosjekter i Norge.

Studien er et tilskudd til den eksisterende forskningslitteraturen om kostnadsstyring i statlige investeringsprosjekter som har vært gjennom statens prosjektmodell. Gjennom kartleggingen av estimatforskjeller mellom etat og kvalitetssikrer studerer den et tema som ikke har vært kartlagt siden 2014 (Welde, 2014c), og ikke er utforsket i like stor grad som andre temaer innenfor forskningslitteraturen om statens prosjektmodell.

### 1.1 Problemstilling og forskningsspørsmål

I denne oppgaven studeres to nærliggende hovedtemaer knyttet til statens prosjektmodell for offentlige investeringsprosjekter. Først gjennomføres en oppdatert studie av forskjeller mellom P50 estimat fra offentlig etat og kvalitetssikrer som gjennomfører KS2. Dette gjøres med et utvidet utvalg prosjekter og en bredere analyse enn den som ble lagt til grunn i siste installasjon av forskning på temaet (Welde, 2014c). Deretter studeres treffsikkerheten til P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer ved å sammenligne estimatene med sluttkostnad i prosjektene, og vurdere om etat eller kvalitetssikrer treffer best med sine P50 estimater. I tilknytning disse undersøkelsene vurderes i hvilken grad et utvalg av faktorer – tid, prosjektstørrelse, den enkelte etat og den enkelte kvalitetssikrer - påvirker estimatforskjeller og estimattreffsikkerhet.

Følgende problemstilling er formulert:

Hvor store forskjeller er det mellom P50 estimater fra offentlig etat og P50 estimater fra kvalitetssikrer? Hvor treffsikre er P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer når de vurderes opp mot sluttkostnad?

Problemstillingen er todelt. Første del omhandler temaet estimatforskjeller mellom etat og kvalitetssikrer i KS2. Del to omhandler temaet estimattreffsikkerhet for P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer.

For å svare på problemstillingen er det formulert 4 forskningsspørsmål, to til hver del av problemstillingen:

Estimatforskjeller mellom etat og kvalitetssikrer:

- Forskningsspørsmål 1: Hvor store forskjeller er det mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimater?
- Forskningsspørsmål 2: Hvordan påvirker utvalgte faktorer estimatforskjeller mellom etat og kvalitetssikrer?

Estimattreffsikkerhet for etat og kvalitetssikrer målt mot sluttkostnad:

- Forskningsspørsmål 3: Hvem anbefaler P50 estimatene som treffer best på sluttkostnaden i prosjektene, etat eller kvalitetssikrer?
- Forskningsspørsmål 4: Hvordan påvirker utvalgte faktorer estimattreffsikkerheten for etat og kvalitetssikrer?

Utvalget av faktorer som undersøkes både i forskningsspørsmål 2 og 4 er:

- Utvikling over tid: Hvordan har estimatforskjeller og treffsikkerhet utviklet seg over tid?
- Størrelse på prosjekt: Hvordan påvirker størrelsen på prosjektene estimatforskjeller og estimattreffsikkerhet?
- Etat: I hvilken grad er estimatforskjeller og estimattreffsikkerhet etat-avhengige?
- Kvalitetssikrer: I hvilken grad er estimatforskjeller og estimattreffsikkerhet avhengig av kvalitetssikrer som har gjennomført KS2?

## 1.2 Avgrensninger

Problemstillingen setter noen naturlige begrensninger for hvilke prosjekter som vurderes. Kun prosjekter som har fullført KS2 er tatt med i oppgaven. Prosjekter hvor data som er essensielt for oppgaven ikke kan oppdrives i KS2 rapporten fra kvalitetssikrer, er utelatt fra studien. Datagrunnlaget i studien er vurdert til å være tilstrekkelig for å svare på problemstillingen uten å gjøre innsamling av data utover det som finnes i KS2-rapportene. Det er derfor ikke gjort forsøk på å kontakte statlige etater for å oppdrive P50 estimater i prosjekter der kvalitetssikrer ikke har redegjort for dette i KS2-rapportene.

Det er satt av 19 uker til gjennomføring av masteroppgave ved NMBU. Tid tilgjengelig for arbeidet setter begrensning for oppgavens omfang. Data har vært analysert for 119 prosjekter. Dypere forståelse for avvik i enkeltprosjekter kunne vært studert gjennom kontakt med



ressurspersoner, men datasettet spenner seg over 22 år, med estimater av 6 forskjellige etater og ulike KS2 kvalitetssikrere.

Forskningslitteraturen beskriver en rekke forskjellige faktorer som kan føre til kostnadsoverskridelser og påvirke estimeringsprosessen. I oppgaven ser jeg kun på et begrenset utvalg av disse og drøfter i hvilken grad de påvirker P50 estimatene i prosjekter som er underlagt statens prosjektmodell.

### 1.3 Oppgavens struktur

Kapittelet gir en kort innføring i oppgavens strukturelle oppbygning.

**Innledning:** Kapittelet gir en begrunnelse for valg av tema, og aktualiserer tema som er studert. Hensikten med oppgaven behandles og problemstilling og forskningsspørsmål er formulert i dette kapittelet. Kapittelet gir også en beskrivelse av avgrensninger som er gjort i oppgaven.

**Metode:** Kapittelet gir en kort innføring i forskningsmetode og beskriver metoden som er valgt for å besvare problemstillingen i oppgaven. Det gis en beskrivelse av datagrunnlaget som ligger til grunn for oppgaven, prosessen med å samle inn data, samt hvordan data er behandlet. Oppgavens validitet og reliabilitet behandles i dette kapittelet.

**Litteraturstudie:** Kapittelet oppsummerer resultatet fra litteraturstudiet som er gjennomført i oppgaven. Resultater fra internasjonal og nasjonal forskningslitteratur som er sentral for oppgaven presenteres og det redegjøres for hva som er gjennomført av forskning innenfor tilsvarende tema, og sentrale funn fra litteratur oppsummeres.

**Teori:** Kapittelet danner det teoretiske grunnlaget for oppgaven. Statens prosjektmodell, innhold i KS2, usikkerhetsanalysen og kostnadsestimering under usikkerhet, estimeringspraksis i etatene og regulering av estimert investeringskostnad redegjøres for.

**Resultat og diskusjon:** Kapittelet oppsummerer resultatene fra analysene som er gjort, Oppbygningen følger samme struktur som forskningsspørsmålene i oppgaven og resultatene diskuteres fortløpende.

**Konklusjon:** Kapittelet fremstiller sentrale funn fra analysene for å svare på forskningsspørsmålene som er formulert i oppgaven. Det gis også forslag til videre arbeid under samme tema.

**Referanser:** I dette kapitelet fremstilles alle kildene som er benyttet i oppgaven

**Vedlegg:** I dette kapitelet fremstilles oppgavens 3 vedlegg.

## 2. Metode

Kapittelet gir først en kort oversikt over forskningsmetodene som kunne vært benyttet i studien. Så presenteres forskningsmetoden som er valgt, med begrunnelse av valget. Oppgavens reliabilitet og validitet blir behandlet i dette kapittelet. Det gis også en beskrivelse av datagrunnlaget for studien og hvordan dette er samlet inn. Avslutningsvis redegjøres det for hvilke metoder som er anvendt for å beregne forskjeller mellom estimater, beregne forskjeller mellom estimat og sluttkostnad og analyse av data, samt hvordan antakelser for statistiske modeller er behandlet.

### 2.1 Metode generelt

En måte å definere den vitenskapelige metoden på er: «*En objektiv, logisk og systematisk metode for å analysere et fenomen, satt sammen for å tillate akkumulering av troverdig kunnskap*» (Bacon-Shone, 2013). Utvalgt metode kan også beskrives som redskapet som hjelper forskeren med å gi svar på problemstillingen som er formulert. Valg av riktig metode er viktig for å gjennomføre god vitenskapelig forskning (Basias & Pollalis, 2018).

#### 2.1.1 Kvalitativ forskningsmetode

Kvalitativ forskningsmetode er en samlebetegnelse for forskningsmetoder som ikke tar i bruk tallfestet materiale. I stedet henter en inn erfaringer og studerer oppførsel eller forhold uten å anvende statistikk på data. Formen på dataen som samles inn kan være skriftlig, muntlig, visuell eller auditiv. Dataen behandles som skriftlig informasjon og tolkes for å fremskaffe dypere forståelse om et avgrenset tema. En av fordelene ved metoden er muligheten til å oppnå dybdeforståelse av et fenomen. Forskeren må tolke dataen basert på hva hen observerer og ut fra dette trekke konklusjoner. Typiske måter å samle inn data på vil være intervjuer, sammenstilling av foreliggende dokumentasjon og observasjon og analyse av hendelser i nåtid. Metoden stiller strenge krav til forskeren, som ikke må påvirkes av, eller påvirke dataen hen samler inn (Basias & Pollalis, 2018).

#### 2.1.2 Kvantitativ forskningsmetode

Kvantitativ forskningsmetode involverer systematiske og empiriske undersøkelser gjennom bruk av statistikk og matematikk for å prosessere tallfestet data. Typisk for kvantitativ metode er innsamling av tallfestet data i stort volum. Dataen brukes til å teste ut teorier eller hypoteser. Spørreundersøkelser og litteraturgjennomganger kan også være opphav til

kvantitativ analyse, dersom informasjonen som samles inn kan behandles i numerisk form. En fordel med kvantitativ forskning er at resultater blir presentert i form av tall eller grafer. Det reduserer sjansen for at data blir påvirket av menneskelig mening eller følelser. Det er også lettere å sammenligne data, og gjøre bredere analyser på et større felt (Basias & Pollalis, 2018).

### 2.1.3 Litteraturstudium

Et litteraturstudium er ofte første steg i prosessen med å gjennomføre et forskningsprosjekt. Ved oppstart av prosjektet, før man har klare og definerte rammer for et avgrenset tema, kan et litteraturstudium gi inspirasjon og hjelp til å finne spesifikke temaer en ønsker å studere. Det kan videre gi innsyn i hva som tidligere er gjennomført av forskning innenfor et forskningsfelt, og det kan være viktig for etableringen av det teoretiske rammeverket rundt et forskningsprosjekt og utviklingen av forskningsmetoder. Senere i et forskningsprosjekt kan et litteraturstudium brukes til sammenligning av resultater med tidligere funn og innlemming av egne funn i kunnskapen som allerede finnes om temaet. (Kumar, 2019).

### 2.1.4 Relabilitet og validitet

Relabilitet i kontekst av forskningsdata og metode betyr hvor stabile, konsistente, nøyaktige og forutsigbare forskningsdataene og forskningsmetodene i et forskningsprosjekt er. Forskning skal være mulig å reprodusere med samme resultat av andre uavhengige forskere dersom en følger eksakt samme forskningsutforming og bruker samme data. Høy relabilitet sørger for at resultatene fra et forskningsprosjekt vil kunne reproduseres. Relabiliteten påvirkes av hvordan dataen samles inn, hvilke data som brukes i studien og hvordan disse behandles etter at de er samlet inn (Kumar, 2019)

Validitet er en betegnelse som sier noe om hvor godt man gjør målinger som stemmer overens med det som opprinnelig var tanken bak forskningsstudiet. Validiteten avhenger av den logiske sammenhengen mellom problemstilling og hensikt, og av hvor relevant dataen som brukes er for problemstillingen og hensikten med studien (Kumar, 2019).

## 2.2 Anvendt metode

### 2.2.1 Begrunnelse for valg av metode

I denne oppgaven studeres estimatforskjeller mellom P50 estimater fra kvalitetssikrer som gjennomfører KS2 og offentlige etater, samt estimattreffsikkerhet for etat og kvalitetssikrers P50 estimater målt opp mot sluttkostnad. Studien søker å utvide kunnskapen om statens prosjektmodell ved å sammenligne estimatene som ligger til grunn for å sette styringsrammer for prosjektene.

I studien undersøkes et stort tallmaterialet bestående av kostnadsestimater og sluttkostnader fra prosjektene som egner seg godt for systematisk og empirisk undersøkelse gjennom bruk av statistikk og matematikk. Derfor er det valgt en kvantitativ metode.

En dypere forståelse for hvorfor estimert kostnad vurderes forskjellig mellom etater og kvalitetssikrer, samt kartlegging av årsaker som har vært til stede i spesifikke prosjekter kunne også vært gjennomført. Ved bruk av kvalitativ metode kunne en valgt seg ut prosjekter med store forskjeller og studert hva som er opphavet til disse forskjellene. Men dybdekunnskapen om enkeltprosjekter vil da gå på bekostning av en bredere kartlegging av estimatforskjeller og estimattreffsikkerhet. Denne studien er dessuten en oppfølging og en utvidelse av en tidligere studie på samme tema som ble utført for åtte år siden, og ett av siktemålene har vært å se om tilstanden har forandret seg siden sist studie på temaet ble utført. Til grunn for den forrige studien lå en kvantitativ forskningsmetode. Det gjør også at det naturlig å anvende tilsvarende metode i denne studien.

For å etablere kunnskap og for å kunne sammenholde resultatene fra denne studien med andre forskningsstudier som er gjort innenfor samme felt er det også gjort et lite litteraturstudium. Dette er nærmere omtalt nedenfor (kapittel 2.2.2).

### 2.2.2 Litteraturstudium

I denne studien er det gjennomført et litteraturstudium med et begrenset omfang. Hensikten bak litteraturstudiet har vært å etablere kunnskap om hva som er gjennomført av studier innenfor samme felt, nasjonalt og internasjonalt samt bygge opp teorikapittelet i oppgaven. Nedenfor er det kort redegjort for hvordan litteraturstudiet er utført.

Et litteraturstudium kan være opphav til store mengder data som er uhåndterbare innenfor en begrenset tidsramme. Mengden litteratur man finner kan begrenses ved bruk av ulike teknikker. Antallet databaser man søker i vil begrense litteratursøkets omfang. Et sett med forhåndsdefinerte søkestrenger og god søketeknikk er viktig for å finne relevant litteratur, og utelukke litteratur som ikke er essensiell for oppgaven. Søkestrenger kan bygges opp på ulike måter. Man kan sette sammen enkeltord, eller fraser i tilfellene der man ønsker at ord skal følge etter hverandre i en bestemt rekkefølge.

1. Fraser kan benyttes ved å bruke anførselstegn i søkefeltet.
2. Dersom bøyning av et ord ikke er essensielt, kan man søke ved bruk av kun stammen, ved å bruke stjerne etter ordstammen
3. Søket kan avgrenses ut fra årstall, type publikasjon, språk, forfatter, eller andre foretrukne innstilling.
4. Operatører i søkefeltet kan brukes til å kombinere fraser og ord på ulike måter.

Før litteratursøket startet ble det valgt ut 2 databaser å søke i, Web of science og Scopus. Et sett med søkestrenger ble planlagt på forhånd av søket. Identiske strenger ble brukt i begge søkemotorer. Ord som ble brukt til å kombinere søkestrenger er:

- Cost overrun
- Cost estimate
- Public
- Investment project
- Large

Resultatet fra søk ble lagret i lister. Etter at alle søk var unnagjort ble listene lastet ned i et regneark, først ble duplikater fjernet, så ble tittel og sammendrag lest for å undersøke om artikler handlet om kostnadsstyring eller kostnadsoverskridelser i store statlige/privat finansierte investeringsprosjekter innenfor infrastruktur, teknologi, eller militæret. Disse artiklene ble luket ut. Utvalget med artikler som var igjen ble så hentet ut i sin helhet. I tillegg har litteratur vært hentet fra diverse hjemmesider, spesielt hjemmeside til Conceptprogrammet.

### 2.2.3 Relabilitet

Relabiliteten til den innsamlede tallfestede dataen anses stort sett som god. Datagrunnlaget for studien er hentet fra Concepts database trailbase. Trailbase inneholder KS2-rapporter fra alle prosjekter som har vært innlemmet i statens prosjektmodell siden oppstart i 2000.

Data som gjelder etatenes og kvalitetssikrernes kostnadsestimater er hentet fra disse rapportene. Denne dataen er konsistent over tid, med mindre det gjennomføres ny KS2 av prosjekter. Data om vedtatte styringsrammer og sluttkostnad er hentet fra de ulike prosjektenes oversiktsside i trailbase. Tallgrunnlaget her stammer fra offentlige dokumenter, prosjektregnskap, sluttevalueringer og oversendelser direkte fra etat. Det skal være mulig å kvalitetssikre denne dataen gjennom ytterligere dokumentstudier eller gjennom kontakt med offentlige etater. Med unntak for et fåtall av prosjektene vil også denne dataen være konsistent over tid. I enkelte prosjekter kan imidlertid sluttkostnaden ha endret seg etter at studien ble gjennomført, da prosjektregnskapet kan oppdateres flere år etter ferdigstilling. Prisomregning av P50 estimater er gjort med samme praksis for alle prosjekter. Indekser som er brukt for prisomregning i oppgaven er tilgjengelig gjennom SSB. Ved bruk av samme indekser skal resultatene være mulig å reprodusere.

Relabiliteten til litteraturen i oppgaven vurderes som god. Litteraturen kommer fra bøker, artikler publisert i journaler, konferansepapirer og dokumenter publisert av etater og regjeringen. Dette er vurdert som pålitelige kilder, og det skal være mulig å ettergå kildene ved bruk av referanselisten i oppgaven.

#### 2.2.4 Validitet

Validiteten til dataen vurderes som god. Data stammer fra KS2 rapporter, stortingsmeldinger, prosjektregnskap, sluttevaluering av prosjekter og utførende etater. Indeksene som er brukt til prisjustering er med et unntak de samme som brukes til prisjustering i etatene. Dataen oppleves derfor relevant for problemstillingen. Formatet på dataen fra alle prosjektene er lik, det gjør at dataen er sammenlignbar og styrker validiteten. Sammenlikninger på tvers av prosjektporteføljer eller prosjekter er hovedsak gjort i relative tall for å kunne gjøre valide sammenlikninger.

En del av litteraturen er internasjonal, og det som gjøres i den norske prosjektmodellen samsvarer ikke med praksis for statlige investeringsprosjekter i mange andre land. Men denne litteraturen gir informasjon om hva som forsket på innenfor tema internasjonalt, og gir opphav til teori som er generisk for området.

### 2.2.5 Feilkilder

Datagrunnlaget for studien er hentet fra trailbase og omfatter KS2-rapporter og tilhørende oversiktsdata for 119 statlige investeringsprosjekter. Det er forutsatt at tallene som er funnet her er korrekte. De er ikke blitt kvalitetssikret gjennom ytterligere dokumentstudier eller kontakt med etater.

Oppgaven har kun en forfatter, derfor har innsamling av data vært gjennomført i 2 runder, for å kvalitetssikre datainnsamlingen. Dette utelukker ikke at det kan ha oppstått feil under innsamling og i etterarbeidet med dataen. Talldata er skrevet inn i regneark for videre behandling. Her kan forfatter ha gjort tastefeil.

.

Det er ingen garanti for at alle relevante kilder fra litteraturen er hentet inn. Kilder kan ha blitt vurdert som ikke relevante, eller rett og slett ikke funnet. Publikasjoner som viser en side av en sak kan være overrepresentert og dermed skape skjevhet i litteraturen som er presentert i studien. Det kan føre til en mindre objektiv fremstilling, der synspunkter eller resultater har uteblitt.

### 2.2.6 Referanser

For å håndtere referanser er programmet Mendeley reference manager tatt i bruk. Mendeley kan håndtere store referansebibliotek, litteraturlister kan lastes inn fra søkemotorer, og programmet kan brukes til å lese gjennom litteratur og legge inn notarer om kildene. Referansestil er apa 7 versjon. Kun referanser som er brukt i teksten er med i referanselisten.

## 2.3 Data

Datagrunnlaget for denne studien er hentet fra Concepts database trailbase og SSB. Trailbase inneholder blant annet KS2 rapporter fra alle prosjekter som har vært innlemmet under ordningen siden oppstart i 2000. Per 01.02.2022 har 239 prosjekter vært gjennom KS2. Hvert prosjekt har en oversiktsside hvor sentral informasjon som vedtatte styringsrammer, sluttkostnad og kroneverdi for tallmaterialet er fremstilt, samt hvordan materialet er hentet inn til databasen. Denne dataen stammer fra KS2-rapporter, stortingsmeldinger, sluttevalueringer, prosjektrengskap fra etater, innsamling av data fra tidligere studier, eller data oversendt direkte fra etatene. Data som er benyttet i studien er hentet ut fra KS2-rapporter, oversiktssider for prosjektene som er inkludert i trailbase og indekser fra statistisk

sentralbyrå. Av de 239 prosjektene som har vært gjennom KS2, er det funnet tilgjengelig data om P50 estimat fra etat i 119 av prosjektene, av disse har 64 prosjekter tilgjengelig sluttkostnad.

### 2.3.1 Innsamling av data

Problemstillingen i oppgaven omhandler P50 estimater fra etat og kvalitetssikrer, sluttkostnad i prosjekt, tidspunkt for gjennomføring av KS2. Kun data som er relevant for problemstillingen ble hentet ut fra trailbase:

- P50 estimat fra etat og kvalitetssikrer samt kroneverdi-år for de respektive estimatene
- Årstall for gjennomføring av KS2, og årstall for P50 estimatet til etat
- Offentlig etat og kvalitetssikrer for de ulike prosjektene
- Sluttkostnad i prosjektene
- Årstall for sluttkostnad

Det ble også satt noen kriterier for å utelukke prosjekter fra utvalget i studien:

- P50 estimat fra etat ikke fremstilt i KS2-rapport.
- Estimer gradert eller unntatt offentlig innsyn.
- Estimer ikke sammenlignbare - i noen tilfeller har prosjektenes omfang endret i slik grad at estimer ikke lenger er sammenlignbare.
- OPS prosjekter - offentlig privat samarbeid

KS2-rapporter merket som gradert, eller prosjekter merket som OPS prosjekter ble utelukket før gjennomlesing av rapport. Resterende KS2-rapporter fra prosjektene ble så lest gjennom for å undersøke om P50 estimat fra etat var beskrevet i rapporten, og om P50 estimat fra etat og kvalitetssikrer estimere tilsvarende prosjekter - det vil si at det ikke var gjort noen omfattende endringer i prosjektets omfang i perioden mellom etat gjorde sine kostnadsberegninger og kvalitetssikrer gjennomførte sin analyse.

KS2 -rapportene har tilnærmet lik oppbygning, og fremst er en superside, der tallfestet informasjon om rådgivers anbefalinger er fremstilt: Rådgivers anbefaling til kostnadsramme (P85), styringsramme (P50) og relativt standardavvik, og informasjon om år KS2 er gjennomført og kroneverdi-år for investeringskostnad. Under kapittelet i KS2 rapporten som omhandler usikkerhetsanalyse fremstilles resultatene fra analysen som er gjennomført av kvalitetssikrer. Estimer fra etats kostnadsanalyser følger ikke samme struktur i rapportene. Informasjon om estimer fra etat er funnet under delkapittel som verifiserer



kostnadsestimatene fra forprosjektet og delkapittelet som omhandler usikkerhetsanalysen av kostnad fra KS2. I noen tilfeller er det funnet sammen med vurdering av styringsgrunnlag for prosjekt.

Kvalitetssikrernes P50 estimat er hentet ut fra delkapittel som omhandler usikkerhetsanalyse av prosjektkostnaden for å sikre at estimatene som tas med oppgaven er P50 estimatet og ikke forventet kostnad.

I tillegg til data fra KS2 rapporter og trailbase er data fra tre av SSBs indekser hentet inn for å prisjustere kostnadstall slik at kostnadsnivå for hvert enkelt estimat i samme prosjekt er konsistent. Indeksene er SSB sin indeks for bygging av boligblokk (SBED indeksen), SSB sin indeks for veganlegg i alt. SSB sin konsumprisindeks. Data fra 2000 og frem til 2022 er hentet ut. I tilfeller der indeksene oppgir kvartalsvis eller månedlig endring, er indeksene omgjort til årlig endring ved bruk av aritmetisk gjennomsnitt. Årlig endring i indeksene som er brukt i oppgaven finnes i vedlegg 2.

### 2.3.2 Datagrunnlaget

Antall prosjekter med tilgjengelig P50 estimat for etat er fremstilt i tabell 1. De fordeler seg ulikt mellom etatene. SVV er representert med flest prosjekter, 68%.

Tabell 1: Antall prosjekter prosjekter med tilgjengelig P50 estimat fra statlig etat.

| Ansvarlig Etat      | Antall prosjekter | Andel prosjekter |
|---------------------|-------------------|------------------|
| Statens Vegvesen    | 81                | 68%              |
| Statsbygg           | 20                | 17%              |
| Forvaret            | 10                | 8%               |
| Jernbaneverket      | 4                 | 3%               |
| E-helsedirektoratet | 2                 | 2%               |
| Nav                 | 2                 | 2%               |
| Total               | 119               | 100%             |

Inndeling av prosjekter med tilgjengelig sluttkostnad etter ansvarlig etat vist i tabell 2. Statens veivesen står for 69% av prosjektene i utvalget (tabell 2)

Tabell 2: Antall prosjekter med tilgjengelig sluttkostnad.

| Ansvarlig Etat   | Antall prosjekter med tilgjengelig sluttkostnad | Andel prosjekter |
|------------------|---|------------------|
| Statens Vegvesen | 44  | 68,8%            |
| Statsbygg        | 13  | 20,2%            |
| Forvaret         | 3   | 4,7%             |
| Jernbaneverket   | 4   | 6,3%             |
| Total            | 64  | 100%             |

### 2.3.3 Behandling av data

Dataen som er hentet ut er lagret og kategorisert i et Excel-regneark. Prisjustering av P50 estimater og avviksberegninger er også gjort i et Excel-regneark. For å produsere grafiske fremstillinger av data og gjennomføre statistiske tester samt statistiske modeller på avviksdata, er programmeringsverktøyet R-studio tatt i bruk ved å lese inn den behandlede dataen fra Excel-ark.

### 2.3.4 Prisregulering av estimatene i studien

I denne oppgaven er kostnadsestimatene justert etter samme metode som Statens veivesen (se kapittel 4.5). For å sammenlikne kostnadsestimater for samme prosjekt, eller vurdere estimert kostnad mot sluttkostnad, er kostnadsestimatene for hvert enkelt prosjekt prisjustert til et felles referanseår. Referanseåret tar utgangspunkt i det seneste kostnadsestimat, eller sluttkostnad. For prosjekter som kun har gjennomført KS2, vil gjeldende kroneverdi-år for KS2 sitt estimat være referansepunkt. I prosjekter med slutført sluttkostnad vil kroneverdi-året for sluttkostnaden være referansepunkt. Prisjustering av rammer er gjort med bruk av følgende formel:

$$X_e = X_i \frac{I_e}{I_i} \quad (1)$$

Der  $X_e$  er kostnadsestimat prisjustert til referanseår,  $X_i$  opprinnelig kroneverdi for estimatet som prisjusteres,  $I_e$  er prisindeks fra referanseår og  $I_i$  er prisindeks fra estimatets opprinnelige kroneår.

### 2.3.5 Utregning av forskjeller mellom P50 etat og KS

For å analysere forskjellene mellom estimatene er det hovedsak brukt relative størrelser. Den relative forskjellen mellom P50 estimatet fra kvalitetssikrer og etat i et prosjekt er regnet ut på følgende måte:

$$Y_i = \left( \frac{X_{etat}}{X_{ks}} - 1 \right) \quad (2)$$

$Y_i$  er den relative forskjellen mellom etatens eget estimat og kvalitetssikrers estimat i prosjekt  $i$ .  $X_{ks}$  er kvalitetssikrers P50 estimat, og  $X_{etat}$  er etatens P50 estimat i prosjekt  $i$ . Dersom verdien er negativ vil det si at kvalitetssikrer har anslått et høyere kostnadsestimat enn etat.

Porteføljevise gjennomsnitt er regnet ut med følgende formel:

$$Z_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \quad (3)$$

Der  $Z_i$  angir gjennomsnittlig relativ forskjell mellom estimatene i prosjektporteføljen, og  $n$  er antallet prosjekter i porteføljen. Dersom  $Z_i$  har et negativt fortegn, er etatens kostnadsestimat i gjennomsnitt lavere enn kvalitetssikrernes estimater i prosjektporteføljen.

Negative og positive verdier for  $Y_i$  vil balansere hverandre i en portefølje med mange prosjekter. Den gjennomsnittlige relative forskjellen mellom estimatene i porteføljen vil dermed gi en indikasjon på om det finnes en skjevhet mellom estimatene. Størrelsen sier ikke noe om hvor store endringene mellom kvalitetssikrer og etat er. Ved å ta absoluttverdien av  $Y_i$  fra formel 2,

$$|Y_i| = \left| \left( \frac{X_{etat}}{X_{ks}} - 1 \right) \right| \quad (4)$$

og summere sammen disse for en prosjektportefølje:

$$|Z_i| = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i| \quad (5)$$

vil dette gi et bedre mål for hvor store de relative avvikene mellom kvalitetssikrernes og etatenes estimater er i en portefølje.

Videre i oppgaven vil relative forskjeller som er beregnet ved bruk av formel 2 og formel 3 bli omtalt som relativ skjevhet, og relative forskjeller som er beregnet ved bruk av formel 4 og formel 5 omtales som relativt avvik.

### 2.3.6 Utregning forskjell mellom sluttkostnad og P50

Forskjell mellom P50 og sluttkostnad som er beregnet ved bruk av absoluttverdien av differansen mellom sluttkostnad og P50 estimat vil heretter benevnes som estimatavvik. For å evaluere estimatavvik brukes det et sett med tapsfunksjoner, disse er fremstilt i tabell 3.

Tabell 3: evalueringsfunksjoner for estimatavvik.

|                                       | Målestørrelse estimeringsavvik  |
|---------------------------------------|---|
| Gjennomsnittlig estimatavvik          | $\frac{1}{n} \sum  sluttkostnad - P50\ estimat $  |
| Gjennomsnittlig relativt estimatavvik | $\frac{1}{n} \sum \frac{ sluttkostnad - P50\ estimat }{P50\ estimat}$   |
| Median estimatavvik                   | $md( sluttkostnad - P50\ estimat )$   |
| Median relativt estimatavvik          | $md\left(\frac{ sluttkostnad - P50\ estimat }{P50\ estimat}\right)$   |
| Andel unøyaktige estimater            | $\frac{1}{N} \sum \begin{cases} 1, & \text{Hvis } \frac{ sluttkostnad - P50\ estimat }{P50\ estimat} \geq c \\ 0, & \text{Ellers} \end{cases}$<br>Der c er en konstant større enn 0 |

Forskjell fra sluttkostnad beregnet uten å ta absoluttverdi av differanse mellom sluttkostnad og P50 estimatet vil benevnes som estimatskjevhet, og vurderes ut fra et sett med evalueringsfunksjoner, disse er fremstilt i tabell 4.

Tabell 4: Evalueringsfunksjoner for estimeringsskjevhet.

|   | Målestørrelse estimeringsskjevhet                                     |
|---|---|
| Gjennomsnittlig estimatskjevhet         | $\frac{1}{n} \sum (sluttkostnad - P50\ estimat)$                      |
| Gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet | $\frac{1}{n} \sum \frac{(sluttkostnad - P50\ estimat)}{P50\ estimat}$ |
| Median estimatskjevhet                  | $md(sluttkostnad - P50\ estimat)$                                     |
| Median relativ estimatskjevhet          | $md\left(\frac{sluttkostnad - P50\ estimat}{P50\ estimat}\right)$     |
| Summert estimeringsskjevhet             | $\sum Sluttkostnad - \sum Estimat$                                    |

Estimatavvik er et mål på størrelsen på avviket mellom estimatet og sluttkostnaden. For å gi en korrekt tolkning av resultatene burde det være et samsvar mellom hvilke tapsfunksjon som brukes og hvilket estimat som evalueres. En evalueringsfunksjon måler skjevhet i estimatene, det vil si hvor nærme estimatet kommer sluttkostnad, og om det er en tendens til å overestimere eller underestimere kostnaden. Også her bør valget på evalueringsfunksjon som brukes tas ut fra hvilke estimater som evalueres (Welde et al., 2019).

Denne oppgaven vil ikke gå dypere inn i problemstillingen rundt bruk av taps og evalueringsfunksjoner for evaluering av punktestimater. Noen av funksjonene er valgt for å kunne sammenlikne med tidligere studier, mens andre er valgt på bakgrunn av samsvar mellom funksjon og estimat. For nærmere beskrivelse av problemstillingen henviser leseren til Jorgensen et al. (2021).

### 2.3.7 Analyse av data

For å analysere forskjellen mellom P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer og forskjellen mellom P50 estimatene og sluttkostnad er det brukt en kombinasjon av grafisk fremstilling og statistiske metoder. I tillegg er det brukt et sett med evaluering og tapsfunksjoner for å vurdere estimeringsskjevhet og estimeringsavvik mellom P50 estimatene og sluttkostnad.

De grafiske fremstillingene er brukt for å visualisere trender og å vurdere om dataen møter antakelsene for de statistiske metodene som er brukt. De statistiske metodene er tatt i bruk for teste om trender i dataen er statistisk signifikante, og om forskjeller mellom prosjektporteføljer er statistisk signifikante.

Regresjonsmodeller brukes for å undersøke sammenhengen mellom variabler. Enkel lineær regresjonen brukes for å studere det lineære forholdet mellom en responsvariabel og en forklaringsvariabel. Enkel lineær regresjon med minste kvadraters metode modellerer en rett linje gjennom datapunktene som er sortert etter forklaringsvariabelen. Regresjonslinjen modelleres slik at summen av de kvadrerte avvikene mellom hvert datapunkt og regresjonslinjen minimeres. Analysen gir opphav til to koeffisienter som beskriver regresjonslinjen, en av disse er stigningstallet til regresjonslinjen. Dersom det estimerte stigningstallet er forskjellig fra null har forklaringsvariabelen en effekt på responsvariabelen. En regresjonsmodell skal også tolkes ut fra hvor mye av den totale variasjonen i responsvariabelen som forklares av regresjonsmodellen. Også kalt føyningsmålet i modellen og noteres  $R^2$ . Dersom modellen forklarer mye av variasjon i responsvariabelen har man en god modell. Regresjonsmodeller gjør det også enkelt å teste hypoteser. Sammenheng mellom responsvariabel og forklaringsvariabel kan undersøkes ved en t-test av stigningstallet for regresjonslinjen (Løvås, 2004).

For å undersøke om de relative forskjellene i porteføljer er ulike er det tatt i bruk t-tester. Generelt kan en si at testene baserer seg på et forholdstall som regnes ut ved å dele differansen mellom de to gruppegjennomsnittene på variasjonen i gruppene. Dette forholdstallet gir en test-score som brukes for å finne en tilhørende p-verdi, som gir sannsynligheten for å observere forholdstallet dersom nullhypotesen om ingen forskjell mellom gjennomsnittet er korrekt (Løvås, 2004).

Sammenligninger av porteføljevise relative forskjeller mellom mer enn to porteføljer er gjort med enveis variansanalyse (one-way ANOVA). Variansanalyse er en generalisering av en t-test med to utvalg. Når dataen deles inn i porteføljer kan den totale variasjonen i hele datautvalget ( $SS_T$ ) deles inn i variasjonen innad i porteføljene ( $SS_G$ ) og variasjonen mellom porteføljene:

$$SS_T = SS_G + SS_E.$$

Utgangshypotesen for analyser er at alle gruppene har det samme gjennomsnittet. For å teste om dette stemmer regnes det ut en testscore ved å dele variasjonen innad i gruppene ( $SS_G$ ) på variasjon mellom gruppene ( $SS_E$ ) (Løvås, 2004).

I tilfeller der data ikke er normalfordelt er det benyttet ikke parametriske tester for å undersøke forskjeller mellom prosjektporteføljer Mann-Whitney-Wilcoxon test tar

utgangspunkt i at dataen fra de to gruppene som undersøkes følger en identisk fordeling som ikke er forskjøvet relativt til hverandre, dersom det er signifikant forskjell i median mellom gruppene vil fordelingene være forskjøvet og en vil observere flere høye verdier enn den ene gruppen (Løvås, 2004).

Kruskal Wallis er en ikke parametriske test som brukes for å sammenlikne medianer mellom et antall grupper som er større enn to. Det er en generalisering av Mann-Whitney-Wilcoxon test. Nullhypotesen er like medianer, hvis det er grunnlag for å forkaste nullhypotesen kan en forvente å observere større verdier i minst en av gruppene sammenliknet med resten av gruppene, da dette indikerer at fordelingen i en av gruppene som undersøkes er forskjøvet i forhold til de andre (Løvås, 2004).

#### 2.3.8 Antakelser for statistiske tester

For å undersøke om data følger antakelser for statistiske metoder er det gjennomført en analyse for å finne ut hvilken type statistisk fordeling data følger. Dette er gjort ved samme fremgangsmåte for relative forskjeller mellom P50 estimater fra etat og kvalitetssikrer, relative forskjeller mellom P50 estimater og sluttkostnad. Histogrammer, Cullen og Frey graf, residualplott er brukt for visuell inspeksjon. En Shapiro-Wilks test er brukt for å bekrefte eller avkreft antakelse om data er normalfordelt. Relativ skjevhet mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimat, relativ estimatskjevhet etat og relativ estimatskjevhet kvalitetssikrer antas å følge en normalfordeling. Grafisk analyse og resultat fra Shapiro-Wilks test er fremstilt i vedlegg 1.

#### 2.3.9 utfordringer data

Rammeavtalen for KS2 stiller krav at det skal foreligge et kostnadsestimat for basiskostnaden (grunnkalkyle + uspesifisert) før KS2. kvalitetssikrer skal utarbeide et uavhengig estimat, hvor P50 er veiledende for hvordan styringsramme settes i prosjektet. Kravene til kostnadsestimering i forprosjektet settes av fagdepartementet for etat. Dermed er det ikke sikkert at det foreligger et P50 estimat i forkant av KS2. Selv om KS2-rapporten ikke fremstiller informasjon om P50 estimert av etat, betyr ikke det at P50 fra etat ikke finnes, men KS2 rådgiver kan ha valgt å utelate den informasjon i rapporten, og heller referert til basiskostnad. Dette kan føre til at prosjekter som mulig kunne vært med i studien er utelatt på grunn av manglende dokumentasjon i KS2-rapport.

Sluttkostnad er hentet fra trailbase sin database, der data stammer fra sluttevalueringer, oversendt informasjon fra etater, sluttregnskap, eller fra tidligere studier hvor data er hentet inn og lagt inn i trailbase. Sluttregnskapet kan endre seg år etter første slutføring av kostnaden. Det er gjort en antakelse om at data som er lagt inn i trailbase ikke er utsatt for eventuelle feil.

Sluttkostnader fra trailbase er enten oppført som prisjustert etter nåverdi, sum av nominelle utbetalinger, eller mangler beskrivelse av prisregulering for sluttkostnaden. For å sammenlikne kostnadsestimater er all data prisjustert på samme måte, uten å hensynta forskjellig praksis mellom etatene estimatene stammer fra. Dette er en forenkling av virkeligheten, da en prisregulering som stemmer overens med metoden som benyttes i den enkelte etat er krevende og avhenger av fullstendig prosjektregnskap.

Disse utfordringene er ikke vurdert til å påvirke validiteten eller relabiliteten til datagrunnlaget i oppgaven.



### 3. Litteraturstudium

I dette kapitlet oppsummeres funn fra litteraturstudiet som er gjennomført i oppgaven.

Prosjektsuksess er et flerdimensjonalt begrep. For å vurdere om et prosjekt er vellykket kan en skille mellom tre kategorier for vellykkethet. Kategoriene er knyttet opp mot kategorier for måloppnåelse i et prosjekt, og er som følger (Samset & Holst Volden, 2013).

1. Operasjonell vellykkethet (resultatmål). Gjennomføres prosjektet ut fra avtalte rammer, i henhold til tid og kostnad
2. Taktisk vellykkethet (effekt mål). I hvilken grad leverer prosjektet den estimerte nytten til brukerne.
3. strategisk vellykkethet (samfunns mål). Hvordan bidrar prosjektet til samfunnets utvikling, og skaper nytte for samfunnet.

Operasjonell vellykkethet er lettest å kvantifisere, og dermed lettere å måle etter endt prosjekt. Når tidspunkt for ferdigstilles er bekreftet og prosjektrengskapet er fullført, kan måloppnåelse vurderes opp mot planlagte rammer. De andre gradene av vellykkethet kan først måles senere, det vil si når effekten av prosjektene har fått virke mot målgruppen sin. (Samset & Holst Volden, 2013). At operasjonelle vellykketheten er lettere å måle, gjenspeiles i litteraturen, der forskning på tid og kostnadskontroll i prosjekter er godt dokumentert (Zhang et al., 2020).

Ser en bort fra medias omtale av kostnadsoverskridelser i offentlige investeringsprosjekter, så kommer studier av kostnadsstyring i investeringsprosjekter i hovedsak fra to fløyer, akademia og uavhengige statlige kontrollorganer (Siemiatycki, 2009).

Kostnadsoverskridelser i offentlige investeringsprosjekter er ikke et nytt fenomen. En studie av om lag 4000 internasjonale prosjekter gjennomført mellom 1960-1970 viste at kostnadsoverskridelser i offentlig prosjekter lå i intervallet 40%-200% (Morris & Hough, 1987). I 2002 publiserte Flyvbjerg et al. (2002) en studie som tok for seg kostnadsutviklingen i 258 infrastruktur prosjekter i transportsektor i 20 land mellom 1910 og 1998. Resultatene viste at 9 av 10 prosjekter var underestimerte. Den gjennomsnittlige kostnadsoverskridelsen var på 28%, målt opp mot budsjettert kostnad ved beslutningstidspunkt for gjennomføring av prosjektene. Artikkelen satte lys på problemene med store kostnadsoverskridelser i investeringsprosjekter innenfor offentlig transportinfrastruktur. Dette er en problemstilling

som har blitt gjennomgått grundig i litteraturen de senere årene, ikke bare innenfor transportinfrastruktursektoren (tabell 5) Tabellen viser nasjonale og internasjonale studier på kostnadsoverskridelser med antall prosjekt, sektor prosjektene tilhører og den gjennomsnittlige kostnadsoverskridelsen for prosjektene i studiene.

Tabell 5: Studier på kostnadsskontroll i offentlig og privat finansierte investeringsprosjekter.

| Kilde                                 | Antall prosjekter | Geografisk område | Sektor                 | Avvik sluttkostnad |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------------|--------------------|
| (Morris & Hough, 1987)                | 4000              | Hele verden       | Offentlig sektor       | 40-200%            |
| (Flyvbjerg et al., 2002)              | 258               | Verden            | Transportinfrastruktur | 27,6%              |
| (Odeck, 2004)                         | 620               | Norge             | Infrastruktur veg      | 8%                 |
| (Cantarelli, van Wee, et al., 2012)   | 72                | Nederland         | Transportinfrastruktur | 16,5%              |
| (Ansar et al., 2014)                  | 245               | Verden            | Hydroenergi            | 96%                |
| (Sovacool et al., 2014)               | 401               | Verden            | Energi                 | 1-117%             |
| (Roberts et al., 2016)                | 516               | USA               | Forvar                 | 55%                |
| (Senouci et al., 2016)                | 112               | Qatar             | Transportinfrastruktur | 54%                |
| (Terrill, 2016)                       | 836               | Australia         | Transportinfrastruktur | 24%                |
| (Love et al., 2017)                   | 16                | Australia         | Jernbane               | 23%                |
| (Lorentzen et al., 2017)              | 158               | Norge             | Oljeutvinning          | 36%                |
| (Miranda Sarmiento & Renneboog, 2017) | 234               | Portugal          | Offentlige sektor      | 24%                |
| (Welde & Odeck, 2017)                 | 81                | Norge             | Offentlige sektor      | 53%                |
| (Callegari et al., 2018)              | 10                | Brasil            | Energi                 | 98%                |
| (Gao & Touran, 2020)                  | 81, 71            | USA               | Jernbane               | 6%, 31%            |
| (Plummer Braeckman et al., 2020)      | 184               | Hele verden       | Hydroenergi            | 43%                |
| (Zhang et al., 2020)                  | 39, 27            | Canada            | Infrastruktur veg      | 29%, 1%            |

Det er ikke bare størrelsen på avvik mellom estimert kostnad og sluttkostnad som er undersøkt i litteraturen. Det er også studert forskjellige faktorer som kan påvirke størrelsen på avvikene. Tid er en slik faktor. Lengden på hele prosjektfasen og lengden på byggefase er korrelert med økende overskridelse i kostnad (Catalão et al., 2021). Lengre prosjekter har større overskridelser (Flyvbjerg et al., 2004). Men det er nødvendigvis ikke slik at overskridelsene akkumuleres gradvis over tid. Størrelse på overskridelser av kostnad avhenger ikke alltid av fullføringsgrad (Saidu & Shakantu, 2017). Studier på kostnadskontroll i infrastruktur innenfor transportsektor har vist at annonsering av kostnadsestimater i tidlig fase, og vedtak om utbygging av prosjekter lenge før prosjektets byggefase starter, øker størrelse på kostnadsoverskridelsene. En av årsakene til prematur annonsering av prosjekter

kan være politisk vinning (Miranda Sarmiento & Renneboog, 2017; Terrill, 2016). Politisk vinning kan føre til at vedtak om gjennomføring av prosjekter skjer før en rigorøs gjennomgang av prosjektene er gjort. Særlig står store prosjekter som forbindes med prestisje og teknologisk utvikling i fare for å realiseres før styringsgrunnlaget har gjennomgått grundig kvalitetssikring. Innenfor energiutbygning har flere prosjekter der politisk vinning er større enn økonomisk gevinst blitt realisert (Sovacool et al., 2014).

Hvilket estimat man sammenligner sluttkostnaden med er avgjørende for størrelsen på avviket. Det er en vesentlig forskjell i størrelsen på overskridelser når man differensierer mellom hvilket kostnadsestimat det er tatt utgangspunkt i. Tidlige estimater vil ta med kostnadsøkning i tidlig fase i beregningen, mens estimater rett før byggestart vil kun vurdere overskridelser i byggefase. Kostnadsøkningen i investeringsprosjekter er størst i tidlige faser av prosjektet (Flyvbjerg et al., 2018; Jordal, 2019; Terrill, 2016; Welde et al., 2014).

Læringseffekter er også studert i litteraturen. Innenfor oljeutvinningsprosjekter på norsk sokkel fant Lorentzen et al. (2017) en positiv trend i kostnadsoverskridelsene på norsk sokkel mellom 1970 frem til 2013. I gjennomsnitt var overskridelsene 36% for hele perioden, mens de siste 10 årene før 2013 lå gjennomsnittet på 25%. Innenfor energisektoren har solenergi prosjekter og utbygging av overføringsnettverk synkende avvik frem mot nyere tid, mens atomkraftverk øker kostnadsoverskridelsene i nyere prosjekter (Sovacool et al., 2014).

Kostnadsoverskridelser i offentlig investeringsprosjekter har ført til nye regimer for prosjektgjennomføring, prosjektmodeller og kvalitetssikring. I Norge har innføringen av ekstern kvalitetssikring for offentlige investeringsprosjekter gjennom statens prosjektmodell, ført til reduisering av kostnadsoverskridelser (Odeck et al., 2015). Statlige reformer innenfor transportsektoren, der markedet har gått fra monopol hos statlige selskap til fri konkurranse innenfor utbygging av veiprojekter, har ført til reduserte kostnader for veiutbygging (Odeck, 2014). Etter innføring av et nytt regime for risikovurdering av jernbaneprojekter i USA i 2003, har overskridelsene blitt mindre, selv om forskjellen ikke er statistisk signifikant (Gao & Touran, 2020). I Canada gjør prosjekter som er utført i samarbeid mellom stat og private aktører det bedre enn prosjekter som gjennomføres med «standard» prosjektmodell ved bruk av statlige selskaper (Zhang et al., 2020).

Størrelse på prosjekt er en variabel som er omdiskutert. Innenfor utviklingsprogrammer i militæret i USA har store komplekse prosjekter større overskridelser (Roberts et al., 2016). Innenfor energiutbygging har megaprojekter, med størrelse over en milliard dollar, større overskridelser, men størrelse er ikke en statistisk signakant forklaringsvariabel for kostnadsoverskridelser (Plummer Braeckman et al., 2020). For offentlige investeringsprosjekter i Norge finner Berg et al. (2022) ingen sammenheng mellom størrelse på investeringsprosjekter og størrelse på kostnadsoverskridelser.

Det finnes ingen universelt akseptert teori som forklarer hvorfor prosjekter har kostnadsoverskridelser. I senere tid har det oppstått uenighet om hva som er rotårsakene til kostnadsoverskridelsene i investeringsprosjekter. På den ene siden av uenigheten ser man på forandring i prosjektets omfang og definerte rammer mellom prosjektets oppstartsfasen og fullføring som hovedårsaken til overskridelsene (Ahiaga-Dagbui & Smith, 2014; Love et al., 2016; Love & Ahiaga-Dagbui, 2018). Mens den andre siden hevder at kostnadsoverskridelser stammer fra mangelfull planlegging, overoptimisme i henhold til kostnadskostnadsestimering, planlagt underestimert for å få finansiert oppstart av prosjekter samt politiske motiver for å vedta prosjekter der kostnad er underestimert og nytte er overestimert (Cantarelli, Flyvbjerg, et al., 2012; Flyvbjerg et al., 2004, 2018).

Årsaker til hvorfor prosjekter overskrider budsjettet kostnader kan være sammensatt av flere faktorer. Cantarelli et al. (2010) har beskrevet fire årsaker til kostnadsoverskridelser med tilhørende faktorer som hører inn under disse årsakene:

1. Tekniske årsaker.

Tekniske årsaker stammer fra feil i prognoser for prisen på innsatsfaktorer, manglende erfaring i prosjektgruppen som fører til dårlige valg av konseptdesign og gjennomføring og uferdige estimater for kostnad og fremdrift som kan tyde på mangel på informasjon/data og kompetanse. I tillegg er forandring i omfang på prosjektene, utilstrekkelige planleggingsprosesser, metoder for å håndtere risiko og beslutningsmodeller tekniske årsaker til at kostnad overskrider prosjektenes kostnadsanslag. De tekniske årsakene har egenskaper som relateres til utfordringer med å tilpasse seg hendelser som kan føre til utfordringer under realisering av prosjekter. Hvis tekniske årsaker er rotårsaken til overskridelser burde

kostnadsoverskridelse bli mindre over tid. Det vil si at man utvikler kunnskap som fører til bedre resultater etter hvert som man lærer av sine feil.

## 2. Økonomiske årsaker.

Mangel på resurser kan føre til hard konkurranse blant investeringsprosjekter. Det kan igjen føre til underestimering for å få gjennomslag for et prosjekt. Denne typen underestimering skal øke sjansen for å få finansiering til prosjekter. Lave anslag for kostnad gjør prosjekter mer attraktive å investere i; man får realisert mer for investeringen.

## 3. Psykologiske årsaker.

Disse årsakene dreier seg om feilslutninger og om overoptimisme i forhold til fremtidige utfall. De handler om kognitive skjevheter og menneskers holdning til usikkerhet under en beslutningsprosess. Mennesker har en tendens til å isolere hendelser og dermed underestimere negative utfall. Dette fører til lavere estimater for kostnader. Det er forventet å se bedring over tid for kostnadsoverskridelser dersom de psykologiske årsakene er hovedgrunnen til at kostnadsoverskridelser oppstår.

## 4. Politiske Årsaker

Politisk vinning kan være en årsak til å igangsette prosjekter. Dersom gjennomføring av statlige investeringsprosjekter medfører politisk oppslutning, kan underestimering av prosjekter være et virkemiddel for og oppnå finansiering og beslutningsvedtak om gjennomføring av et prosjekt.

Ifølge Flyvbjerg et al. (2018) er det de psykologiske og politiske årsakene som rotårsaken til kostnadsoverskridelser i investeringsprosjekter.

Hvilket datagrunnlag som brukes for å studere kostnadsstyring er utslagsgivende for størrelse på overskridelse. Skal man sammenligne overskridelser mellom publikasjoner er det essensielt at estimert kostnad representerer den samme kostnaden i studiene. En utfordring med å vurdere størrelsen på overskridelser av estimert kostnad er referansepunktet for estimert kostnad. Fra idefasen i et prosjekt og frem til beslutning om bygging, og også i selve

gjennomføringsfasen, gjøres det flere kostnadsanalyser. Den mest utbredte metoden er å sammenligne sluttkostnad med estimatet som var gjeldende da beslutning om gjennomføring ble tatt. En annen metode er å sammenlikne første kjente kostnadsestimat for prosjektet med sluttkostnad (Cantarelli, Flyvbjerg, et al., 2012b). Praksis for prisjustering av estimater vil også føre til forskjellige resultater, en kan ikke sammenlikne studier der inkonsistente metoder for prisjustering av opprinnelige kostnadsestimater etter inflasjon eller valuta er brukt i studiene (Berg et al., 2022; Odeck, 2019).

I regi av Forskningsprogrammet Concept er det gjennomført en rekke studier på kostnadsstyring i store statlige investeringsprosjekter i Norge. Av de 40 første prosjektene med tilgjengelig sluttkostnad som har vært gjennom statens prosjektmodell, var andelen prosjekter som ble gjennomført med sluttkostnad under vedtatt styringsramme 45%. Mens 19 av prosjektene ble gjennomført med en sluttkostnad lavere enn P50 estimat fra kvalitetssikrer i KS2 (Aas, 2013). I en oppdatert studie med 51 prosjekter havnet sluttkostnaden under styringsramme i 45% av prosjektene. I gjennomsnitt var prosjektenes sluttkostnad 6% høyere enn vedtatt styringsramme for prosjektene (Welde, 2014a). Historisk har norske offentlige investeringsprosjekter små kostnadsoverskridelser i byggefase sammenliknet med tilstanden internasjonalt. I Conceptrapport 59 studeres kostnadskontroll i offentlige prosjekter som har vært gjennom statens prosjektmodell. Studien ble publisert i 2019 med 78 prosjekter i utvalget. 52,5% av prosjektene i studien ble gjennomført med sluttkostnad under styringsramme og en gjennomsnittlig kostnadsoverskridelse av styringsrammene på 2,3 prosent (Welde et al., 2019).

Av publikasjoner som studerer avvik i kostnadsestimering mellom offentlig etat og kvalitetssikrer i KS2 er det identifisert 3 studier. I Concept rapport nr.15 gjorde Torp et al. (2006) en sammenligning av etatenes kostnadsanslag for prosjektene før KS2, med kostnadsanslagene som kvalitetssikrer anbefaler. Studien viser at kvalitetssikrer i gjennomsnitt gir høyere kostnadsanslag enn etat. Forskjellen var på 6%. På oppdrag fra samferdselsdepartementet utredet Deloitte (u.å.) kriterier for unnløstelse av veiprojekter til KS2 hvis prosjekter vurderes som lavrisikoprojekter. I rapporten ble kvalitetssikrer og etats forslag til styringsrammer målt mot sluttkostnad i 24 slutførte prosjekter. Kvalitetssikrer ga i gjennomsnitt høyere kostnadsanslag enn etat, og for kvalitetssikrer var avviket mellom sluttkostnad og anbefalt styringsramme på 2,4%, mens det for Statens veivesen var på 4% (Deloitte, u.å.). Welde (2014c) gjorde en oppfølgingsstudie av Torp et al. (2006). hvor

antallet prosjekter med tilgjengelige data fra estimeringsprosessen i etat hadde økt til 71 prosjekter. Studien viser en nedgang i forskjellen mellom kostnadsanslagene fra etat og kvalitetssikrer. Forskjellen mellom og etat kvalitetssikrers P50 estimater ble målt til -1,6%, der kvalitetssikrer anbefaler romsligere P50 estimater enn etat (Welde, 2014c).

## 4. Teori

Teorikapittelet gir først en innføring i statens prosjektmodell og innholdet i KS2. Deretter gis en introduksjon til kostnadsestimering under usikkerhet og kostnadsestimeringsskikk i de fire etatene som har hatt flest prosjekter opp til vurdering i KS2, samt prisregulering av investeringsrammer.

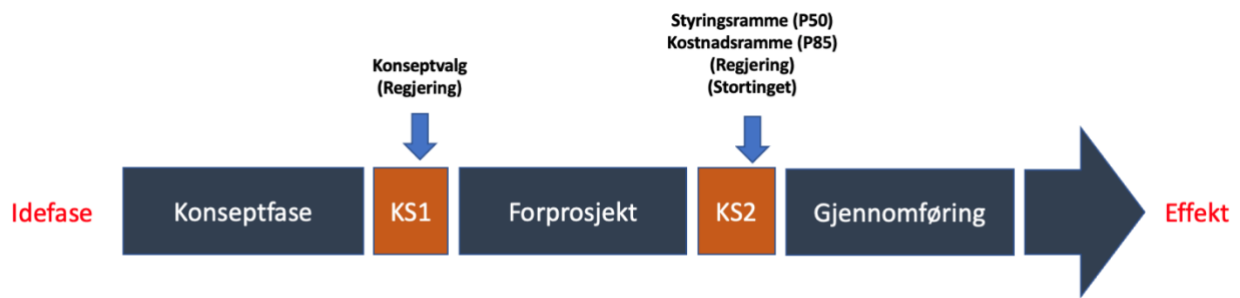
### 4.1 Statens Prosjektmodell

Etter en rekke dårlige erfaringer med offentlig finansiert investeringsprosjekter vedtok regjeringen i 1997 å gjennomføre en studie av elleve slutførte statlige investeringsprosjekter. Studien skulle kartlegge systemene som lå til grunn for realisering av statsfinansierte investeringsprosjekter. Resultat av studien viste at offentlige investeringsprosjekter ble levert med overskridelse av estimert fullføringstid og kostnad. I tillegg leverte ikke prosjektene den samfunnsnyttens som ble forespeilet da beslutning om å gjennomføre prosjektene ble fattet. De elleve prosjektene som ble studert viste betydelige mangler i en rekke prosedyrer for sentrale faser av prosjektene. Det var ikke bare landbaserte prosjekter som slet med å levere til estimert kostnad. En utredning av tilstanden på norsk sokkel publisert i 1999, viste store kostnadsoverskridelser (NOU 1991: 11). Tilstanden ble ansett som uakseptabel. For å motvirke denne utviklingen ble det besluttet at statlige investeringer over en gitt størrelse skulle gjennomgå kvalitetssikring av eksterne aktører. Finansdepartementet fikk oppdraget med å operasjonalisere det som i dag er kjent som KS ordningen, eller statens prosjektmodell (Forskningsprogrammet Concept, n.d.; Samset & Holst Volden, 2013).

En prosjektmodell er et standardisert oppsett av fasene et prosjekt går igjennom fra ideen om prosjektet oppstår til gevinsten ved å gjennomføre prosjektet er realisert. En grov inndeling av livssyklusen til et prosjekt er tidligfase, gjennomføringsfase og gevinstrealiseringsfase. Hver av disse delene kan være delt inn i mindre faser, som har tilhørende beslutningspunkter. Disse fungerer som milepæler. Ved milepælene gjøres det en vurdering om prosjektet kan tas videre til neste del (Samset & Holst Volden, 2013).

Det som skiller seg ut med statens prosjektmodell er kravet til ekstern kvalitetssikring av beslutningsunderlaget fra konseptfase og forprosjekt. Ved å stille krav til metode og kvalitet for beslutningsunderlaget er hensikten å velge riktige konsepter med realistiske planer for gjennomføring og kostnad. En grafisk fremstilling av statens prosjektmodell er vist i figur 1.





Figur 1: statens prosjektmodell (Finansdepartementet, 2019b).

Første kontrollpunkt er etter endt forstudie. En ekstern rådgiver skal vurdere valg av konseptuell løsning for å sikre taktisk og strategisk vellykkethet for prosjektet. Etter endt forprosjekt skal styringsgrunnlaget kvalitetssikres for å sikre operasjonell vellykkethet. Styringsgrunnlaget som er utarbeidet under forprosjektet kvalitetssikres av eksterne rådgivere. (Forskningsprogrammet Concept, n.d.; Samset & Holst Volden, 2013). Kravene til dokumentasjonen som skal foreligge før kvalitetssikringen kan gjennomføres, samt krav til gjennomføringsmetode og dokumentasjon fra kvalitetssikringsprosessen settes av rammeavtalen for statens prosjektmodell. Rammeavtalen inngås mellom finansdepartementet og eksterne konsultentselskap og har en varighet på to år av gangen (Finansdepartementet, 2019a; Forskningsprogrammet Concept, u.d.).

Nåværende utgave av Statens prosjektmodell gjelder for alle statlige investeringer med forventet kostnad over 1000 mnok, men det finnes noen unntak. Investeringer i digitaliseringsprosjekter har en terskelverdi på 300 mnok. Investeringer innenfor olje og gassvirksomhet på norsk sokkel, statlig eide aksjeselskap og foretak som forvalter sine egne investeringer er unntatt ordningen. Per i dag er det 7 selskaper som har inngått avtale med finansdepartementet om kvalitetssikring av prosjektene som inneslutes av ordningen. Avtaler er på to år og kan fornyes ved slutten av (Finansdepartementet, 2019b)

## 4.2 KS2

KS2 skal gjennomføres før det fattes vedtak om bevilgning til prosjektet i stortinget.

Kontrollpunktet skal vurdere styringsgrunnlaget for prosjektet, og gi en egen anbefaling til rammebetingelser for gjennomføring av prosjektet. I tillegg skal utfordringer ved styring av prosjekt i gjennomføringsfasen utredes. Målet er at prosjektet som er oppe til vurdering skal kunne gjennomføres etter beste praksis med hensyn på kostnadseffektivitet (Finansdepartementet, 2019b).

Før et prosjekt kan meldes opp til KS2 skal det vært ført frem til fullført forprosjekt. Under forprosjektet skal det utarbeides et beslutningsgrunnlag som er tilstrekkelig for å vurdere usikkerhet i prosjektet og anbefale økonomiske rammebetingelser som brukes til styring av prosjektet. Et sentralt styringsdokument skal være utarbeidet og skal inneholde beskrivelse av:

- Overordnede rammer
- Prosjektstrategi
- Prosjektstyringsbasis.

KS2 rådgiver skal foreta en usikkerhetsanalyse av investeringskostnaden. Analysen gir grunnlag for å anbefale kostnads og styringsramme. Kostnadsrammen er den øvre grensen for finansiering til prosjektet, og kostnadsnivået som anbefales til stortingsvedtak. Standard for kostnadsrammer er P85 minus kuttliste. Styringsrammen er kostnadsnivået som utførende etat disponerer. Den settes normalt til P50, med mindre spesielle forhold tilsier at det er hensiktsmessig å fravike hovedregelen. Etter fullført KS2 overbringes KS2 rapport med forslag til styringsgrunnlag til regjering, som legger dette frem for stortinget (Finansdepartementet, 2019b).

Rammebetingelser for forprosjektet settes av ansvarlig fagdepartement. Det er fagdepartementet som avgjør om dokumentasjonen som skal foreligge før KS2 er av tilstrekkelig kvalitet og omfang. Det absolutte kravet om grunnkalkyle + uspesifisert kommer fra finansdepartementet (Finansdepartementet, 2019).

### 4.3 Kostnadsestimering under usikkerhet

I dette delkapitlet redegjøres det for sentrale begreper innenfor kostnadsestimering under usikkerhet. Først beskrives usikkerhet, og settes i kontekst av et prosjekt. Så gis en kort innføring i usikkerhetsanalyse, før prosessen med kostnadsestimering under usikkerhet beskrives. Til slutt gis en forklarlig av kostnadsestimatet som ligger til grunn for å fatte bevilgningsvedtak for store offentlige investeringsprosjekter.

#### 4.3.1 Usikkerhet

I dagligtalen brukes ordene usikkerhet og risiko om hverandre, men betydningen av disse begrepene er den samme. En måte å forklare usikkerhet på er mangel på viten. Det kan også beskrives som forskjellen på den informasjonen man er avhengig av for å ta en sikker beslutning og den informasjonen som er tilgjengelig på beslutningstidspunktet. I prosjekter manifesterer dette seg som mangel på viten om forhold som ligger frem i tid. Siden det er umulig å vite eksakt hva som vil skje, eller hvilke hendelser som kan inntreffe er det viktig å behandle usikkerheten i et investeringsprosjekt slik at man kan nyttiggjøre seg av den, istedenfor å la den påvirke prosjekter negativt. I et prosjekt vil det være usikkerhet forbundet med estimerte kostnader, tidsplaner, hendelser utenfor og innenfor prosjektets domene, kompetanse, teknologi, kvalitet og markedsforhold. Usikkerheten er knyttet sammen med hvilke krav det er satt til måloppnåelse for prosjektet, og vil øke når omfanget og kompleksitet i prosjekt blir større (Drevland, 2013; Husby et al., 1999).

#### 4.3.2 Usikkerhetsanalyse

Usikkerhetsanalyse er en fremgangsmåte for å kartlegge, beskrive og estimere usikkerhet. Tar man utgangspunkt i denne beskrivelsen av usikkerhetsanalyse kan man skille mellom analysen av usikkerhetsbildet i et prosjekt og analyse av tiltak og oppfølging av usikkerhet i prosjektet. Bakgrunnen for å gjennomføre en usikkerhetsanalyse stammer fra tre formål (Husby et al., 1999):

1. Være en del av beslutningsunderlaget ved sentrale beslutningspunkter i et prosjekt
2. Sette lys på eventuelle forhold som i fremtiden kan påvirke prosjektet.
3. Være en del av styringsgrunnlaget for prosjektet.

Usikkerhetsanalysene som gjennomføres i dag dreier seg i stor grad om å identifisere og dele opp usikkerheten i investeringskostnadene for prosjektene. Av de viktigste elementene i en analyse er god prosess for identifisering og behandling av innputt til analysen, i tillegg til

gode metoder og verktøy for å fremstille et resultat som behandler virkeligheten for prosjektet. Prosessen kan variere ut fra hvem som gjennomfører, hvem den gjennomføres for, eller hvilken type innputtdata man har. Men noen steg i prosessen går igjen og følger en fast rekkefølge (Austeng et al., 2005):

- Formål og analyse. Hva skal resultatene brukes til.
- Identifisering. Elementene som er årsak til usikkerheten, må kartlegges (lage kvalitativ modell).
- Kvantifisering. Dele opp virkning av usikkerhetselementer
- Beregning. Tallfestede størrelser brukes til å beregne totalen for prosjektet
- Fremstilling resultater. Gjøre resultater presentable, slik at de kan brukes i beslutningstøtte.

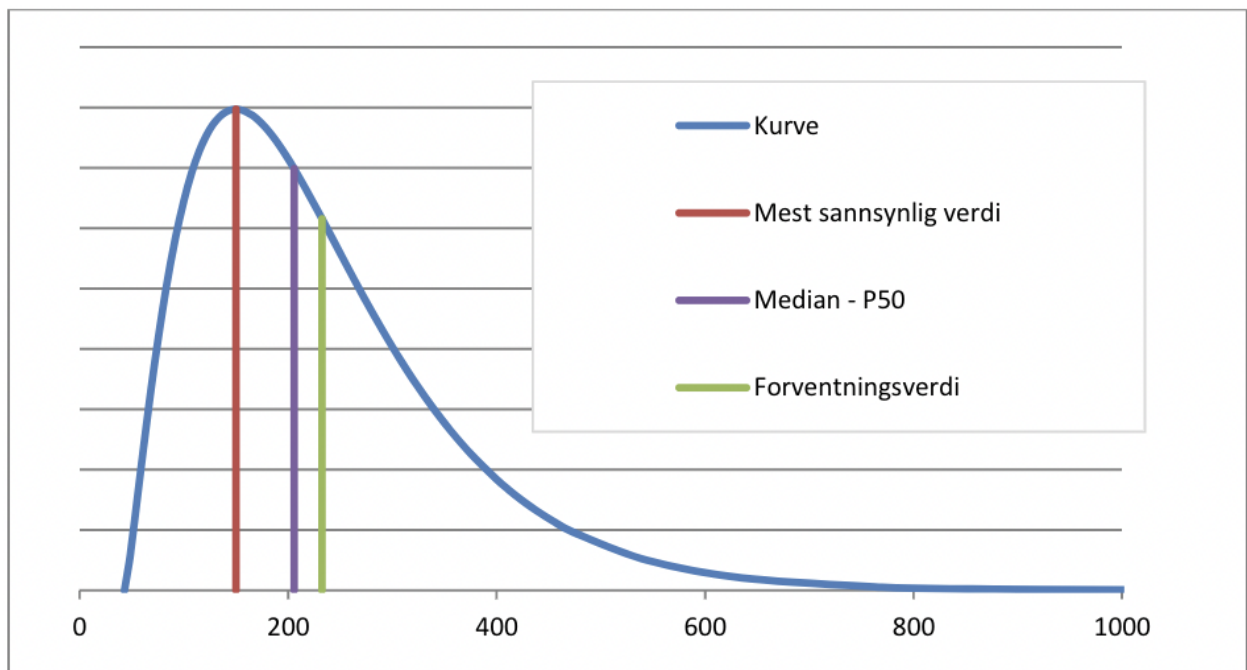
Analysen er iterativ og inneholder ofte løkker, der man går noen steg tilbake og repeterer analysen til man oppnår et resultat som svarer til kravene som er satt for analysen (Austeng et al., 2005).

#### 4.3.3 Kostnadsestimering

Gjennom kostnadsestimering under usikkerhet behandler man inngangsdata til kostnadskalkylen som usikre størrelser. Kallt stokastiske eller sannsynlighetsbaserte størrelser. Ved å ta i bruk usikre størrelser for å beregne kostnaden for et prosjekt er grunntanken at det finnes et utfallsrom for hva prosjektet vil koste. Det vil si at et prosjekt kan ende opp med en rekke forskjellige kostnadsutfall. Hvis et identisk prosjekt hadde blitt gjennomført flere ganger uavhengig av hverandre ville kostnaden for prosjektet variert hver gang. Kostnaden for prosjektet vil havne innenfor det som er utfallsrommet for kostnad til det gitte prosjektet. Dette utfallsrommet kan beskrives som en fordeling, med en tilhørende sannsynlighet for hvert utfall. Det er denne fordelingen man prøver å estimere når man estimerer kostnader under usikkerhet (Welde et al., 2019).

Størrelsene man tar i bruk for å estimere prosjektkostnaden følger en kontinuerlig sannsynlighetsfordeling, standard er en antagelse om at kostnadene følger en type klokkeformet fordeling (figur 2). I en slik fordeling er den mest sannsynlige verdien gitt ved toppen av kurven. Det er denne enkeltverdien som det er høyest sannsynlighet for å forekomme. Median er det punktet på kurven som deler arealet under kurven i to like store deler: Ene halvpart på høyre, og andre halvpart på venstre side av medianen. Det vil si at

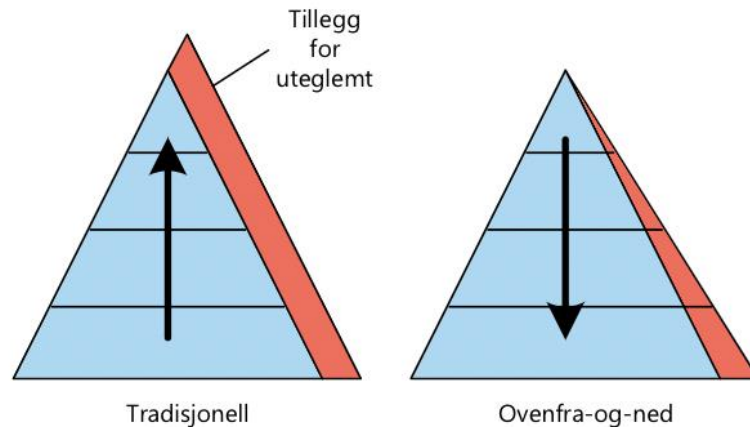
medianen er den samme som P50 kvantilen, arealet på en side tilsvarer 50% av arealet under kurven. Forventningsverdien er den verdien man får hvis man summerer alle tenkelige utfall med tilhørende sannsynlighet for utfallet. I statistikkens verden er dette referert til som aritmetisk middelverdi, også kalt gjennomsnitt. Mens i sannsynlighetsregning er denne verdien kalt forventningsverdi, og representerer tyngdepunktet til fordeling (Drevland, 2013).



Figur 2: Høyreskjev sannsynlighetsfordeling avmerket med mest sannsynlig, median og forventningsverdi (Drevland, 2013).

I en fullstendig symmetrisk distribusjon, en normalfordeling med null skjevhet, vil alle disse verdiene treffe på samme punkt i fordeling. Kostnadsestimering under usikkerhet benytter seg i stor grad av skjeve fordelinger, dermed er det viktig å skille mellom disse størrelsene (Drevland, 2013).

For å bygge opp en grunnkalkyle for et kostnadsestimat må kostnadene til prosjektet kartlegges og kategoriseres i håndterbare størrelser. Det finnes i hovedsak to måter å kvantifisere kostnadene til et prosjekt opp i kalkyleelementer (figur 3).



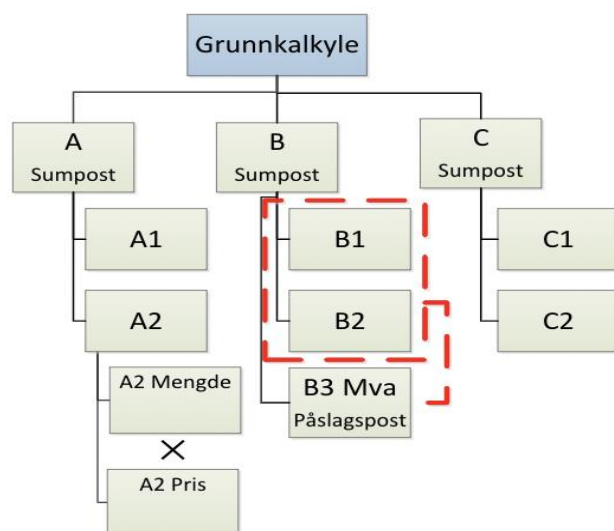
Figur 3: Visuell fremstilling av metodisk tilnærming for å utforme kalkylestruktur (Torp et al., 2015).

- Nedenfra og opp: Bryter prosjektet ned til minste detalj, og bygges opp til ønsket detaljeringsgrad
- Ovenfra-og ned: Starter med på et overordnet nivå og bryter prosjektet ned til ønsket detaljeringsgrad.

En fordel med å starte med prosjektet i sin helhet, før man bryter det ned i håndterbare elementer er at det reduserer sjansen for å glemme deler av prosjektet i kalkylen (Drevland, 2013; Torp et al., 2015).

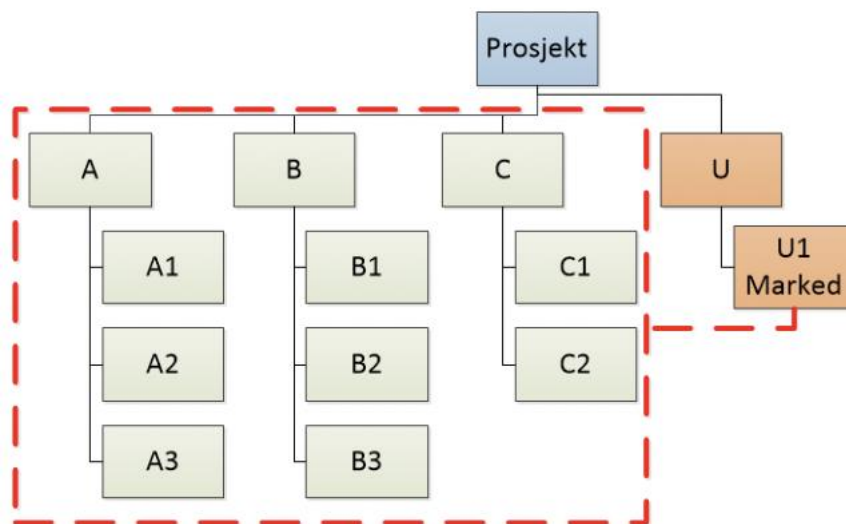
Kostnadspostene i en grunnkalkyle følger en hierarkisk oppbygning.

Grunnkalkylen består som oftest av en rekke hovedelementer, kalt sumposter. Under hver av sumpostene kan kalkylen brytes ned i vanlige poster som består av deterministisk sum, eller er et produkt av mengde og pris. Et annet type kalkyleelement er påslagsposter, som beregnes ut fra andre poster. Dette kan eksempelvis være merverdiavgift på kalkyleelementene i en sumpost (Drevland, 2013). Figur 4 viser et oppsett av en grunnkalkyle.



Figur 4: Illustrert oppbygning av grunnkalkyle (Drevland, 2013).

I tillegg til kostnadspostene i grunnkalkylen er det andre faktorer som kan påvirke kostnadene i et prosjekt. Det er ikke mulig å dele opp en kalkyle i elementer som er fullstendig uavhengige av hverandre. Dermed vil det alltid finnes faktorer som vil påvirke hele, eller deler av grunnkalkylen. Disse kalles usikkerhetsfaktorer eller usikkerhetsdrivere og modelleres ut av grunnkalkylen. Usikkerhetsfaktorene kan påvirke et enkelt kalkyleelement, eller en gruppe. Figur 5 viser en grunnkalkyle med en usikkerhetsfaktor som påvirker alle elementene i kalkylen. Usikkerhetsfaktorene er ikke relatert til usikkerheten i kalkyleelementene, og vil kun påvirke kostnaden av elementene under visse forutsetninger. Derfor modelleres disse ut av elementene, med tilhørende forutsetninger for at usikkerhetsfaktorene påvirker kostnaden. Man ender da opp med estimatusikkerhet, som er usikkerheten rundt størrelsen på kalkyleelementene. Og usikkerhetsfaktorer, som kun påvirker kostnaden til tilhørende elementer under gitte forutsetninger som kan inntreffe.

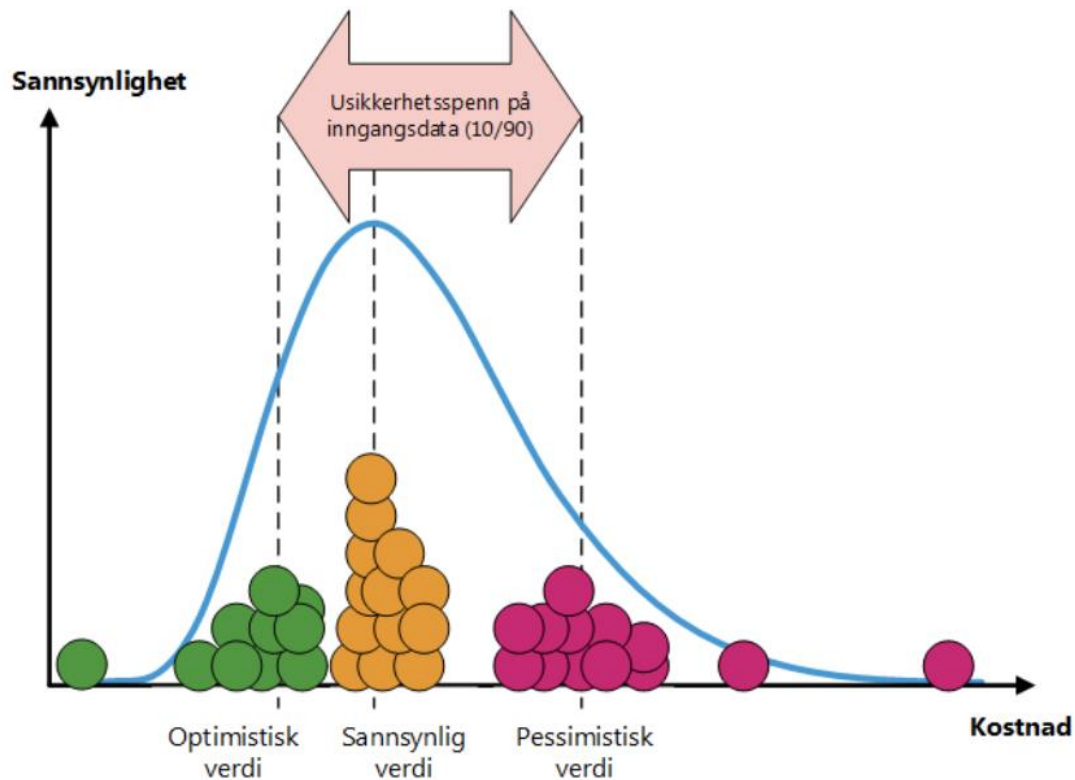


Figur 5: Illustrert grunnkalkyle med usikkerhetsfaktor som påvirker hele grunnkalkylen (Drevland, 2013).

En viktig del av kalkylearbeidet er å sørge for å ha kontroll på samvariasjon mellom kostnadselementene. Det vil si å kartlegge eventuelle kostnadselementer som er avhengig av hverandre. Den ønskede situasjonen er å unngå samvariasjon, men i store og komplekse prosjekter vil dette være utfordrerne (Drevland, 2013; Torp et al., 2015).

Når grunnkalkylen er ferdig er man klar til å estimere størrelsen på kalkyleelementene og usikkerhetsfaktorene. For å uttrykke elementer og faktorer som stokastiske størrelser brukes et trippelanslag (figur 6). Disse består av tre estimater for et kalkyleelement eller en usikkerhetsfaktor. For elementene representerer dette lav verdi, mest sannsynlige verdi, og høy

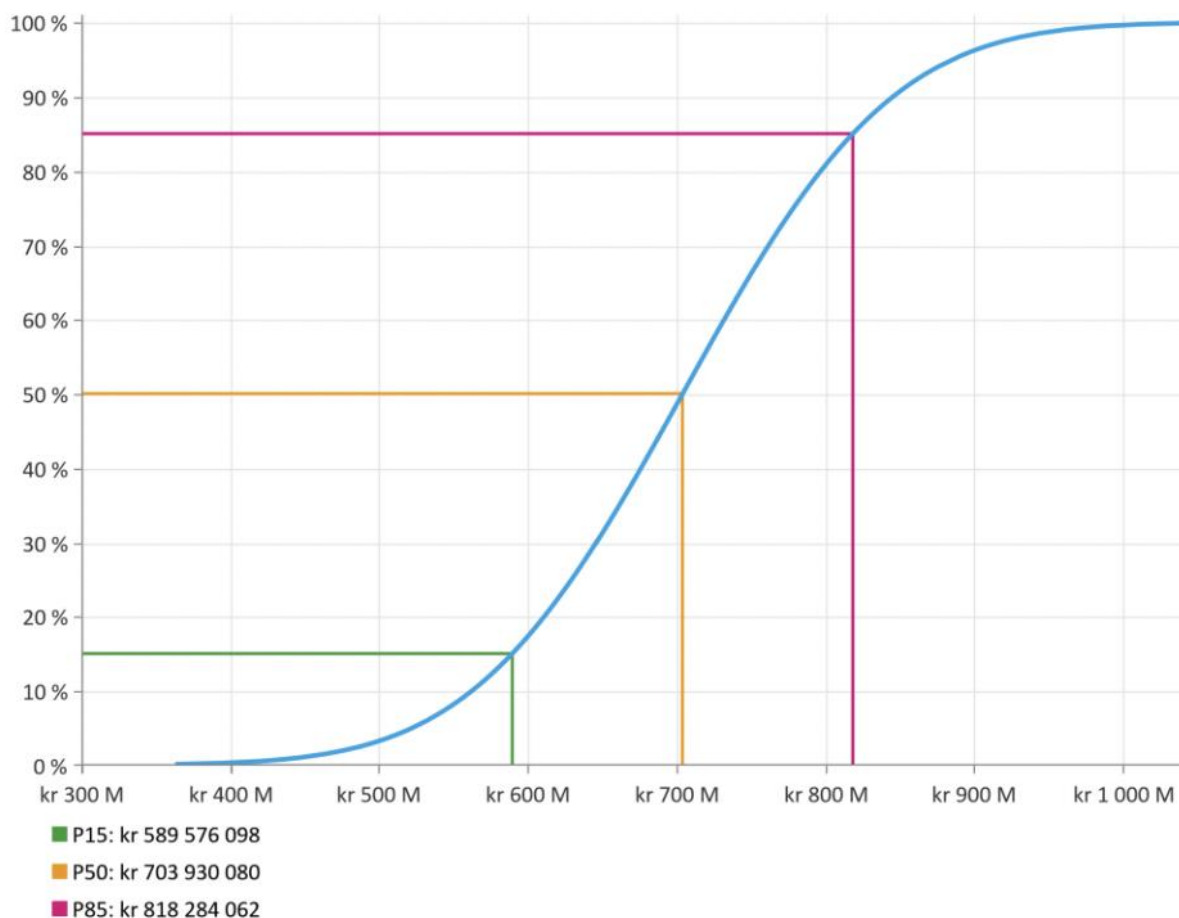
verdi. Som oftest gitt som P10, mest sannsynlig og P90. Usikkerhetsfaktorenes tripplestimat estimeres ved de samme kvantilene, men som prosent påslag på elementene som faktorene vil virke på dersom forutsetningen inntreffer. En trenger kun tre punkter for et element for å bestemme fordelingen som tilhører elementet. I tillegg må en fastsette hvilken type sannsynlighetsfordeling som elementene og faktorene tilhører.



Figur 6: Inputdata for tripplestimater (Torp et al., 2015).

Neste steg vil være å simulere prosjektkostnaden ved bruk av et dataverktøy. Det vil si at den totale kostnaden ved et prosjekt estimeres ut fra kostnadselementer i grunnkalkylen og usikkerhetsfaktor ved at dataverktøy trekker tilfeldige verdier fra fordelingene som disse følger og summerer opp kostnaden av prosjektet. Kostnaden for prosjektet simuleres opp til 20 000 ganger, eller frem til det ikke dukker opp nye utfall for prosjektkostnaden, det vil si når prosjektkostnaden konverger (Drevland, 2013; Torp et al., 2015)



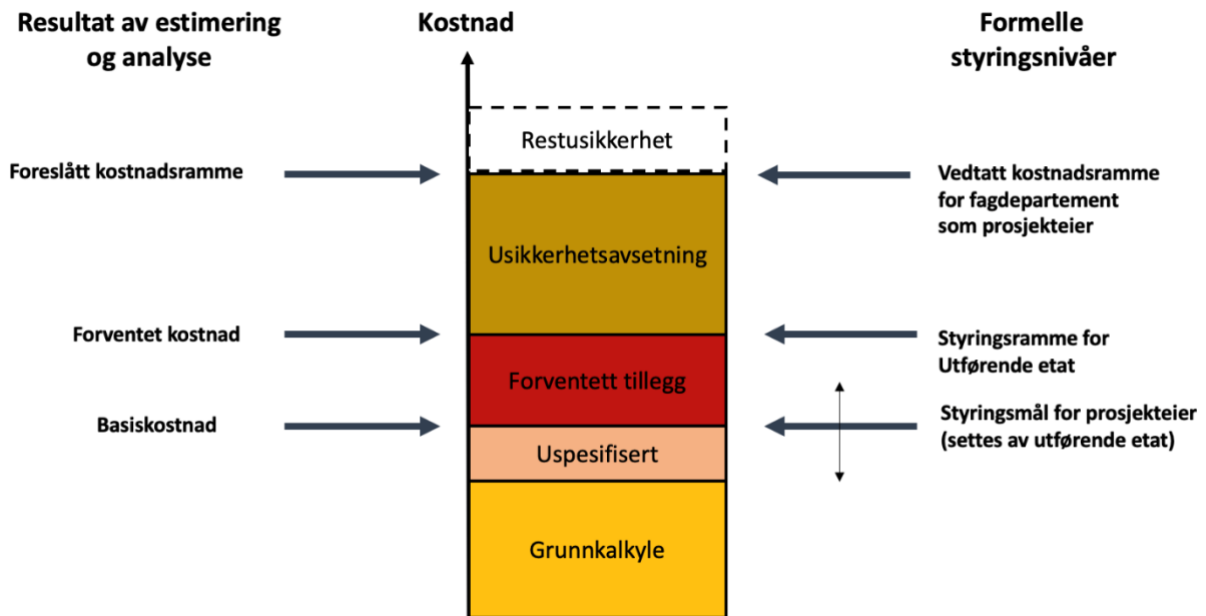


Figur 7: S-kurve for kostnadsestimat (Torp et al., 2015).

Visuelt presenteres kostnadsestimatet som en S-kurve (figur 7). Kurven viser kostnadsfordelingen til prosjektet. Ut fra kurven kan det leses av punkttestimater med en tilhørende kostnad og sannsynlighet for at prosjektet kan gjennomføres innenfor denne verdien. P50 kvantilen er medianverdien for kostnaden til prosjektet med lik sannsynlighet for at sluttkostnaden over og underskrider denne kostnaden. P85 inkluderer usikkerhetsavsetning for prosjektet og ligger normalt rundt forventet kostnad + et standardavvik (Drevland, 2013).

#### 4.3.4 Oppbygning av kostnadsestimatet.

Veileder nr. 2 fra Finansdepartementet (2008a) definerer en rekke sentrale begreper for usikkerhetsstyring og kostnadsestimater. Et komplett kostnadsestimat (figur 8) består av:



Figur 8: Sammenheng mellom begreper (Finansdepartementet, 2008a).

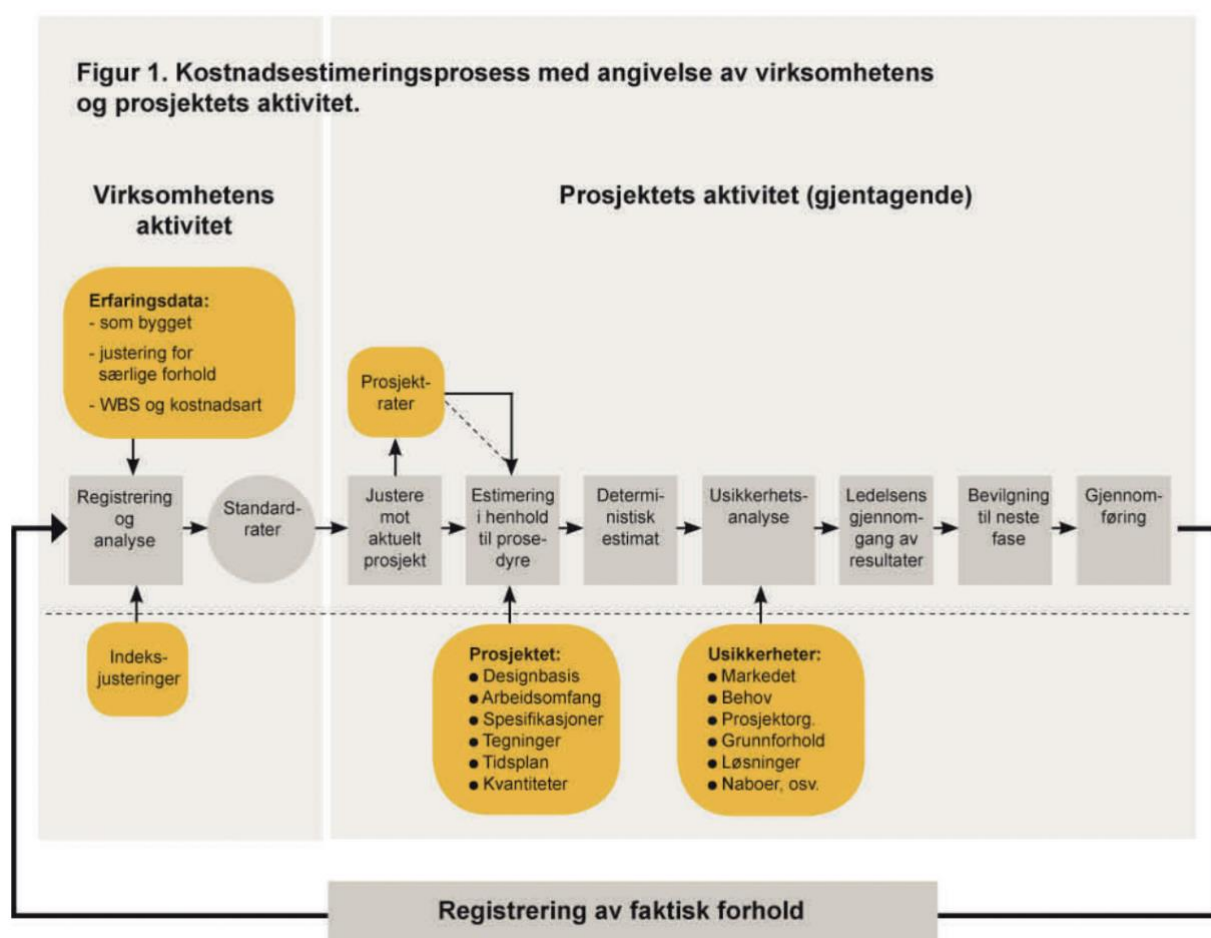
- Grunnkalkyle: Den deterministiske summen av mest sannsynlig kostnad for alle spesifiserte, konkrete kalkyleelementer (kostnadsposter på analysetidspunktet).
- Uspesifisert: Kostnader som man av erfaring vet vil komme, men som ikke er kartlagt på grunn av manglende detaljeringsgrad
- Forventet tillegg: Det forventede kostnadsbidraget fra estimatusikkerhet og hendelsesusikkerhet
- Usikkerhetsavsetning: Avsetning for å oppnå ønsket sikkerhet mot overskridelser av kostnadsrammen, det forventes ikke at denne posten brukes i prosjektet
- Restusikkerhet: den kostnad som usikkerheten mulig kan medføre ut over kostnadsrammen.

Resultat av analyse gir følgende kostnader:

- Basiskostnad: Summen av grunnkalkyle og uspesifisert, komplett kalkyle for alle konkrete poster
- Forventet kostnad: Summen av basiskostnad og forventede tillegg, uttrykker den statistiske forventede kostnaden for prosjektet.

På bakgrunn av de foreslåtte rammene fastsettes formelle styringsnivåer:

- Kostnadsramme (P85): Summen av forventet prosjektkostnad og avsetning for usikkerhet. Kostnadsrammen definerer hvor stor finansiering som er satt av for å gjennomføre prosjektet. Prosjektet har bare én kostnadsramme.
- Styringsramme (P50): Den kostnadsrammen den budsjettansvarlige har til disposisjon for å gjennomføre oppgaven.
- Styringsmål: Den målkostnad som defineres for en konkret, styrbar oppgave eller arbeidspakke. Den ansvarlige for oppgaven eller arbeidspakken skal styre gjennomføringen mot dette kostnadsmålet



Figur 9: Kostnadsestimeringsprosess (Finansdepartementet, 2008b).

Forslag til kostnads og styringsrammer som vedtas for store norske investeringsprosjekter er utarbeidet gjennom kostnadsestimering under usikkerhet. På bakgrunn av kostnadsestimatene som foreligger fra forprosjektet og KS2 fastsettes en kostnadsramme som er summen stortinget disponerer for bevilgning til prosjektet. Det er summen som er tilgjengelig til gjennomføring. Det vedtas også en styringsramme. Dette er rammen som utførende etat

disponerer. Mens rammen som prosjektleder har disponibelt er styringsmålet (Samset & Holst Volden, 2013). Finansdepartementets veileder nr. 6 Finansdepartementet (2008b) gir en innføring i god kostnadsestimeringsprosess for statlige finansiert prosjekter (figur 9).

#### 4.4 Om estimeringsmetodikk i etatene

Under følger en kartlegging av hvordan det arbeides med kostnadsestimering under usikkerhet i de fire etatene med flest prosjekter som har vært gjennom KS2.

##### 4.4.1 Statens vegvesen (SVV)

Statens vegvesens prosess for å utvikle kostnadsestimater er anslagsmetoden, og er beskrevet i håndbok R764, Anslagsmetoden Statens vegvesen, (2021). Det er etaten selv som har utviklet metoden og verktøyet «anslag 4.0» som brukes under estimeringsprosessen.

Metoden springer ut fra prinsippene bak suksessiv kalkulasjon. I korte trekk vil dette si at alle faktorer som kan gi utslag på kostnadsestimat skal vurderes. De viktigste prinsippene for metoden er som følger (Welde & Torp, 2016):

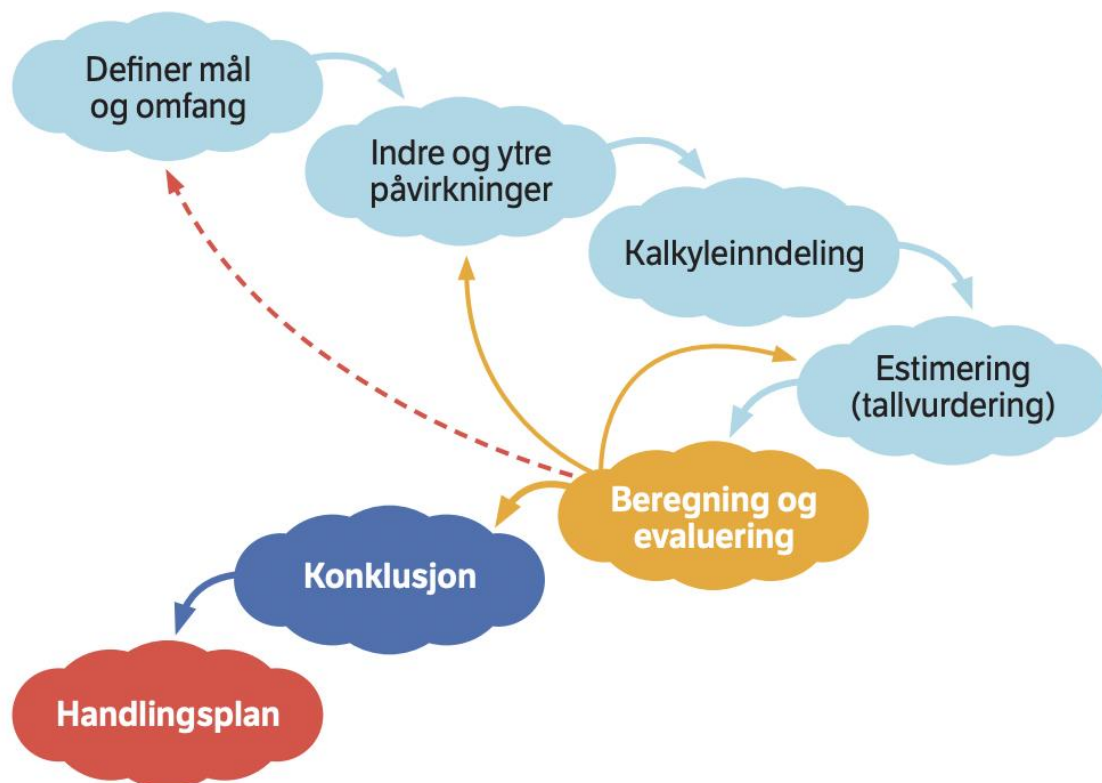
- Alt skal med.  
I tillegg til å estimere kostnadene som har direkte påvirkning på kostnadsestimater skal indre og ytre faktorer som kan påvirke kostnaden til prosjektet kartlegges og estimeres.
- Kostnadsbærerne i kalkylen estimeres basert på faste forutsetninger og avgrensinger. Før kostnadselementene i kalkylen kan estimeres skal alle indre og ytre faktorer som kan påvirke elementene modelleres ut som kostnadsdrivere, og forutsetninger for at disse inntreffer skal fastsettes.
- Kalkylen skal synliggjøre usikkerheten i prosjektet.  
Det skal anslås tripplestimater for alle kostnadselementer i kalkylen og for usikkerhetsfaktorer som virker på elementene i kalkylen.
- Prosessen gjennomføres som en gruppeprosess.

En prosessleder sammen med prosjektleder styrer en gruppeprosess som går over flere dager. Gruppen er nøye satt sammen av kompetent personell med kompetanse om prosjektet og estimeringsprosessen.

- Standardiserte krav til dokumentasjon for prosessen.

Hele prosessen skal dokumenteres. Grunnlag og inngangsdata, gjennomføring av prosess og resultat fra gjennomføringen av kostnadsestimering skal dokumenteres etter fastsatte krav.

Selve gjennomføringen av kostnadsestimeringen følger en bestemt prosess inndelt i syv trinn (figur 10). En går ikke videre før en har fullført ett og ett trinn. I tillegg finnes det tilbakeføringsløkker i prosessen, der en kan gå flere trinn tilbake og starte prosessen bak fra igjen. Denne metoden kalles trinnvisprosessen eller anslagsprosessen (Statens vegvesen, 2021).



Figur 10: Anslagsprosessen (Statens vegvesen, 2021).

Statens vegvesen har egne sertifiserte prosessledere. Disse utdannes ved NTNU i regi av Statens vegvesen. Kursingen er åpen for eksternt personell, og Statens vegvesen bruker både interne og eksterne fagpersoner i estimeringsprosessen. Før en anslagsprosess skal gjennomføres skal det gjennomføres en modenhetsvurdering av prosjektet. Dette er i praksis et møte mellom byggherreseksjon og prosessleder i prosjektet. Under møtet vurderes detaljeringsgraden i prosjekt opp mot planfasen prosjektet befinner seg i, samt kvalitet på planer, relevante kostnader, avklaring rundt grunnverv og lignende. Alle fullførte prosjekter skal levere dokumentasjon inn til kostnadsbanken. Dette er en database som kan brukes for å definere innputt til kalkyle og sammenligne resultat fra estimeringsprosesser med tilsvarende prosjekter. Statens vegvesen gjennomfører kvalitetssikring av egne prosjekter internt. Størrelsen på prosjektene avgjør hvor mange instanser som prosjektene kvalitetssikres av. Dersom et prosjekt er over terskelverdi for KS2, vil prosjektet være kvalitetssikret internt i Statens vegvesen minst 3 ganger gjennom forprosjektet før dokumentene overleveres (Welde & Torp, 2016).

Selve kostnadsestimering skjer under anslagssamlinger. I store og komplekse prosjekter kan disse ta opp mot fire dager og deltakerne er til stede under hele samlingen. Selve prosessen ledes av en prosessleder. Arbeidsgruppen består av opp til tjue personer sammensatt av fagpersoner med spesialkompetanse på ulike felt og prisgivere med relevant kompetanse for prosjektet (Statens vegvesen, 2021; Welde & Torp, 2016).

En sentral forutsetning for kalkylearbeidet er stokastisk uavhengighet for kostnadselementene. Når strukturen på grunnkalkylen utformes, jobber man Top Down. Herfra arbeider man seg ned til ønsket detaljeringsgrad. Det er ønskelig å unngå samvariasjon mellom elementene i kalkylen. Men i tilfeller der det ikke lar seg gjøre, kan dette modelleres inn i analyseverktøyet anslag 4.0.

Standard kalkyleinndeling er ni poster som kan ha tilhørende underposter. Det vil aldri være mulig å kartlegge alle kostnader i detalj. Derfor operer statens veivesen med et påslag i prosent for kostnader man vet vil komme. Dette kalles uspesifisert, og er et prosentvis påslag på forventet kostnad av kalkyleelementene. Størrelsen på uspesifisert bestemmes ut fra hvilket plannivå som ligger til grunn for prosjekter. For reguleringsplannivå angis uspesifisert med lav/ sannsynlig/høy som er påslag på henholdsvis 3/5/7% (Statens vegvesen, 2021). Tidligere har statens veivesen operert med en praksis der en stiller krav til 10%

kalkylenøyaktighet for prosjekter på reguleringsplannivå. Dette er en praksis som statens veivesen er på vei bort fra. Alle kostnadselementer og usikkerhetsdrivere angis ved bruk av trippelanslag, der det brukes P10, mest sannsynlig og P90. For kalkyleelementene gjøres dette ved bruk av pris og mengde. Mens for usikkerhetsdriverne gis trippelanslaget som prosent påslag for kalkyleelementene som usikkerhetsfaktoren vil påvirke (Statens vegvesen, 2021).

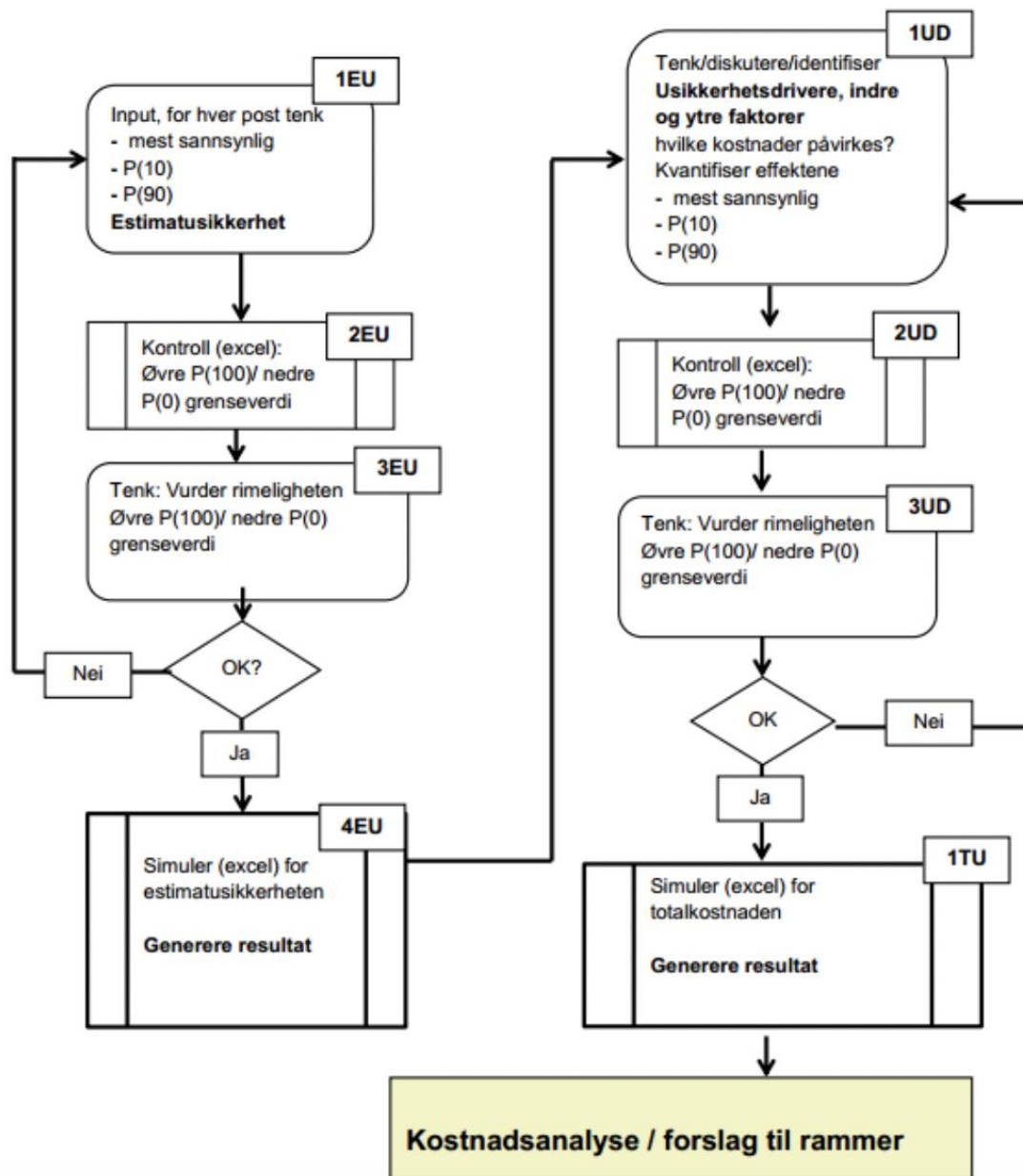
#### 4.4.2 Statsbygg.

I statsbygg er det seksjon for økonomi og analyse som har ansvaret for kostnadsestimering og usikkerhetsanalyser. Om statsbygg gjennomfører kostnadsestimering av prosjektene selv avhenger av størrelse på prosjekt, og tilgjengelighet personell. I alle prosjekter med forventet kostnad over 50 mnok gjennomføres estimeringen av kostnader med bruk av eksternt personell når det skal fastsettes styring og kostnadsrammer. Statsbygg har rammeavtaler med eksterne konsulentfirmaer. Estimeringsprosessen gjennomføres ut fra retningslinjer fra statsbygg, og prosessen er beskrevet i statsbyggs egen veileder «usikkerhetsanalyse», som beskriver de viktigste prinsippene for prosessen (Berg et al., 2022; Welde & Torp, 2016).

I tidligfase er stokastisk estimering, der en bygger kalkylen ovenfra og ned, er standard i større prosjekter. I forprosjektfasen er det prosjektgruppen som har ansvar for å utarbeide basiskostnad, mens Statsbygg står for kvalitetssikring av estimatene. Kravene til detaljbeskrivelse i kalkylen øker jo lenger ut i prosjektet en kommer. Derfor skifter en etter hvert til en nedenfra og opp tilnærming til oppbygningen av kalkylen lenger ut i prosjektet. For å beskrive alle delene som inngår i et byggeprosjekt tar grunnkalkylen utgangspunkt i bygningstabellen for bygg og anlegg. Den beskriver alle objekter som inngår i byggeprosjekt. I motsetning til i Statens veivesen og Jernbaneverket finnes det ingen krav til kalkylenøyaktighet ved de ulike planfasene, men det gjøres en vurdering på bakgrunn av referanseprosjekter og kompleksitet, Statsbygg har en egen database med informasjon fra gjennomførte prosjekter, den inneholder tidligere kalkyler og estimater, samt sluttkostnader (Welde & Torp, 2016).

Før usikkerhetsanalyse gjennomføres, skal modenheten til prosjektet vurderes. Dette gjøres internt av faglige ressurser i regi av seksjon for analyse og økonomi. Usikkerhetsanalysen utarbeides i en gruppeprosess. Ressursgruppen ledes av en godkjent prosessleder og består av

mellom 15 og 20 personer. Deltakerne er medlemmer av prosjektgruppe, representanter fra statsbygg, samt prosjektleder og prosjekteier. I tillegg kan eksterne ressurspersoner være hentet inn. Prosessen er tidkrevende i store prosjekter, og kan ta opp mot tre dager (Welde & Torp, 2016). Selve kostnadsestimeringsprosessen er beskrevet i figur 11.



Figur 11 Kostnadsestimeringsprosess Statsbygg (Welde & Torp, 2016).

Selve estimeringen er delt i to deler. Først utarbeider man et estimat for kalkyleelementene med tilhørende estimatusikkerhet. Når dette er vurdert som tilfredsstillende går prosessen videre til å estimere usikkerhetsdriverne i estimatet. Man jobber iterativt, og vurderer



estimatene underveis. Trippelanslag vurderes ved å bruke av P10, mest sannsynlig og P90. Foretrukket fordeling for elementene er triangulær. Statsbygg gjør ikke spesifikke tiltak for å håndtere samvariasjon mellom kalkyleelementene, men simuleringsverktøyet som brukes kan modelleres for å håndtere dette (Welde & Torp, 2016).

Uavhengig av om kvalitetssikring av prosjektene skal skje eksternt eller internt har statsbygg formelle retningslinjer for sidemannskontroll. En medarbeider som tilhører samme estimeringsenhet skal kvalitetssikre kostnadsestimatet før overslaget sendes videre (Welde & Torp, 2016).

#### 4.4.3 Jernbaneverket / Bane NOR / Jernbanedirektoratet

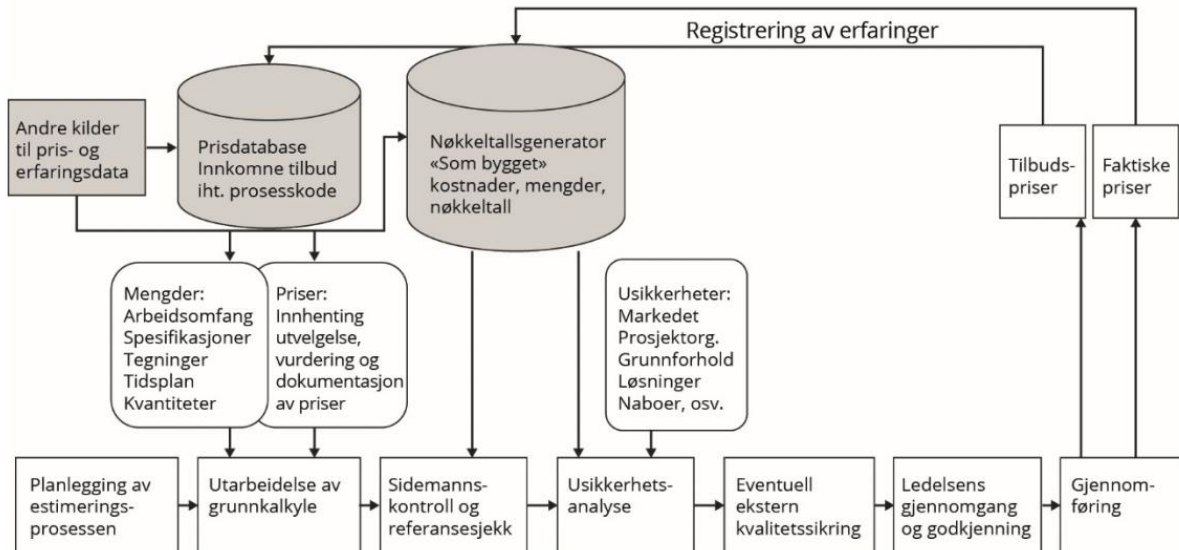
Jernbaneverket ble avviklet i 2016, i dag er det Bane NOR og Jernbanedirektoratet som er ansvarlig for kostnadsestimering og usikkerhetsanalyser innenfor jernbanesektor.

Kostnadsestimeringsprosessen i Jernbanedirektorat er beskrevet i «Veileder – kostnadsestimering i tidligfase» (Jernbanedirektoratet, 2019). Bane NOR følger prosedyrer beskrevet i STY-600466 «Kostnadsestimering i prosjekter». Denne må ses i sammenheng med STY-604948 «Prosjektstyring store prosjekter» og STY-603043 «Usikkerhetsanalyse av investeringskostnader» (Bane Nor, 2020). Ingen prosjekter i studien er gjennomført etter nedleggelsen av Jernbaneverket, derfor beskrives her kun Jernbaneverkets prosedyre for kostnadsestimering under usikkerhet.

Jernbaneverkets prosedyrer for kostnadsestimering er beskrevet i «Håndbok for estimering av kostnader for investeringstiltak» (Samferdselsdepartementet, 2016). Jernbaneverket har et eget prosjektstyringssystem med beskrivelser av metoder og prosess for gjennomføring av kostnadsestimering. Ansvar for estimeringsprosessen ligger hos en egen enhet i jernbaneverket, kalt estimeringsenheten (Welde & Torp, 2016).

Oppbygning av grunnkalkyle for usikkerhetsanalysen gjøres ved nedenfra opp tilnærming, med høy detaljeringsgrad. Ansvar for dette ligger hos den enkelte prosjektenheten. Først bygges det opp en detaljert grunnkalkyle. Når denne vurderes til å være god nok, oversendes denne til estimeringsenheten. De gjennomfører en modenhetsvurdering, før det eventuelt engasjeres eksterne ressurser. Selve analysen kan opptil to dager. Jernbaneverket har iverksatt

kvalitetssikring i form av sidemannskontroll på prosjektnivå. Estimeringsenheten står for kvalitetssikring av grunnkalkyle (Welde & Torp, 2016). Hele syklusen for kostnadsestimering i jernbaneverket er beskrevet i figur 12.



Figur 12: Kostnadsestimeringsprosess Jernbaneverket (Samferdselsdepartementet, 2016)

Gjennomføringen av usikkerhetsanalysen skjer gjennom en gruppeprosess, der prosessleder alltid er en ekstern innleid konsulent som bistår en ressursgruppe på mellom ti og tjue personer i estimeringsprosessen. I tillegg til disse kan jernbaneverkets estimeringsenhet bidra i prosessen.

Desto lenger ut i planfasene prosjektet kommer, jo strengere krav stilles til variasjonen i kostnadsestimatene. Ved detaljplan nivå er kravet til maksimalt standardavvik rundt 10%. Det er ikke fastsatt noe krav til størrelse på uspesifisert tillegg. Uspesifisert vil variere mellom ulike planfaser, og mellom prosjekter. En kalkyle kan bestå av mellom fem og tretti kalkyleobjekter. Elementene i kalkylen angis ved bruk av trippelanslag, der man bruker P10, mest sannsynlig og P90. Hvilken fordeling man bruker for kalkyleobjektene er avhengig av konsulentfirma som bistår i prosessen (Welde & Torp, 2016).

#### 4.4.5 Forsvaret

Forsvarets eget prosjektstyringssystem PRINSIX fastsetter rammene for hvordan kostnadsestimater skal utarbeides og usikkerhetsanalyser skal gjennomføres. Systemet

inneholder retningslinjer for alle faser i et prosjekt, og etatene Forsvarsmateriell og Forsvarsbygg nyttiggjør seg av dette systemet for å utrede investeringsprosjekter. PRINSIX er en prosjektstyringsmodell, og inneholder forskjellige veiledere relatert til ulike aspekter ved prosjektstyring. Kostnadsstyring er beskrevet veilederen «Veiledning i håndtering av usikkerhet» (Welde & Torp, 2016).

Forsvaret besitter mye kompetanse innenfor estimering og usikkerhetsanalyse og utdanner egne prosjektledere. I tillegg til interne tar forsvaret i bruk eksterne ressurser i prosjektene sine. Forsvarsprosjekter er ofte unike anskaffelser, hvor det mangler sammenlikningsgrunnlag med tidligere prosjekter. Det finnes lite data å støtte seg til når man skal vurdere hva som blir mest sannsynlig verdi. For å møte denne utfordringen samarbeider forsvaret tett med industrien for å kartlegge kostnadsbildet og eventuelle løsninger. Dette er i hovedsak en utfordring for investeringer som faller innenfor Forsvarsmateriell. Forsvarsbygg har en større referansedatabase og støtte seg på i vurderingen av estimater og inngangsdata til kalkyler (Welde & Torp, 2016).

Kostnadsestimering gjøres på bakgrunn av stokastiske størrelser. Grunnkalkylen har en standard oppbygning, med opptil åtte poster. Kostnadselementene i grunnkalkylen skal utgjøre de fysiske elementene i investeringen. Det vil si at systematiske forventede tillegg, prosjektmargin eller systematiske påslag ikke inngår i grunnkalkylen. Det finnes ingen satte retningslinjer for uspesifisert tillegg, dette vil variere mellom prosjekter og planfase. Det er heller ikke fastsatte krav til kalkylenøyaktighet, den vil være avhengig av prosjektets beskaffenhet (Welde & Torp, 2016)

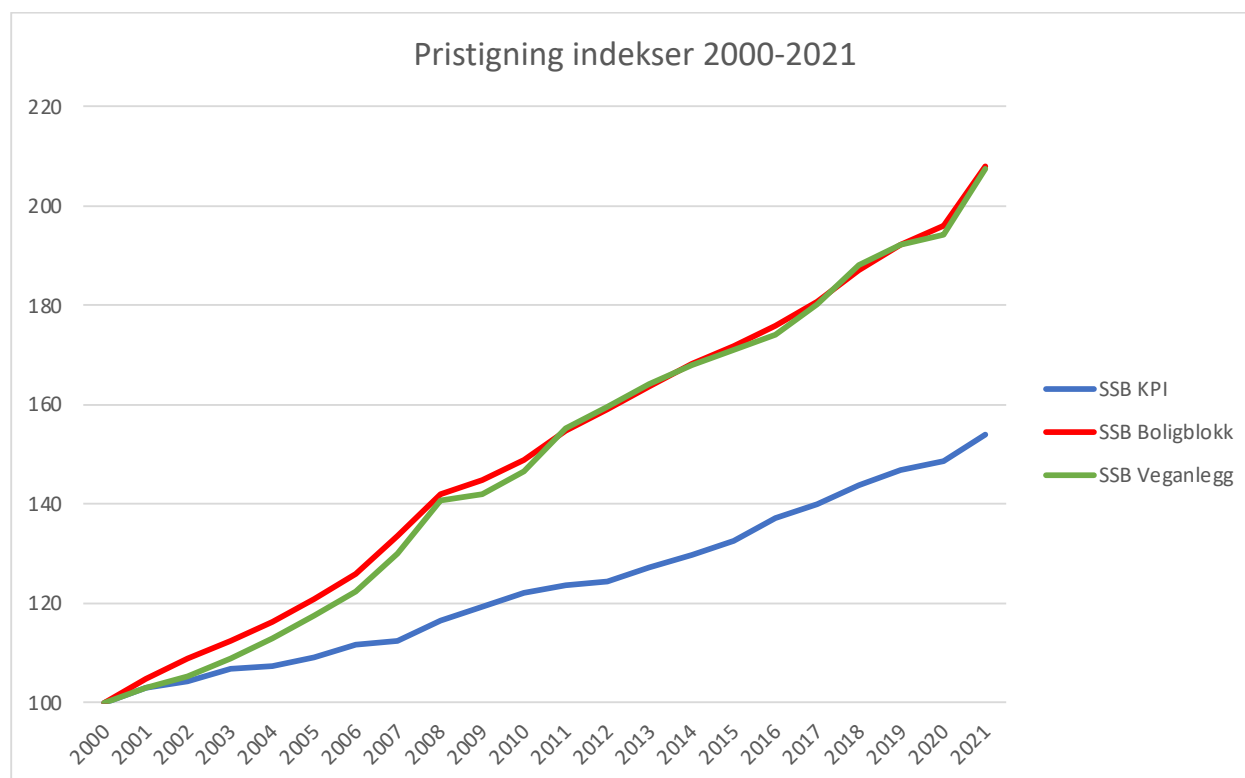
I tillegg til egen kompetanse, henter forsvaret inn eksterne resurspersoner for å bistå med usikkerhetsanalyse i investeringsprosjekter. Estimering og analyse gjennomføres som gruppeprosess i de fleste prosjektene. De eksterne resurspersonene deltar ikke i ressursgruppen. Ressursgruppen består av personer i forsvaret som skal bruke systemet, personalansvarlige og de som har ansvar for systemet i drift (Welde & Torp, 2016).

Kvalitetssikring av kostnadsestimatene skjer under en høringsprosess, før prosjektet blir godkjent. Først når grunnlagsdokumentene vurderes som ferdig utarbeidet oversendes de til høring i forsvaret. Relevante aktører i forsvaret vil vurdere kostnadsestimatene, for de eventuelt godkjennes (Welde & Torp, 2016).

#### 4.5 Om prisregulering.

Når kostnader for store statlige investeringsprosjekter utarbeides og vedtas, skjer dette under en forutsetning om at rammene kan kompenseres for sektorspesifikk prisvekst som påvirker kostnadene i prosjektet. Prisvekst på innsatsfaktorer i periodene mellom investeringsbeslutning og oppstart, samt i gjennomføringsfasen for prosjektene, skal tas hensyn til. Dette skjer i form av en prisregulering av styring og kostnadsramme. De ulike etatene har forskjellige prosedyrer for å håndtere prisregulering, og tar i bruk forskjellige indekser for å gjennomføre prisreguleringen (Welde, 2014b).

Prisreguleringen gjennomføres på bakgrunn av prisutvikling innenfor tilhørende sektor for prosjektene. Det fører til at prosjektene skånes for systematisk usikkerhet som kobles til sektorspesifikk prisvekst på innsatsfaktorer. Indeksene er input-indekser, som kun måler endring i prisen på innsatsfaktorer. De tar ikke hensyn til endring i produktivitet, eller fortjenestemargin for entreprenører (Welde, 2014b). SBED indeksen som Statsbygg følger, og SSB veganlegg som Statens vegvesen følger har utviklet seg i samme takt de siste tjue årene. De har begge hatt en økning godt over konsumprisindeksen i Norge (figur 13).



Figur 13: Prisreguleringsindeksenes utvikling siden 2000.

Indeksene som brukes for å prisregulere investeringsrammene stammer i hovedsak fra SSB, med unntak av forsvarrets indeks for justering av rammer. Forsvaret justerer rammer på bakgrunn av budsjettkompensasjon gitt av finansdepartementet. I denne oppgaven vil Forsvaret, samt andre etater uten etatsspesifikk indeks reguleres ved bruk av konsumprisindeks fra SSB.

#### 4.5.1 Prisregulering i etatene

Statens vegvesen og Forsvaret prisregulerer sine rammer med samme praksis, med unntak av indeks som tas i bruk. Statens vegvesen bruker SSBs byggekostnadsindeks for veganlegg totalt. Statens vegvesen ganger opp hele rammen med den årlige veksten i innsatsfaktorer opp til et bestemt nivå/år. For at rammen og de årlige utbetalingene skal ha samme kroneverdi, justeres utbetalingene med endring fra indeks før de summeres sammen (Welde, 2014b). Jernbaneverket bruker samme indeks som Statens veivesen, men praksisen avvik noe. Enkelt forklart så justeres den gjenstående rammen opp, mens den utbetalte delen av rammen blir stående igjen. Rammen kan dermed sammenliknes med de nominelle kostnadene i prosjektregnskapet (Welde, 2014b).

Statsbygg er eneste etat som har formelle rutiner for prisregulering beskrevet gjennom fastsatte retningslinjer. Dette er også den mest kompliserte metoden. Men i praksis er den ikke ulike metoden som Jernbaneverket bruker. Gjenstående del av ramme reguleres opp, slik at ferdig justert ramme kan sammenliknes med årlig forbruk i nominelle kroner (Welde, 2014b).

## 5. Resultater og diskusjon

I dette kapittelet presenteres først resultatene fra analysen av forskjeller mellom P50 estimater fra offentlig etat og P50 estimater fra kvalitetssikrer. Deretter presenteres analysen av hvor treffsikre estimatene fra etat og kvalitetssikrer er målt mot sluttkostnad. Kapittelet har samme struktur som forskningsspørsmålene som er stilt i studien og er delt inn i delkapitler som omhandler hvert sitt spørsmål. I slutten av hvert delkapittel diskuteres analyseresultatene.

### 5.1 Forskjell P50 estimat etat og kvalitetssikrer

I dette delkapittelet presenterer resultater fra analysen av forskjeller mellom P50 estimatene fra etat og P50 estimatene fra kvalitetssikrer for hele utvalget på 119 prosjekter som er med i studien.

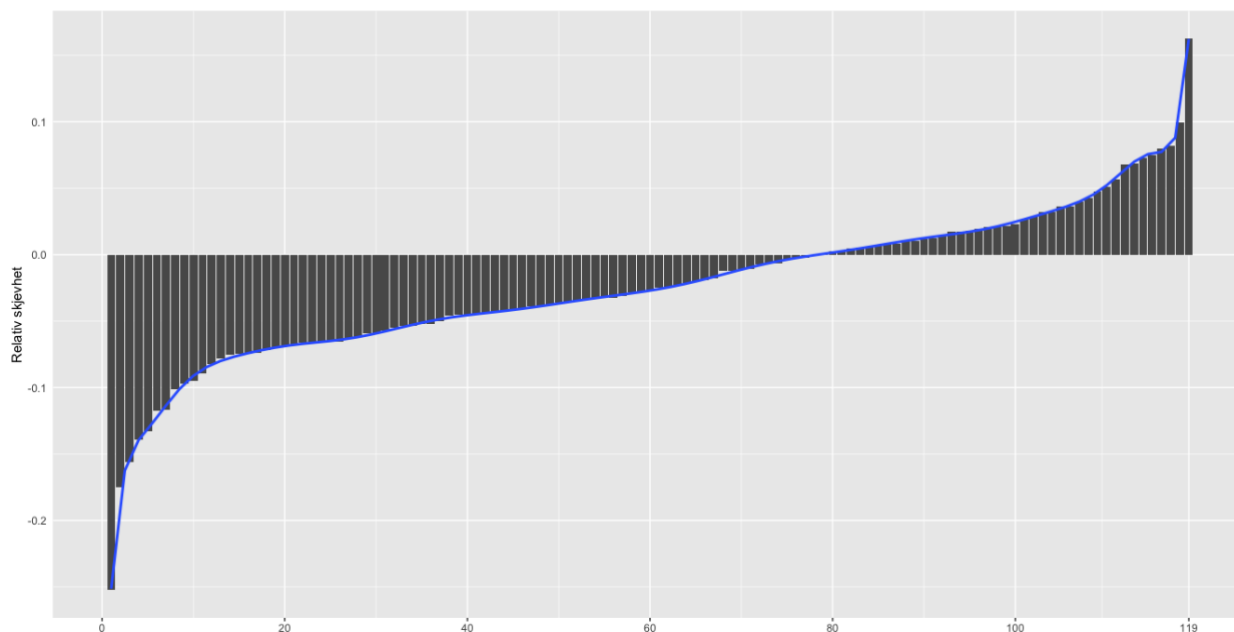
I tabell 6 vises deskriptiv statistikk for relativ skjevhet og relativt avvik mellom etat og kvalitetssikrers estimater.

Tabell 6: Deskriptiv statistikk for relativt avvik og relativ skjevhet mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimater.

|               | Avvik | Skjevhet |
|---------------|-------|----------|
| Gjennomsnitt  | 4,7%  | -2,4%    |
| Median        | 3,9%  | -2,7%    |
| Standardavvik | 4,0%  | 5,8%     |
| Max           | 25,3% | 16,3%    |
| Min           | 0,0%  | -25,3%   |

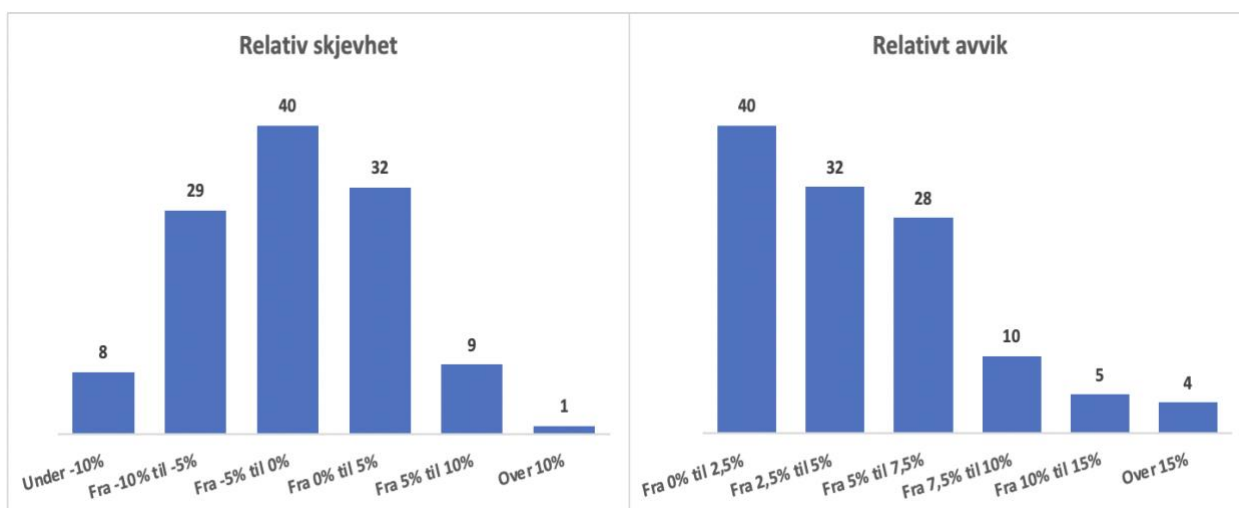
Analysen viser at kvalitetssikrer i gjennomsnitt gir romsligere P50 estimater enn etat; den gjennomsnittlige relative skjevheten mellom etat og kvalitetssikrer tilsvarende -2,4% for hele utvalget av prosjekter. Samlet har kvalitetssikrer anbefalt estimater som er 7905 mnok større enn etats estimater. Det gir i snitt 66 mnok mer per prosjekt. Ser vi på forskjellen uten at romsligere og strammere P50 estimater balanserer hverandre ut, så får vi et gjennomsnittlig relativt avvik på 4,7% mellom etat og kvalitetssikrer. Det tilsvarende 109 mnok per prosjekt, og 12988 mnok totalt for alle prosjektene i studien.

Figur 14 viser hvordan den relative skjevheten mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimater fordeler seg fra størst økning til størst reduksjon for alle prosjektene i utvalget. Det ser ut som den relative skjevheten mellom etat og kvalitetssikrer er større når kvalitetssikrer gir høyere P50 estimat enn etat. Gjennomsnittlig relativ skjevhet for prosjektene der kvalitetssikrer har det romsligste estimatet er -5,5%. For prosjektene hvor etat har det romsligste estimatet er gjennomsnittlig relativ skjevhet 3,4%.



Figur 14: Relativ skjevhet mellom etat og kvalitetssikrer fordelt fra størst økning til størst reduksjon.

I figur 15 er den relative forskjellen mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimater fremstilt i to histogrammer. I histogrammet til venstre er prosjektene i studien gruppert etter størrelse på relativ skjevhet mellom estimatene. I histogrammet til høyre er prosjektene gruppert etter størrelse på relativt avvik mellom estimatene. Kvalitetssikrer har gitt et høyere P50 estimat enn etat 77 av de 119 prosjektene (64,7%). I ett tilfelle er estimatene identiske, og i de resterende 41 prosjektene (34,4%) har kvalitetssikrer lavere estimat enn etat. I 8 av prosjektene der etat gir laveste estimat er den relative skjevheten under -10%. Kun i ett av prosjekt hvor etat har det høyeste estimatet, er relativ skjevhet høyere enn 10%. I 40 av prosjektene (33,6%) er relativt avvik mellom etat og kvalitetssikrer mindre enn 2,5%. I 72 av prosjektene (60,5%) er relativt avvik mindre enn 5%. I ni av prosjektene (7,5%) er relativt avvik større enn 10%.



Figur 15: Histogrammer for relativ skjevhet og relativt avvik

For å teste om den relative skjevheten mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimater gir opphav til en statistisk signifikant forskjell er det gjennomført en tosidig uparet t-test. Utgangshypotesen for testen er at den gjennomsnittlige skjevheten for hele porteføljen er lik null. P-verdi fra testen er på 0,00001. Dermed kan vi fastslå at utgangshypotesen ikke stemmer med et signifikansnivå på 0,01. Det vil si at kvalitetssikrer gir romsligere P50 estimater enn etatene for prosjektene i utvalget.

### Diskusjon

Gjennomsnittlig relativ skjevhet mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimater for utvalget av prosjekter viser at kvalitetssikrer i gjennomsnitt gir romsligere estimater enn etat. I 64,7% av prosjektene er kvalitetssikrers P50 estimat størst. Det gjennomsnittlige relative avviket mellom estimatene fra etat og kvalitetssikrer er 4,7%. De relative forskjellene mellom estimatene er størst i de prosjektene hvor kvalitetssikrer anbefaler høyere P50 estimat enn etat.

En mulig årsak til estimatforskjellene kan være tidsrommet fra etat har utarbeidet sitt kostnadsestimat og frem til KS2 gjennomføres. Ikke alle etater har rutiner for når et kostnadsanslag anses som utdatert, og hvis det går lang tid fra etat gjennomfører sin kostnadsanalyse til KS2 gjennomføres, kan noen av forutsetningene for analysen forandres. En annen forklaring er at kvalitetssikrer mener etatene har en tendens til å undervurder risikoen i prosjektene og eventuelt ikke gjør god nok nytte av sammenligningsgrunnlag fra tidligere gjennomførte prosjekter. Historisk sett har kostnadsoverskridelser i statlige investeringsprosjekter vært observert med høyere frekvens enn kostnadsunderskridelser. Uten å gjøre en kvalitativ undersøkelse av problemstillingen er det vanskelig å sette fingeren på



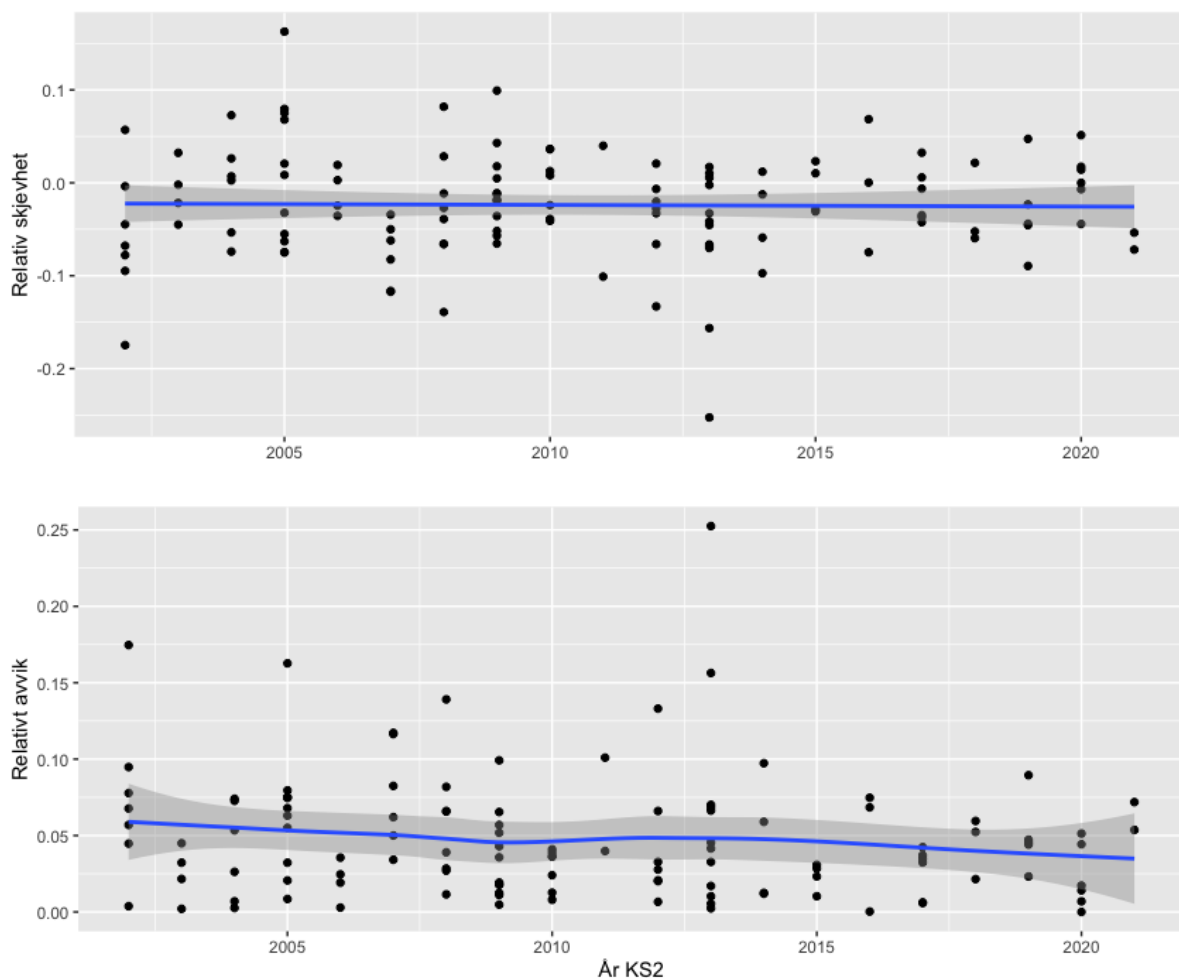
hvorfor kvalitetssikrer vurderer kostnaden i investeringsprosjekter som har vært gjennom KS2 til å være høyere enn det etat gjør.

Sammenlignet med Welde (2014c) har den gjennomsnittlige relative skjevheten mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimater økt fra -1,6% til -2,4% i denne studien. Det kan være flere forklaringer på økningen. Noen prosjekter har vært gjennom flere runder i KS2, dermed kan datagrunnlaget ha forandret seg noe fra Welde (2014c). Forskjellig bruk av indekser for å prisregulere P50 estimatene kan også ha påvirket resultatet. Der Welde (2014c) har benyttet seg av sektorspesifikk indeks for forsvarssektor, er det i denne studien brukt SSB KPI indeks. Historisk sett har imidlertid den sektorspesifikke indeksen for forvaret vært samsvarende med KPI indeks (Welde, 2014b). Andelen av forsvarsprosjekter i utvalget er dessuten lav, så dette påvirker trolig ikke resultatet i vesentlig grad. Den mest sannsynlige årsaken, eller delårsaken, til økt relativ skjevhet er antageligvis at kvalitetssikrer for prosjekter som har vært gjennom KS2 etter 2014, har vurdert P50 estimatene fra etat til å være mindre tilstrekkelige for å dekke investeringskostnader enn for prosjekter som var gjennom KS2 i årene før 2014. Hva som er bakenforliggende årsaker til dette krever en mer kvalitativ tilnærming til problemstillingen.

Den prosentvise økningen fra Welde (2014c) er imidlertid marginal, 0,8%, og den relative skjevheten på -2,4% mellom etat og kvalitetssikrer er liten. Stort er heller ikke det gjennomsnittlige relative avviket på 4,7%. De lave gjennomsnittlige relative forskjellene kan være en indikator på god estimeringsskikk hos etatene. Dette er også en av slutningene i en sammenligning av estimeringspraksis i etatene gjennomført av Welde & Torp (2016)

## 5.2 Utvikling i relativt avvik og relativ skjevhet over tid

I dette delkapittelet er forskjellen mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimater analysert ut fra årstall for gjennomføring av KS2 for å se hvordan forholdet mellom estimatene har utviklet seg over tid. Først gis en analyse av utviklingen i relative estimatforskjeller siden oppstart av statens prosjektmodell (figur 16). Deretter gis for samme tidsrom en analyse basert på en sortering av prosjektene i studien i fem periodevise porteføljer (tabell 7).



Figur 16: utvikling over tid for relativ skjevhet og relativt avvik.

Figur 16 viser relativ skjevhet og relativt avvik etter år for gjennomføring av KS2. Utviklingen over tid for relativ skjevhet er analysert med en lineær regresjonsmodell. Stigningstallet for regresjonslinjen med årstall som forklaringsvariabel er  $-0.00017$ . Stigningstallet er negativt og tilsier at kvalitetssikrernes P50 estimater blir større enn etats P50 estimater hvert år. Men stigningstallet er samtidig tilnærmet lik null, noe p-verdien på 0,857 for stigningstallet bekrefter.  $R^2$  for modellen er 0,000274 og alt for lav for å hevde at sammenhengen mellom relativ skjevhet og årstall for KS2 er lineær.

Grafen som er tilpasset de relative avvikene i figur 16 er en loessfunksjon som viser kortsiktige trender i dataen. Ut fra figuren ser det ut til at det relative avviket mellom P50 estimatene avtar over tid. De to avvikene på over 15% fra 2013 ser ut til å dra opp trenden i tidsrommet rundt dette årstallet før de relative avvikene synker frem mot 2021.

Tabell 7 fremstiller deskriptiv statistikk for relativ skjevhet og relativt avvik mellom etat og kvalitetssikrer ut fra en sortering av prosjektene i fem tidsperioder. Øverste del av tabellen viser relativ skjevhet, og nederste del viser relativt avvik.

Tabell 7: Deskriptiv statistikk for relativ skjevhet og relativt avvik mellom P50 kvalitetssikrer og etat.

| Periode                 | 2000-2004 | 2005-2008 | 2009-2012 | 2013-2016 | 2017-2021 |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Antatt                  | 17        | 29        | 28        | 23        | 22        |
| <b>Relativ skjevhet</b> |           |           |           |           |           |
| Gjennomsnitt            | -2,7%     | -2,2%     | -1,6%     | -3,9%     | -1,9%     |
| Median                  | -2,2%     | -3,4%     | -1,9%     | -3,1%     | -2,9%     |
| Standardavvik           | 6,2%      | 6,8%      | 4,7%      | 6,7%      | 3,9%      |
| Maksimum                | -17,5%    | -13,9%    | -13,3%    | -25,3%    | -9,0%     |
| Minimum                 | 7,3%      | 16,3%     | 9,9%      | 6,8%      | 5,1%      |
| <b>Relativt avvik</b>   |           |           |           |           |           |
| Gjennomsnitt            | 5,0%      | 5,9%      | 3,9%      | 5,2%      | 3,6%      |
| Median                  | 4,5%      | 6,2%      | 3,4%      | 3,3%      | 4,0%      |
| Standardavvik           | 4,3%      | 3,9%      | 3,1%      | 5,7%      | 2,3%      |
| Andel avvik <2,5%       | 29%       | 21%       | 46%       | 39%       | 36%       |
| Andel avvik <5,0%       | 53%       | 45%       | 75%       | 63%       | 73%       |

Fra 2000 til 2012 er den relative skjevheten mellom etat og kvalitetssikrer synkende.

Skjevheten er på det laveste i perioden 2009-2012. Perioden med lavest relativ skjevhet etterfølges av perioden hvor skjevheten er størst. 2013-2016 er også perioden hvor en finner enkeltprosjektet med den største estimatskjevheten. Gjennomsnittlig relativ skjevhet mellom periodene er analysert med enveis variansanalyse. P-verdien fra variansanalysen er 0,681. Analysen gir ikke grunnlag for å forkaste nullhypotesen om lik gjennomsnittlig skjevhet for alle periodene.

Andelen estimer med relativt avvik under 5% er høyere i de tre siste periodene enn i de to første. Det laveste gjennomsnittlige relative avviket finner vi i perioden 2017-2021.

Medianverdien er noe lavere i de siste tre årsperiodene sammenliknet med de to første, men

de periodevise forskjellene i median relativt avvik er små. P-verdien fra en Kruskal-Wallis test for periode-vis relativt avvik er 0,18.

### *Diskusjon*

Siden oppstarten av statens prosjektmodell har kvalitetssikrer i gjennomsnitt gitt romsligere P50 estimater enn etat. Hverken regresjonsmodellen med årstall for KS2 som avhengig variabel for relativ skjevhet eller variansanalysen av periodevis relativ skjevhet gir grunnlag for å hevde noe annet. Trenden med nedadgående skjevhet hos Welde (2014c) har avtatt.

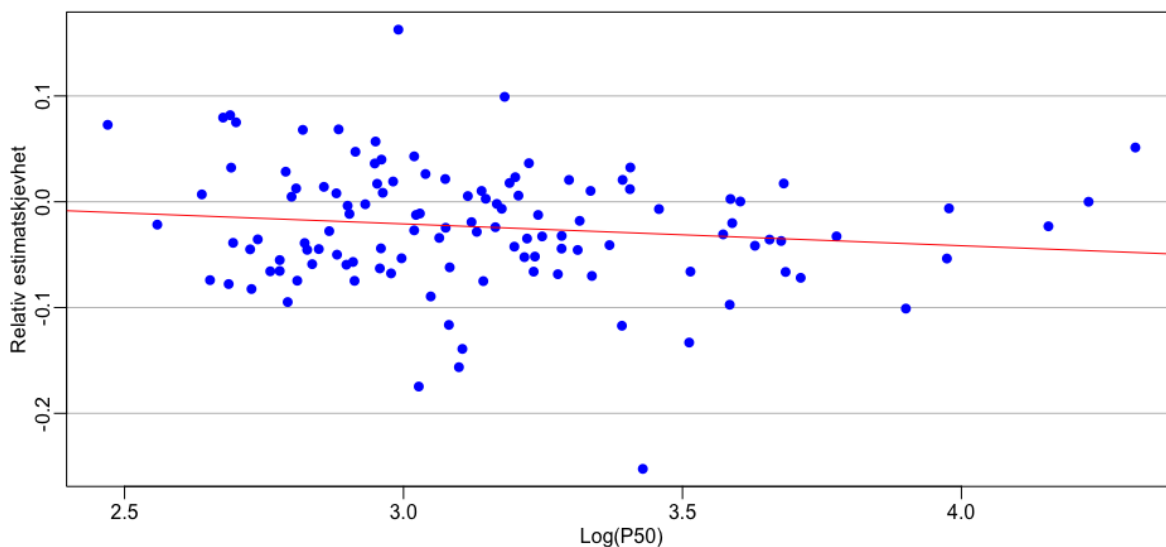
Dersom etat systematisk har for lave P50 estimater burde man forvente en bedring over tid. Datagrunnlaget fra gjennomførte prosjekter vokser for hvert år, og etatene jobber kontinuerlig med å bedre kostnadsestimeringsprosessen internt. SVV, Statsbygg og Jernbane har alle retningslinjer for hvordan prosjektdata skal dokumenteres, lagres og brukes som underlagsmaterialet i tilsvarende prosjekter senere. Etatene utdanner nye prosessledere og leier inn eksterne rådgivere å støtte seg på i estimeringsprosessene (Welde & Torp, 2016). Dette burde bidra til mer kompetanse innad i etatene etter hvert som en får mer erfaring med estimeringsprosessen og dokumentasjon fra tidligere prosjekter øker. Det er imidlertid liten periodevis endring i den relative skjevheten og det relative avviket, selv om det kan se ut som det relative avviket blir noe mindre i de tre siste periodene, sammenlignet med de to første. Hverken for relativ skjevhet eller relativt avvik finner analysen noen signifikante periodevise forskjeller. Det vil si at kvalitetssikrerne holder fast ved at etat har en tendens til å underestimere kostnaden i prosjektene. Men det kan se ut som det relative avviket mellom estimatene har blitt marginalt mindre over tid.

### 5.3 Størrelse P50 estimat

I dette delkapittelet er forskjellen mellom P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer analysert ut fra størrelsen på P50 estimatet fra etat. Først gis en grafisk fremstilling av relativ skjevhet sortert etter størrelse på etats P50 estimater (figur17). Deretter fremstilles resultat fra en analyse av gruppevis relativ skjevhet og relativt avvik ut fra en porteføljeinndeling av prosjektene etter størrelse på P50 estimat fra etat (tabell 8).

Figur 17 viser relativ estimatskjevhet mellom etat og kvalitetssikrer sortert etter størrelse på P50 estimat. Av de 119 prosjektene i studien er 74% av P50 estimatene fra etat under 2000 mnok. For å gjøre plottet mer kompakt er P50 estimatene  $\log_{10}$  transformert. Ut fra en visuell

inspeksjon ser man at kvalitetssikrer har en tendens til å gi større estimater enn etat når den estimerte investeringskostnaden fra etat blir større.



Figur 17: Relativ skjevhet etter størrelse P50 etat.

Tabell 8 viser deskriptiv statistikk for relativ skjevhet og relativt avvik basert på en gruppevis inndeling av prosjektene etter P50 estimatets størrelse. Analysen viser at kvalitetssikrer, uavhengig av størrelse på P50 estimatet fra etat, i gjennomsnitt gir romsligere estimater enn etat i alle porteføljene. Hvor mye romsligere ser ut til å ha en sammenheng med størrelse på P50 estimatet frem til prosjektstørrelsen overskrider 4000 mnok. En enveis variansanalyse av porteføljevis relative skjevhet gir en p-verdi på 0.164. Den porteføljevise økningen i relativ skjevhet er ikke stor nok for at en ikke kan forkaste nullhypotesen om at den relative skjevheten er lik mellom hver portefølje.

Tabell 8: Deskriptiv statistikk for relativ skjevhet og relativt avvik mellom etat og kvalitetssikrer for porteføljer etter størrelse på P50 estimat fra etat.

| Størrelse               | [<1000] | [1000-2000] | [2000-3000] | [3000-4000] | [4000>] |
|-------------------------|---------|-------------|-------------|-------------|---------|
| Antall                  | 49      | 39          | 11          | 6           | 14      |
| <b>Relativ skjevhet</b> |         |             |             |             |         |
| Gjennomsnitt            | -1,0%   | -2,9%       | -4,3%       | -5,7%       | -2,9%   |
| Median                  | -2,2%   | -2,5%       | -1,8%       | -4,8%       | -3,4%   |
| Standardavvik           | 5,7%    | 5,5%        | 8,2%        | 5,1%        | 3,9%    |
| Max                     | -9,5%   | -17,5%      | -25,3%      | -13,3%      | -10,1%  |
| Min                     | 16,3%   | 9,9%        | 3,2%        | 0,3%        | 5,1%    |
| <b>Relativt avvik</b>   |         |             |             |             |         |
| Gjennomsnitt.           | 4,8%    | 4,5%        | 5,7%        | 5,8%        | 3,8%    |
| Median.                 | 4,7%    | 3,2%        | 3,2%        | 4,8%        | 3,6%    |
| Standardavvik           | 3,1%    | 4,3%        | 7,3%        | 5,0%        | 2,90%   |
| Andel avvik < 2,5%      | 24,5%   | 41,0%       | 45,5%       | 33,3%       | 35,7%   |
| Andel avvik < 5,0%      | 53,1%   | 69,2%       | 72,7%       | 50,0%       | 64,3%   |

Ut fra analysen av porteføljevise relative avvik mellom etat og kvalitetssikrer ser det ikke ut til å finnes en sammenheng mellom størrelse på P50 estimat og størrelse på avvik. En Kruskal-Wallis test gir en p-verdi på 0,50. Testen viser at en ikke kan forvente større relative avvik mellom etat og kvalitetssikrer ut fra gruppeinndelingen etter størrelse.

Sammenligner man de porteføljevise relative avvikene med de porteføljevise relative skjevhetene ser man en interessant sammenheng (tabell 8). For prosjektene med P50 estimat fra etat under 4000 mnok, ser det ut til at de relative avvikene mellom kvalitetssikrer og etat holder seg rimelig konstante uavhengig av størrelse på P50 estimat, mens den relative skjevheten øker gradvis. Det betyr at når prosjektstørrelsen øker så kommer de relative avvikene i økende grad fra prosjekter hvor P50 estimatet fra kvalitetssikrer er høyere enn P50 estimatet fra etat.

### Diskusjon

Selv om variansanalysen ikke gir grunnlag for å fastslå at relativ skjevhet er forskjellig mellom porteføljene inndelt etter størrelse på P50 estimat etat, ser det likevel ut som om

størrelse kan ha en effekt. Relativ skjevhet øker gradvis mellom porteføljene frem til gruppen som inneholder prosjekter hvor P50 estimatet er større enn 4000 mnok. Prosjekter med P50 estimat fra etat under 1000 mnok har en gjennomsnittlig relativ skjevhet på - 1%, mens prosjekter med estimert P50 mellom 3000-4000 mnok har en gjennomsnittlig relativ skjevhet på -5,7%. Relativ skjevhet sortert etter størrelse for hele perioden (figur 17) viser også en trend som indikere at skjevheten mellom etat og kvalitetssikrer øker når P50 estimatet fra etat øker. Det gjennomsnittlige relative avviket i porteføljene er rimelig konstant. Det innebærer at de relative avvikene i økende grad kommer fra prosjekter hvor P50 estimatet fra kvalitetssikrer er høyere enn P50 estimatet fra etat når prosjektstørrelsen øker. Det kan tolkes dit hen at kvalitetssikrer mener etatene i større grad undervurderer P50 estimatene når investeringskostnadene øker. Store komplekse prosjekter har større risiko. De er vanskeligere å kartlegge og kostnadsberegne. I tillegg spenner realiseringen av prosjektene over lenger tid, og hvordan en usikkerhetsfaktor som marked vil påvirke prosjektene langt frem i tid kan være vanskelig å forutse (Drevland, 2013; Torp et al., 2015). Det kan virke som kvalitetssikrer hensyntar mer risiko ved store prosjekter enn etat.

Det må legges til at gruppeinndelingen i denne analysen er opphav til skjevfordeling mellom gruppene. I tillegg er spennet innad i gruppen med prosjekter over 4000 mnok stort, der de tre største prosjektene har estimert kostnad på over 10000 mnok. En annen gruppeinndeling ville kanskje gitt noe annerledes resultater. Prosjektene er heller ikke prisjustert til identisk referanseår, noe som kunne ført til en endring i gruppesammensetning. To av de sektorspesifikke indeksene som er brukt til å prisregulere P50 estimatene i oppgaven har doblet seg siden oppstarten av statens prosjektmodell (figur 13).

#### 5.4 Effekt av etat

I dette delkapittelet presenteres resultater fra analysen av relativ skjevhet og relativt avvik ut fra hvilken etat som er ansvarlig for gjennomføring av prosjektene. Fire av prosjektene i utvalget er utelatt fra analysen av hensyn til skjevfordeling, disse fordeler seg likt mellom NAV og E-helsedirektoratet. De resterende 115 prosjektene er delt inn i fire grupper. Statens veivesen er etaten med flest prosjekter i studien og har 77 flere prosjekter i utvalget enn Jernbaneverket som kun har 4. Det innebærer at den etatsvise gruppeoppdelingen av prosjektene er veldig skjevfordelt.

Deskriptiv statistikk for relativ skjevhet og avvik er fremstilt i tabell 9. Alle etatene har porteføljer hvor det er kvalitetssikrer som i gjennomsnitt gir de høyeste P50 estimatene. Statens veivesen har porteføljen med den laveste gjennomsnittlige skjevheten. Resultatet fra en enveis variansanalyse,  $p\text{-verdi} = 0,034$ , tilsier at minst en av etatene har en gjennomsnittlig relativ skjevhet som er forskjellig fra de andre etatene. En uparet t-test av relativ skjevhet mellom Statens veivesen og Forsvart gir en  $p\text{-verdi}$  på 0,001. Sammenlignet med den gjennomsnittlige skjevheten for P50 estimatene fra Statens veivesen vurderer kvalitetssikrer Forvarets P50 estimater til å være mindre tilstrekkelig for å dekke kostnadene for å gjennomføre prosjektene.

Forskjellen mellom de porteføljevise relative avvikene er små. En Kruskal-Wallis test av de relative avvikene gir en  $p\text{-verdi}$  på 0.1565. Det er derfor ikke grunnlag, med utgangspunkt i noe statistisk signifikansnivå for å hevde at en kan forvente flere store eller lave avvik fra noen av porteføljene.



Tabell 9: Deskriptiv statistikk for relativ skjevhet og relativt avvik mellom etat og kvalitetssikrer ut fra porteføljeinndeling etter statlig etat

| Etat               | Jernbanelverket | Forsvaret | Statsbygg | Statens veivesen |
|--------------------|-----------------|-----------|-----------|------------------|
| Antall             | 4               | 10        | 20        | 81               |
| Relativ skjevhet   |                 |           |           |                  |
| Gjennomsnitt       | -6,2%           | -6,8%     | -2,6%     | -1,7%            |
| Median             | -7,0%           | -6,1%     | -3,8%     | -1,3%            |
| Standardavvik      | 5,2%            | 6,0%      | 4,4%      | 5,9%             |
| Maksimum           | 0,9%            | 3,2%      | 8,2%      | 16,3%            |
| Minimum            | -11,6%          | -17,5%    | -7,8%     | -25,3%           |
| Relativt avvik     |                 |           |           |                  |
| Gjennomsnitt       | 6,6%            | 7,4%      | 4,3%      | 4,6%             |
| Median             | 7,0%            | 6,1%      | 4,4%      | 3,6%             |
| Standardavvik      | 4,5%            | 5,1%      | 2,6%      | 4,1%             |
| Andel avvik < 2,5% | 25,0%           | 10,0%     | 25,0%     | 37,0%            |
| Andel avvik < 5,0% | 25,0%           | 40,0%     | 60,0%     | 64,2%            |

### Diskusjon

Det er i prosjektene fra Statens veivesen hvor forskjellen mellom kvalitetssikrer og etats P50 estimater er minst. En rapport skrevet av Deloitte (u.å.) fant grunnlag for at veiprojekter er å anse som lavrisikoprojekter grunnet god erfaring og omfattende dokumentasjon fra tidligere prosjekter, og at Statens veivesen derfor burde få unnløstelse fra KS2 på grunn av god kostnadsstyring i sine prosjekter. Ut fra de relative forskjellene mellom Statens veivesen og kvalitetssikrers P50 estimater ser det ut til at kvalitetssikrer også mener at kostnadsestimeringsprosessen er god i en stor andel av prosjektene.

Estimatskjevheten mellom etat og kvalitetssikrer er til en viss grad etatsspesifikk.

Kvalitetssikrer vurderer Forsvarets prosjekter som mer underestimerte enn prosjektene fra Statens veivesen. I kun ett av de 10 prosjektene fra Forsvaret har etat gitt det romsligste estimatet og avvikene mellom etat og kvalitetssikrer er signifikant forskjellige fra de vi finner hos Statens veivesen. Estimeringspraksis i forsvaret skiller seg ikke nevneverdig fra de estimeringspraksis i de andre etatene (Welde & Torp, 2016). Men forsvaret har noen utfordringer med kostnadsestimering under usikkerhet som hverken Statsbygg,

Jernbanelivet, eller Statens veivesen har i like stor grad. De fleste anskaffelsesprosjekter i Forsvaret er unike prosjekter, der det finnes lite informasjon om liknende anskaffelser som kan brukes som referanseprosjekter under utarbeidelse av kostnadsestimater. Derfor samarbeides det i prosjektene tett med privat næringsliv og leverandører for å hente inn data for analysene. Dersom kvalitetssikrer vurderer grunnlagsmaterialet som er innhentet i samarbeid med mulige leverandører til prosjektene til å være utilstrekkelig, kan dette gi utslag i større endringer for kvalitetssikrernes anbefalte P50.

De etatsvise porteføljene er imidlertid veldig skjevfordelte, og en skal være forsiktig med å generalisere resultatene.

### 5.5 Effekt av kvalitetssikrer

I dette delkapittelet fremstilles resultater av analysen av relativ skjevhet og relativt avvik ut fra en porteføljeinndeling etter hvilken kvalitetssikrer som har gjennomført KS2. Fire av prosjektene i utvalget er utelatt fra analysen, disse fordeler seg likt mellom to kvalitetssikrere. De resterende 115 prosjektene er delt inn i fem porteføljer. Advansia er med sine 31 prosjekter kvalitetssikreren med flest prosjekter i utvalget, og har 17 flere prosjekter i sin portefølje enn Terramer som har 14 prosjekter.

Tabell 10 viser deskriptiv statistikk for relativ skjevhet og relativt avvik mellom hver enkelt kvalitetssikrer og etat. Kvalitetssikrerne anbefalere romsligere P50 estimater enn etat uavhengig av hvilken kvalitetssikrer som er ansvarlig for gjennomføringen av KS2. For to av kvalitetssikrerne er den relative skjevheten ikke stor nok til at en kan utelukke at tilfeldig variasjon er opphavet til at skjevheten er forskjellig fra null. En to-sidig t-test for relativ skjevhet for Advansia og Metier gir en p-verdi på henholdsvis 0,22 og 0,16.

Det er små forskjeller i den porteføljevis relative skjevhet. Om det er grunnlag for å hevde at en kvalitetssikrer skiller seg ut med tanke på gjennomsnittlig relativ skjevhet er analysert ved bruk av enveis variansanalyse. Analysen gir en p-verdi 0,44. Inndelingen av prosjekter i porteføljer etter hvilken kvalitetssikrer som har gjennomført KS2 gir ikke opphav til porteføljer hvor gjennomsnittlig relativ skjevhet mellom porteføljene er signifikant.

Tabell 10: Deskriptiv statistikk for relativ skjevhet og relativt avvik mellom etat og kvalitetssikrer ut fra porteføljeinndeling av prosjekter etter kvalitetssikrer som har gjennomført KS2.

| Kvalitetssikrer         | Advansia | Dovre  | Holte | Metier | Teramer |
|-------------------------|----------|--------|-------|--------|---------|
| Antall                  | 31       | 25     | 25    | 20     | 14      |
| <b>Relativ skjevhet</b> |          |        |       |        |         |
| Gjennomsnitt            | -1,0%    | -3,2%  | -2,3% | -2,0%  | -4,3%   |
| Median                  | -2,0%    | -3,6%  | -2,7% | -0,5%  | -4,3%   |
| Standardavvik           | 4,4%     | 5,6%   | 4,1%  | 8,8%   | 6,3%    |
| Maksimum                | 9,9%     | 8,2%   | 6,2%  | 16,3%  | 8,0%    |
| Minimum                 | -8,9%    | -17,5% | -7,8% | -25,3% | -15,7%  |
| <b>Relativt avvik</b>   |          |        |       |        |         |
| Gjennomsnitt            | 3,7%     | 5,1%   | 4,0%  | 6,0%   | 6,1%    |
| Median                  | 3,2%     | 4,5%   | 3,9%  | 3,3%   | 5,1%    |
| Standardavvik           | 2,4%     | 4,0%   | 2,5%  | 6,6%   | 4,3%    |
| Andel avvik <2,5%       | 38,7%    | 28,0%  | 36,0% | 40,0%  | 21,4%   |
| Andel avvik <5,0%       | 74,2%    | 56,0%  | 64,0% | 55,0%  | 50,0%   |

Advansia har høyest andel prosjekter der de relative avvikene er mindre enn 5% og 2,5% og har lavest gjennomsnittlig relativt avvik og lavest relativt medianavvik. Men forskjellene fra de andre kvalitetssikrernes porteføljer er små. En Kruskal-Wallis test av porteføljevis relativt avvik gir en p-verdi på 0.47. Det gir ikke grunnlag for å hevde at vi kan observere større forskjell mellom P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer hos én enkelt kvalitetssikrer enn hos øvrige kvalitetssikrere.

### **Diskusjon.**

Selv om variansanalysen ikke tilsier at gjennomsnittlig skjevhet avhenger av hvilken kvalitetssikrer som gjennomfører KS2, er det to kvalitetssikrere hvor skjevheten ikke er signifikant forskjellig fra null. Advansia sin portefølje av prosjekter består av 28 prosjekter (90,3%) fra Statens vegvesen, og 3 prosjekter fra Statsbygg. I kapittel 5.3 viser resultatene at Statsbygg og Statens veivesen er etatene hvor gjennomsnittlige relativ skjevhet er minst. Om den relative skjevheten hos Advansia påvirkes av hva slags type prosjekter som er kvalitetssikret kan være en mulig årsak, men det er vanskelig å fastslå uten en videre analyse av hva type vei og byggeprosjekter som er kvalitetssikret.

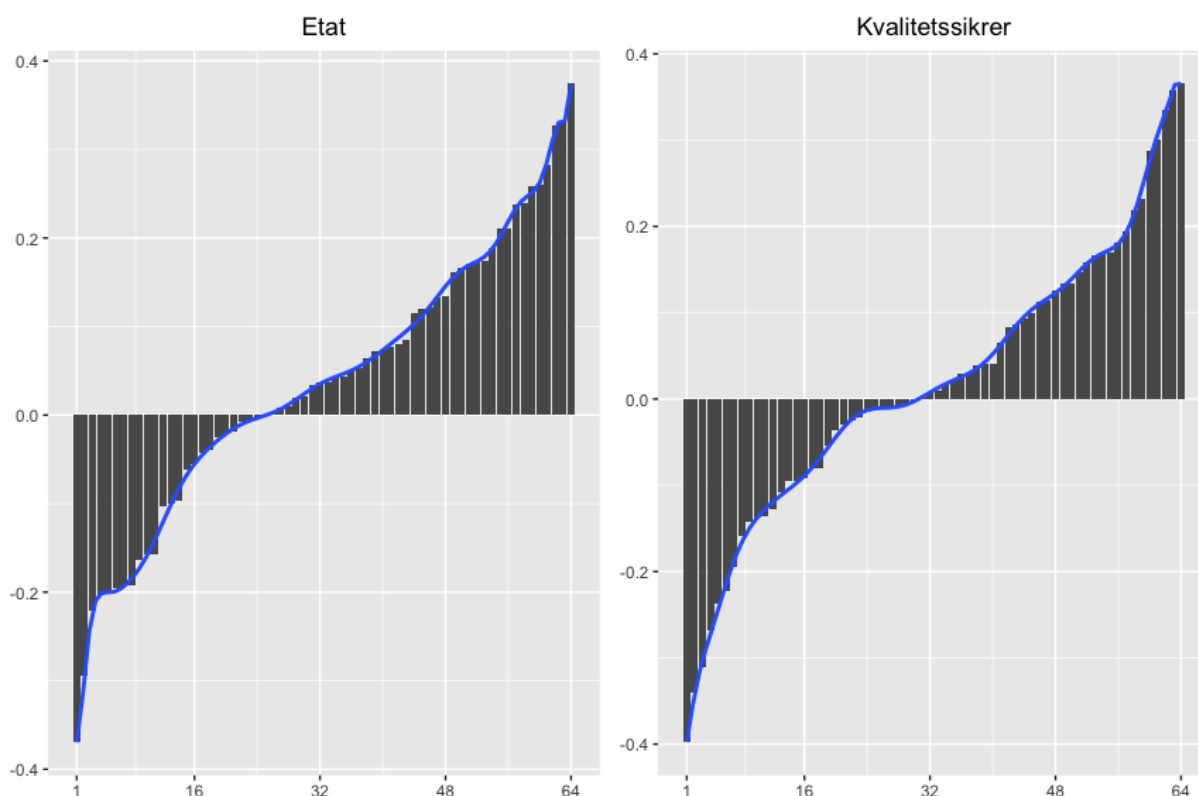
Metier er kvalitetssikreren hvor den største relative økningen og reduksjonen fra etats P50 estimat i enkeltprosjekter har funnet sted. Det er antagelig med på å bidra til at Metier er kvalitetssikreren hvor det er størst spredning i relativ skjevhet og relativt avvik mellom prosjektene. En forklaring på den ikke signifikante testscoren fra t-testen for relativ skjevhet kan være størrelsen på standardavvik hos Metier.

Kvalitetssikrerne gir i gjennomsnitt romsligere P50 estimater enn etat. Uavhengig av om utvalget i studien sorteres etter størrelse (Kapittel 5,2), tidsperiode (kapittel 5,3), etatsvise porteføljer (kapittelet 5,4) eller etter hvem som har vært kvalitetssikrer for prosjektene i KS2 anbefaler kvalitetssikrer gjennomgående P50 estimater som i gjennomsnitt er høyere enn P50 estimatene som etatene anbefaler. Analysen av de relative forskjellene mellom etat og kvalitetssikrer ut fra ulike faktorer viser at den relative skjevheten og det relative avviket er lite uavhengig av hvordan dataen sorteres. Det er med på å forsterke argumentasjonen om at kvalitetssikrer oppfatter estimeringspraksis i de statlige etatene som god.

## 5.6 Estimattrefferikkerhet etat og kvalitetssikrer

I dette delkapittelet presenteres resultater fra analysen av hvor treffsikre P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer er når de vurderes opp mot sluttkostnad. Av utvalget på 119 prosjekter som ble lagt til grunn for analysene av forskjeller mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimater, er sluttkostnad tilgjengelig for 64 av prosjektene. Disse danner utvalget som ligger til grunn for analysene i dette og de påfølgende delkapitlene.

Relativ estimatskjevhet i forhold til sluttkostnad for etats P50 estimater og kvalitetssikrers P50 estimater er fremstilt grafisk i figur 18. Figuren viser estimatskjevheten i hvert enkelt prosjekt sortert fra største relative kostnadsunderskridelse til største overskridelse. Det ser ut som kvalitetssikrers P50 estimater gir en noe mer balansert portefølje med tanke på antall overestimerte og underestimerte kostnadsanslag. I 34 av prosjektene overskrider sluttkostnaden kvalitetssikrers estimat, mens for etat overskrides estimatet i 39 av prosjektene.



Figur 18: estimatskjevhet for P50 etat og P50 kvalitetssikrer sortert fra største kostnadsunderskridelse til største kostnadsoverskridelse.

I tabell 11 fremstilles resultater fra analysen av etat og kvalitetssikrers P50 estimat vurdert opp mot sluttkostnaden i prosjektene. Resultater fra målestørrelsene estimatskjevhet og estimatavvik er fremstilt i hver sin del av tabellen.

Både etat og kvalitetssikrer anbefaler P50 estimater som i gjennomsnitt er for lave for å dekke den totale sluttkostnaden for porteføljen. Hvis P50 estimatene fra kvalitetssikrer var satt som styringsramme for alle prosjektene i porteføljen, hadde kostnadsoverskridelsen vært 2310 mnok mindre enn hvis P50 estimatene fra etat var satt som styringsramme.

Gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet for etat er 3,6% og for kvalitetssikrer 1,8%. En paret to-sidig t-test av relativ estimatskjevhet mellom etat og kvalitetssikrer gir en p-verdi på 0,02. En kan dermed konstatere med et signifikansnivå på 0,05 at P50 estimatene fra kvalitetssikrer gir lavere kostnadsoverskridelse enn P50 estimatene fra etat.

Tabell 11: Estimatskjevhet og estimatavvik etat og kvalitetssikrer.

| Portefølje                              | Etat  | Kvalitetssikrer |
|---|-------|-----------------|
| <b>Estimatskjevhet</b>                  |       |                 |
| Gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet | 3,6%  | 1,8%            |
| Gjennomsnittlig estimatskjevhet (mnok)  | 110   | 74              |
| Summert estimatskjevhet (mnok)          | 7026  | 4716            |
| Median relativ estimatskjevhet          | 3,8%  | 0,9%            |
| Median estimatskjevhet (mnok)           | 39    | 13              |
| <b>Estimatavvik</b>                     |       |                 |
| Gjennomsnittlig relativt estimatavvik   | 12,7% | 12,5%           |
| Gjennomsnittlig estimatavvik (mnok)     | 200   | 194             |
| Median relativt estimatavvik            | 10,9% | 10,3%           |
| Median estimatavvik (mnok)              | 101   | 108             |
| Andel nøyaktig estimer, c = 10%         | 48,4% | 50,0%           |
| Andel nøyaktig estimer, c = 20%         | 76,6% | 79,7%           |
| Andel nøyaktig estimer, c = 30%         | 93,8% | 89,1%           |
| Summert estimatavvik (mnok)             | 12816 | 12384           |

Gjennomsnittlig relativt estimatavvik er tilnærmet like for etat og kvalitetssikrer. Avviket er 0,2% høyere for etat, som tilsvarer 6 mnok i snitt per prosjekt. Kvalitetssikrer har flere prosjekter med relativt estimatavvik under 10% og 20% sammenlignet med etat, men etat har færre prosjekter med relativt estimatavvik over 30%. En Mann-Whitney-Wilcoxon test for relativt estimatavvik mellom etat og kvalitetssikrer gir en p-verdi 0,75. Forskjellen i median er ikke stor nok til å gå bort fra utgangshypotesen om at estimatavvikene fra kvalitetssikrer og etat følger en helt identisk fordeling. Det vil si at vi ikke kan forvente å se flere mindre avvik fra sluttkostnad for P50 estimatene fra kvalitetssikrer sammenlignet med etat. Dersom en sammenligner relativt estimatavvik mellom etat og kvalitetssikrer i hvert enkelt prosjekt og summerer opp antallet prosjekter der avviket er minst for kvalitetssikrer, er dette tilfellet i nøyaktig halvparten av prosjektene.

Av de 119 prosjektene som ble lagt til grunn for analysene av estimatforskjeller mellom etat og kvalitetssikrer i kapittel 5.1, er det relative avviket mellom P50 estimatene fra etat og

kvalitetssikrer større enn 10% i ni av prosjektene. Av disse ni er sluttkostnad tilgjengelig i fem prosjekter. Tabell 12 viser relativt avvik mellom etat og kvalitetssikrer, relativt estimatavvik for etat og relativt estimatavvik for kvalitetssikrer i disse fem prosjektene. I ett av prosjektene har kvalitetssikrer anbefalt et P50 estimat som gir lavere relativt estimatavvik i forhold til sluttkostnad enn P50 estimatet fra etat. I de fire andre prosjektene har etat lavere relativt estimatavvik enn kvalitetssikrer. Det ser ikke ut til at store forskjeller mellom etat og kvalitetssikrer sitt P50 estimat i enkeltprosjekter er synonymt med at P50 estimatet fra kvalitetssikrer treffer bedre på sluttkostnad enn P50 estimatet fra etat.

Tabell 12: Relativt estimatavvik i prosjekter der relativt avvik mellom P50 etat og kvalitetssikrer er større enn 10%.

| Etat      | Relativt avvik P50 etat/kvalitetssikrer | Estimatavvik Etat | Estimatavvik Kvalitetssikrer |
|-----------|---|-------------------|------------------------------|
| SVV       | 11,7%                                   | 26,1%             | 11,3%                        |
| Forsvaret | 17,5%                                   | 16,4%             | 31,0%                        |
| SVV       | 16,3%                                   | 17,4%             | 36,5%                        |
| Jernbane  | 11,6%                                   | 1,0%              | 10,7%                        |
| SVV       | 15,6%                                   | 7,4%              | 9,4%                         |

### Diskusjon

Både kvalitetssikrer og etat anbefaler P50 estimater som ikke er tilstrekkelig for å dekke den totale kostnaden for prosjektporteføljen. Kostnadsestimater for store statlige investeringsprosjekter er som regel høyreskjeve, ikke normalfordelte. Hvis kostnadsfordelingene til et prosjekt ikke er normalfordelt, men høyreskjevt, vil bruken av median som styringsramme føre til systematisk underskridelse av prosjektkostnaden. Styringsrammen settes noe lavere enn forventet kostnad i prosjektene ved å bruke P50. Bakgrunnen for denne praksisen kan være en feiltolkning av sentralgrenseteoremet. Det er ikke en rimelig antagelse at elementene i en kostnadskalkyle er uavhengige, og dersom en deler opp grunnkalkylen i nok elementer for at summen av elementene skal gå mot en normalfordeling vil en trolig ha regnet bort mye av usikkerheten i investeringskostnaden (Welde, 2017). Dermed kan estimatskjevheten til prosjektene like gjerne stamme fra feil valg av estimat som grunnlag for styringsramme som fra mangelfull kostnadsestimeringsprosess.

Forskjellen i gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet mellom etat og kvalitetssikrer er liten, 1,8%, men man kan fastslå med et signifikansnivå på 0,05 at kvalitetssikrernes estimater på porteføljenivå ville gitt lavere kostnadsoverskridelser. Det vil si at kvalitetssikrerne har anbefalt P50 estimater som i gjennomsnitt fungerer bedre som styringsramme.

I kapittel 5.1 fant vi at kvalitetssikrer i gjennomsnitt gir romsligere P50 estimater, den relative skjevheten var på -2,4%. Når etatene anbefaler P50 estimater som i gjennomsnitt er underestimerte, er effekten av at kvalitetssikrer gir romsligere P50 estimater en bedre estimeringskjevhet for hele porteføljen. Dette kan grunne i at kvalitetssikrer er dyktigere til å estimere kostnader i store statlige investeringsprosjekter, at kvalitetssikrer har fordelene av å estimere kostnaden etter at de har evaluert arbeidet som er gjennomført av etat, eller at P50 som kvalitetssikrerne anbefaler legges nærmere det som er forventet kostnad i etats kostnadsestimat.

Forskjellen mellom etat og kvalitetssikrers relative estimatavvik for prosjektene i studiene er ikke signifikant på noe testnivå. Ut fra målestørrelsene som er brukt for estimeringsfeil er det ingen empiriske bevis som tilsier at kvalitetssikrer gir mer treffsikre estimater enn etat.

Gjennomsnittlig relativt estimatavvik og median relativt estimatavvik er marginalt lavere for kvalitetssikrer. Men i 50% av prosjektene er det relative estimatavviket mindre for etats P50 estimater, og i 4 av 5 prosjekter hvor det relative avviket mellom etat og kvalitetssikrer sitt P50 estimat er over 10%, er estimatavviket i forhold til sluttkostnad størst hos kvalitetssikrer. Selv om relativ estimatskjevhet hos kvalitetssikrer er mindre som følge av romsligere P50 estimater, observeres ikke tilsvarende effekt på relativt estimatavvik.

Sammenliknet med Welde (2014c) har den gjennomsnittlige relative estimatskjevheten økt både for etat og kvalitetssikrer. Etat og kvalitetssikrer hadde der en gjennomsnittlig estimatskjevhet på henholdsvis 2,0% og 0,5%. Tilstanden der kvalitetssikrer har lavere estimatskjevhet enn etat er konsistent. Datagrunnlaget hos Welde (2014c) kan ha forandret seg noe, da sluttkostnaden i noen av prosjektene kan ha økt siden studien ble gjennomført. Det er heller ikke sikkert at alle prosjektene hos Welde (2014) er tatt med i utvalget i denne studien. I tillegg kan forskjellig bruk av indekser for å prisregulere P50 estimatene også ha påvirket resultatet. Der Welde (2014c) har benyttet seg av sektorspesifikk indeks for forsvarssektor, er det i denne studien brukt SSB KPI indeks. Historisk sett har imidlertid den sektorspesifikke indeksen for forvaret vært samsvarende med KPI indeks (Welde, 2014b). Dessuten er det kun tre prosjekter fra forsvaret med i utvalget, så dette påvirker trolig ikke



resultatet i vesentlig grad. Til tross for disse forbeholdene er det rimelig å anta at økningen er et resultat av større kostnadsoverskridelser i prosjektene som er fullført etter 2014.

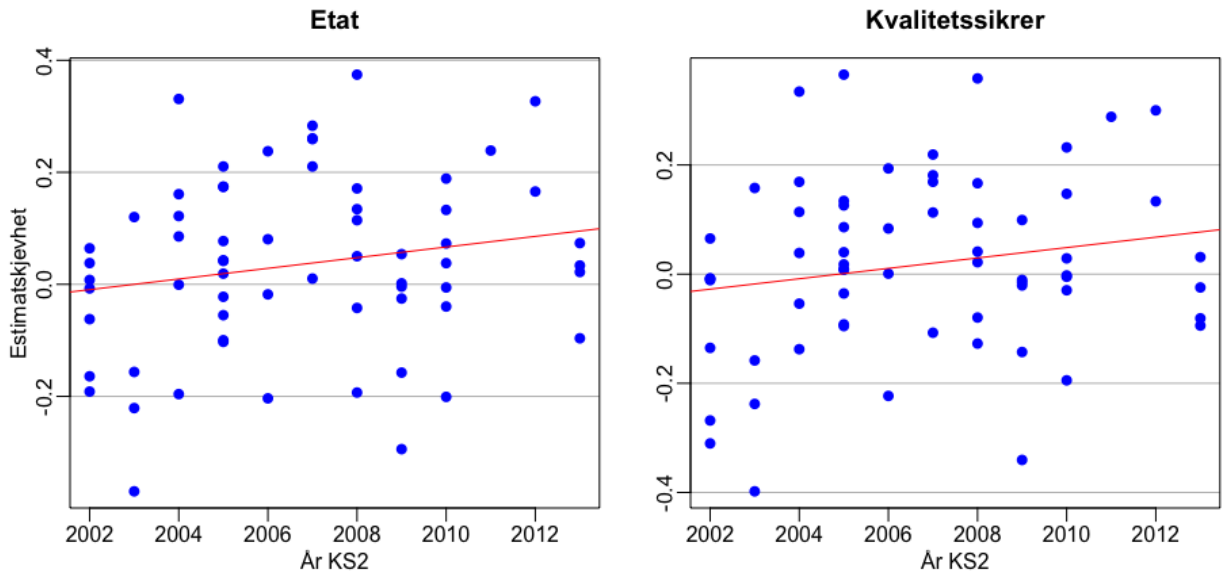
Resultatene i kapittel 5.7 fra undersøkelsen av hvordan forholdet mellom P50 estimater og sluttkostnader har utviklet seg over tid synes å understøtte denne antagelsen. Analysen her indikerer at prosjekter som er gjennomført etter 2014 har hatt større kostnadsoverskridelser enn prosjektene som er fullført før 2014. At kvalitetssikrer sitt P50 har gitt større kostnadsoverskridelser i prosjekter som er gjennomført i nyere tid stemmer overens med funn hos Welde (2019).

### 5.7 Utvikling over tid

I dette delkapittelet fremstilles resultater fra analysen av hvordan forholdet mellom P50 estimater og sluttkostnader har utviklet seg hos etat og kvalitetssikrer siden oppstarten av statens prosjektmodell. Utviklingen over tid er analysert ut fra årstallet prosjektene har gjennomført KS2.

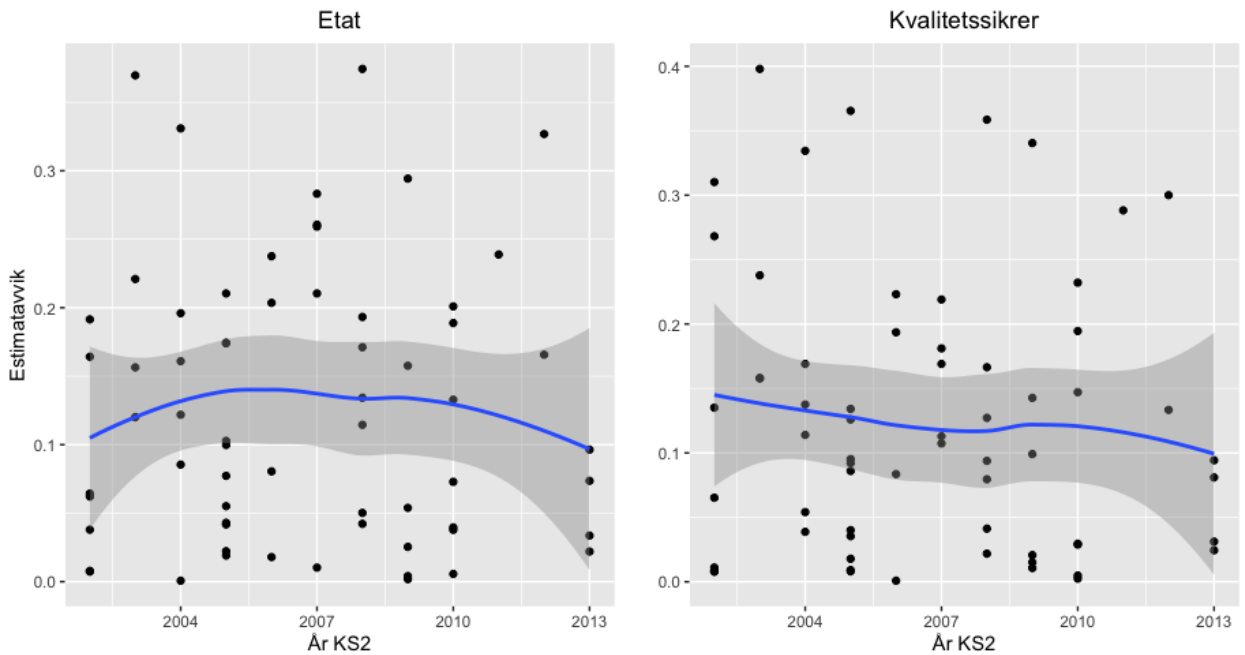
I figur 19 er fremstilt relativ estimatskjevhet for etat og kvalitetssikrer etter årstall for gjennomføring av KS2. Til venstre i figuren vises estimatskjevhet for etat, til høyre vises estimatskjevhet for kvalitetssikrer. En lineær regresjonsmodell for estimatskjevhet gir tilsvarende koeffisient for årstall som forklaringsvariabel for både etat og kvalitetssikrer. Stigningstallet for regresjonslinjene er 0,01 og tilsvarer en endring i gjennomsnittlige estimatskjevhet på 1,0% hvert år.

Regresjonslinjene viser at både etat og kvalitetssikrer går fra å anbefale for romslige P50 estimater til å underestimere kostnaden for prosjektene. Regresjonslinjen for estimatskjevhet til kvalitetssikrer er noe forskjøvet i forhold til etat, det er et resultat av romsligere estimater fra kvalitetssikrer gjennom hele tidsrommet.  $R^2$  for regresjonsmodellene er 0,034 for kvalitetssikrer og 0,037 for etat. Ser man føyningsmålet i sammenheng med hvordan spredningen av relativ estimatskjevhet mellom prosjektene ser ut i figur 19, så ser det ikke ut som forholdet mellom årstall og relativ estimatskjevhet er lineært for hverken etat eller kvalitetssikrer.



Figur 19: Estimatskjevhet for etats og kvalitetssikrernes P50 estimater etter år for gjennomføring av KS2.

I figur 20 er fremstilt de relative estimatavvikene for etat og kvalitetssikrers P50 estimater etter årstall for KS2. En loessfunksjon er brukt for å fremstille trender i de relative estimatavvikene.



Figur 20: Estimatavvik for P50 etat og kvalitetssikrer etter år for gjennomføring av KS2

Figuren viser at etat har stigende relativt estimatavvik for prosjekter som er kvalitetssikret i starten av perioden, før avvikene synker gradvis frem mot 2013. For kvalitetssikrer er trenden synkende for hele perioden, med unntak av en liten korreksjon for prosjektene hvor KS2 er gjennomført rundt 2008.

I tabell 13 fremstilles resultatene av en analyse hvor prosjektene er delt inn i tre porteføljer ut fra årene prosjektene har fullført KS2. Gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet for de tre porteføljene viser at P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer i gjennomsnitt er overestimert i perioden 2000-2004. I de etterfølgende to periodene er P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer underestimert. Men gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet for etat og kvalitetssikrer er lavere i perioden 2009-2013 enn i perioden 2005-2008. En enveis variansanalyse av porteføljevis relativ estimatskjevhet for etat gir en p-verdi 0,089.

Tilsvarende analyse av kvalitetssikrers estimatskjevhet gir en p-verdi på 0,086.

Variansanalysen viser at utgangshypotesen om lik gjennomsnittlig estimatskjevhet for alle periodene kan forkastes med et signifikansnivå på 0,10. En uparet t-test av gjennomsnittlig estimatavvik fra perioden 2000-2004 mot 2005-2008 for etat gir en p-verdi på 0,035.

Tilsvarende test mellom tilsvarende perioder for kvalitetssikrer gir en p-verdi 0,035. P50 estimatene har skiftet fra være overestimert til å bli underestimert, og differansen i relativ estimeringskjevhet mellom periodene er forskjellig med et signifikansnivå 0,05. Nedgangen fra perioden 2005-2008 til 2009-2013 er ikke signifikant på 95% testnivå for hverken etat eller kvalitetssikrer.

Forskjellen i relativ estimatskjevhet mellom etat og kvalitetssikrer er liten i alle årsperiodene. Størst forskjell finner vi i perioden 2000-2004, hvor gjennomsnittlige estimatskjevhet hos etat er 2,4% lavere enn hos kvalitetssikrer. P-verdien fra en paret tosidig t-test av relativ estimatskjevhet mellom etat og kvalitetssikrer i hver periode er vist nederst i tabell 13. Den periodevise relative estimatskjevheten fra kvalitetssikrer og etat og følger samme trend.

Tabell 13: Estimatskjevhet og estimatavvik årsperioder for kvalitetssikrer og etat P50

| Årsperiode                              | [2000-2004] | [2005-2008] | [2009-2013] |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Antall                                  | 17          | 27          | 20          |
| Etat                                    |             |             |             |
| Gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet | -2,6%       | 8,1%        | 2,6%        |
| Median relativ estimatskjevhet          | -0,1%       | 7,7%        | 2,8%        |
| Gjennomsnittlig relativt estimatavvik   | 13,5%       | 13,6%       | 10,9%       |
| Median relativt estimatavvik            | 12,2%       | 11,5%       | 7,3%        |
| Kvalitetssikrer                         |             |             |             |
| Gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet | -5,0%       | 6,2%        | 1,5%        |
| Median relativ estimatskjevhet          | -1,1%       | 4,1%        | -0,8%       |
| Gjennomsnittlig relativt estimatavvik   | 15,3%       | 11,8%       | 11,1%       |
| Median relativt estimatavvik            | 12,2%       | 9,5%        | 8,8%        |
| Paret t-test                            |             |             |             |
| P-verdi                                 | 0,09        | 0,18        | 0,31        |
| Mann-Whitney-Wilcoxon test              |             |             |             |
| P-verdi                                 | 0,68        | 0,37        | 0,88        |

For etat holder gjennomsnittlige relativt estimatavvik seg konstant i de to første årsperiodene, før det skjer en reduksjon i den siste perioden, mens median relativt estimatavvik blir gradvis mindre for hver periode. Kvalitetssikrer gir periodevis mer treffsikre estimater, både gjennomsnittlig relativt estimatavvik og median relativt estimatavvik blir mindre for hver periode. De periodevise forskjellene er testet med en Kruskal-Wallis test. For etat gir testen en p-verdi på 0,454, for kvalitetssikrer gir testen en p-verdi på 0,456. Selv om det har vært en periodevis reduksjon gir ikke testen grunnlag for at det kan forventes færre lave avvik i noen av periodene, sammenlignet med de andre periodene. I prosjektene som har fullført KS2 i perioden 2009-2013 har etat lavere relativt estimatavvik enn kvalitetssikrer. Men forskjellen er ikke signifikant på noe statistisk testnivå (tabell 13).

### Diskusjon

Fra estimatskjevheten til etat og kvalitetssikrer ser vi at P50 estimatene har skiftet fra å være overestimerte til å bli underestimerte over tid. I perioden 2000-2004 er P50 estimatene fra

både etat og kvalitetssikrer romsligere enn sluttkostnad. I de to etterfølgende periodene er sluttkostnaden i gjennomsnitt større enn P50 estimatene. Estimatskjevheten er størst i perioden 2005 til 2009, og gjennomsnittlig relativt estimatavvik mellom periodene 2000-2004 og 2005-2009 er forskjellig med et signifikansnivå på 0,05 for etat og kvalitetssikrer. En mulig årsak til den høyere estimatskjevheten for prosjektene som er kvalitetssikret i perioden 2005-2008 er den økonomiske høykonjunktoren i forkant av finanskrisen i 2008. En usikkerhetsfaktor som er til stede i alle investeringsprosjekter er marked, dette er blant de største driverne til usikkerhet i kostnadsestimatene i flere KS2-rapporter (Welde 2017). Perioden før finanskrisen i 2008 var preget av høy etterspørsel av entreprenørtjenester og økte priser på innsatsfaktorer. Når prosjektene har tidsrammer for gjennomføringsfasen som strekker seg over flere år er det vanskelig å redegjøre for hvordan konjunkturer vil påvirke prosjektkostnaden. At kostnadsoverskridelsene er større for prosjekter som er vedtatt i perioden før finanskrisen er funnet i tidligere studier på kostnadskontroll (Welde, 2017, Welde 2019). Det indikerer at økonomiske årsaker kan være en forklaring på avvikene som observeres.

Statens prosjektmodell ble innført for å bidra til kostnadseffektivt bruk av offentlige midler og øke nytten i offentlige investeringsprosjekter. Ordningen var en reaksjon på store kostnadsoverskridelser i store statlige investeringsprosjekter. I perioden rett etter innføringen av KS2 ser det ut til at den har hatt en umiddelbar effekt ved at estimatene i gjennomsnitt er overestimert. Denne perioden etterfølges av en økonomisk høykonjunktur hvor estimatene ikke var tilstrekkelig for å dekke sluttkostnaden i prosjektene. Den siste perioden har det vært, både med henblikk på skjevhet og avvik, en bedring i estimatene sammenlignet med perioden 2005-2008. Etatene jobber kontinuerlig for å bedre kostnadsestimeringsprosessene internt, og legger inn erfaringsdata fra gjennomførte prosjekter og analyser, som kan brukes som underlag i nye analyser (Torp, Welde 2016). Reduksjonen i estimatavvik kan tyde på at estimeringsprosessene i etatene har blitt bedre over tid. Men samtidig har den gjennomsnittlige estimatskjevheten i prosjekter hvor etat og kvalitetssikrer har gjennomført usikkerhetsanalyse av kostnad økt siden Welde (2014). Over tid viser resultatene at P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer ville fungert rimelig godt som styringsramme for prosjektene, med en reservasjon for perioden 2005-2008. Det er mulig at estimatskjevheten som observeres for P50 estimatene som er vedtatt i perioden 2009-2013 er så liten som en kan forvente når P50 brukes som styringsramme. Det er som nevnt i diskusjonen i kapittel 5.6

mer rimelig å anta at estimert kostnad for et prosjekt følger en høyereskjev fordeling, ikke en normalfordeling.

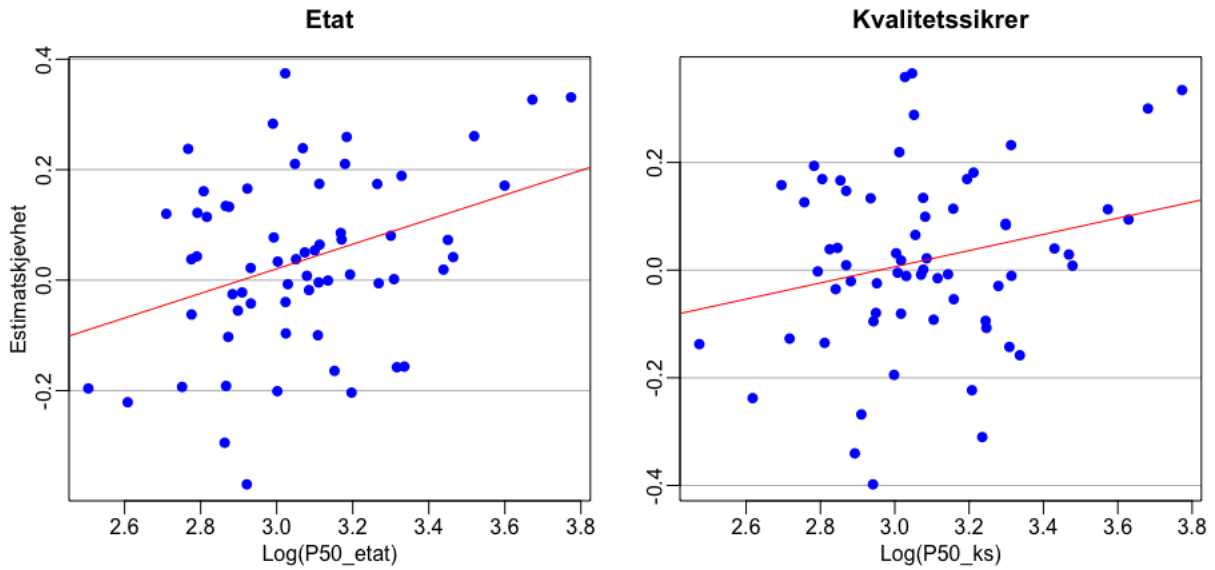
Kostnadsestimatene fra etat og kvalitetssikrer følger samme trend. Det er ingen statistisk signifikant forskjell for hverken estimatskjevhet eller estimatavvik mellom etat og kvalitetssikrer. Resultatene fra kapittel 5.2 viser at kvalitetssikrer i gjennomsnitt har gitt romsligere P50 estimater enn etat fra oppstarten av startens prosjektmodell og frem til i dag. Dette gir utslag i lavere gjennomsnittlig estimatskjevhet sammenlignet med etat i periodene hvor etat har underestimerte P50 estimater. Når etat gir for romslige kostnadsestimater resulterer dette i større estimatskjevhet for kvalitetssikrer. Forskjellen mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimater gir ikke utslag på treffsikkerheten til P50 estimatene. Etat har lavere gjennomsnittlig relativt estimeringsavvik i to av tre årsperioder.

### 5.8 Estimattreffsikkerhet etter størrelse på P50 estimat

I dette kapittelet fremstilles resultater fra analysen av hvordan størrelsen på P50 estimater påvirker estimattreffsikkerheten

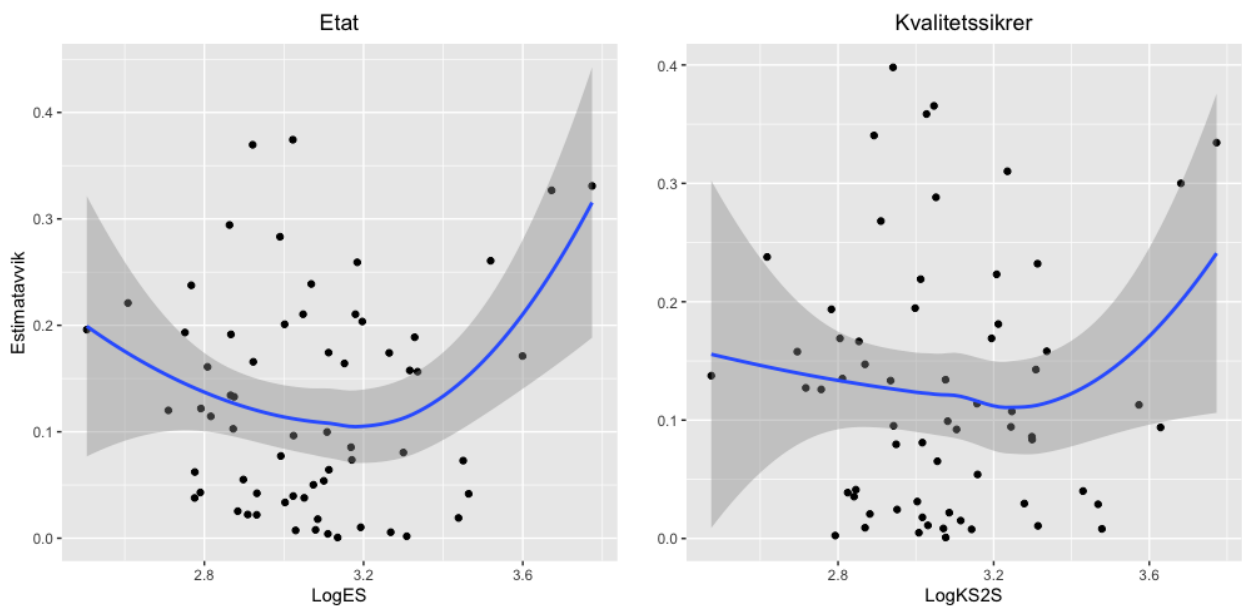
Estimatskjevhet etter størrelse på P50 estimat er fremstilt i figur 21. Bildet til venstre i figuren viser estimatskjevhet for etat, bildet til høyre viser estimatskjevhet for kvalitetssikrer. P50 estimatene er  $\log_{10}$  transformert for et mer kompakt plott.

Estimatskjevhet etter størrelse på P50 estimater fra etat og kvalitetssikrer ser ut til å følge samme trend, der prosjektene med de laveste P50 estimatene er overestimerte, og prosjektene med de største P50 estimatene er minst tilstrekkelig for å dekke sluttkostnad i prosjektene. Ved en grafisk inspeksjon ser det ut som sammenhengen mellom størrelse og estimatskjevhet er større for etatene enn for kvalitetssikrer.



Figur 21: Estimatskjævheth etter størrelse P50 for etat og kvalitetssikrer.

Figur 22 viser relativt estimatavvik for etat og kvalitetssikrer etter størrelse på P50 estimater. For både etat og kvalitetssikrer ser det ut til at prosjektene med P50 estimater nærmere terskelverdien for statens prosjektmodell og prosjektene med de største P50 estimatene tenderer mot større relative avvik mellom estimat og sluttkostnad. En annen observasjon er at estimatavviket ser ut til å være lavere der hvor det finnes flere prosjekter som har tilnærmet like store P50 estimater.



Figur 22: Estimatavvik etter størrelse P50 for etat og kvalitetssikrer.

I tabell 14 er prosjektene delt inn og analysert porteføljevis etter størrelse på P50 estimatet i prosjektene. De tre porteføljene består av prosjekter under 1000 mnok, prosjekter fra 1000 til og med 2000 mnok, og prosjekter større enn 2000 mnok. Siden P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer ikke er identiske i prosjektene, er det noe variasjon mellom størrelsen på porteføljene til etat og kvalitetssikrer.

Tabell 14: Portefølje estimatskjevhet og estimatavvik for P50 etat og kvalitetssikrer.

| Størrelse                               | [ <1000] | [1000-2000] | [>2000] |
|---|----------|-------------|---------|
| <b>Etat</b>                             |          |             |         |
| Antall                                  | 25       | 28          | 11      |
| Gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet | -0,5%    | 4,6%        | 10,0%   |
| Median relativ estimatskjevhet          | 2,2%     | 3,6%        | 7,3%    |
| Gjennomsnittlig relativt estimatavvik   | 13,7%    | 10,6%       | 15,7%   |
| Median relativt estimatavvik            | 12,2%    | 7,7%        | 15,8%   |
| <b>Kvalitetssikrer</b>                  |          |             |         |
| Antall                                  | 24       | 29          | 11      |
| Gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet | -3,8%    | 4,1%        | 7,6%    |
| Median relativ estimatskjevhet          | -2,3%    | 1,8%        | 4,0%    |
| Gjennomsnittlig relativt estimatavvik   | 13,7%    | 11,3%       | 13,3%   |
| Median relativt estimeringsavvik        | 13,4%    | 8,6%        | 11,3%   |

Gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet (tabell 14) viser at både etat og kvalitetssikrer i snitt gir for romslige estimater for prosjektene med P50 estimater under 1000 mnok, mens de for prosjektene med P50 estimater større enn 1000 mnok i snitt gir estimater som er for lave til å dekke sluttkostnad. Den porteføljevise inndelingen viser samtidig at høyere P50 estimat gir større gjennomsnittlig estimatskjevhet for både etat og kvalitetssikrer. Mellom to av porteføljene er det en signifikant forskjell for kvalitetssikrernes P50 estimater. En enveis variansanalyse av porteføljevis relativ estimatskjevhet for kvalitetssikrer gir en p-verdi på 0,09. En videre undersøkelse ved bruk av en tosidig t-test av kvalitetssikrers estimatskjevhet mellom gruppene [<1000] mnok og [2000>] gir en p-verdi på 0.048. For kvalitetssikrernes P50 estimater er den porteføljevise gjennomsnittlige relative estimatskjevheten forskjellig



med et signifikansnivå på 0,05. Lignende analyse av etat gir ikke utslag i signifikant forskjell mellom noen av porteføljene.

Det relative estimatavviket ser også ut til å påvirkes av størrelsen på den estimerte investeringskostnaden, men det er ikke en lineær sammenheng. Både hos etat og kvalitetssikrer er det prosjektene med estimert P50 mellom 1000-2000 mnok som har lavest gjennomsnittlige relativt estimeringsavvik og lavest relativt median estimeringsavvik. Den porteføljevise forskjellen er ikke stor hos kvalitetssikrer. Noe som en Kruskal-Wallis test bekrefter (p-verdi = 0,46). Forskjellen mellom de porteføljevise relative avvikene hos etat er noe større enn hos kvalitetssikrer, men en Kruskal-Wallis test (p-verdi = 0,33) for etat gir ikke grunnlag for å gå bort fra utgangshypotesen om at medianverdier i porteføljene er like.

### ***Diskusjon.***

Analysen av relativ estimatskjevhet indikerer at størrelse på P50 estimat har en effekt på treffsikkerhet. Prosjektene med P50 estimer under 1000 mnok har en gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet som tilsier at prosjektene gjennomføres med sluttkostnad som i snitt er lavere enn P50 estimatene. Prosjektene med P50 estimat over 1000 mnok har en relativ estimatskjevhet som tilsier at prosjektene gjennomføres med sluttkostnad som i snitt ligger over P50 estimatene. Større kostnadsestimater tilsvarer større kostnadsoverskridelser. Dette gjelder både for etat og kvalitetssikrer. Differansen mellom gjennomsnittlig estimatskjevhet for porteføljen med de minste prosjektene og porteføljen med de største prosjektene er 10,5% for etat og 11,5% for kvalitetssikrer. For kvalitetssikrer er forskjellen mellom disse gruppene signifikant på 95% testnivå. For etatene er porteføljeinndelingen etter størrelse også opphav til forskjeller i estimatskjevhet. Selv om inndelingen i porteføljer ikke gir noen signifikante testverdier ut fra enveis variansanalyse og t-test mellom porteføljene viser resultatene at estimatskjevheten øker når P50 estimatene øker.

Ser en størrelse på prosjekt i sammenheng med hvilke perioder prosjektene stammer fra, kan perioden 2000-2004 være med på å forklare noe av tendensen til at prosjektene med størrelse under 1000 mnok i gjennomsnitt er overestimert. 47% av prosjektene hvor kvalitetssikrer har gitt P50 estimat under 1000 mnok stammer fra perioden 2000-2004. Disse prosjektene har i snitt en gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet på -10%. Effekten av størrelse kan være påvirket av at P50 estimatene ikke er prisjustert opp til et felles referanseår for alle prosjektene, men er justert opp til kroneverdiåret for sluttkostnaden i det enkelte prosjekt. To

av indeksene som brukes for å prisjustere P50 estimatene i oppgaven har doblet seg siden oppstarten med prosjektmodell. Det er ikke urimelig å anta at gruppeinndelingen ville forandret seg noe dersom alle P50 estimatene var justert opp til et prisnivå som tilsvarer 2022-nivå.

At den relative estimatskjevheten er større i prosjektene med de største P50 estimatene kan forklares med at usikkerheten er vanskeligere å kartlegge i større prosjekter. Store prosjekter er mer komplekse. I tillegg vil lengre varighet for gjennomføringsfasen gjøre det vanskeligere å estimere usikkerhetsfaktorer i prosjektene (Drevland, 2013; Torp et al., 2015). Det er også færre prosjekter som kan brukes som sammenligningsgrunnlag.

Porteføljen som har prosjekter med P50 estimater mellom 1000 og 2000 mnok, er porteføljen som har det største utvalget av prosjekter. Det store utvalget gjør at sammenlikningsgrunnlaget og underlagsmaterialet for kostnadsanalysen har vært større for mange av prosjektene i denne porteføljen. Det kan være en årsak til at vi her finner det laveste gjennomsnittlige relative estimatavviket.

Tidligere studier på kostnadskontroll i statlige investeringsprosjekter i Norge har funnet varierende resultater når det gjelder spørsmålet om i hvilken grad prosjektstørrelse påvirker kostnadsoverskridelser. Berg et al. (2022) finner liten støtte for at prosjektstørrelse kan forklare variasjonen i kostnadsavvik i investeringsprosjekter i Norge. Welde et al. (2019) ser en tendens til at størrelse på estimert kostnad for prosjekter som har vært gjennom KS2 ordningen gir større estimatskjevhet. Utvalget hos Welde et al. (2019) er godt representert blant prosjektene i utvalget i denne studien.

### 5.9 Effekt av etat på estimattreffsikkerhet

I delkapittelet analyseres prosjektene ut fra en porteføljeinndeling etter hvilken etat som er ansvarlig for prosjektet. Estimatskjevhet og estimatavvik mellom P50 estimater og sluttkostnad analyseres porteføljevis for å undersøke forskjeller mellom etatenes estimattreffsikkerhet. Det gjøres også en sammenligning av den enkelte etat og kvalitetssikrernes estimattreffsikkerhet for porteføljen. Det er fire forskjellige etater som har prosjekter med tilgjengelig sluttkostnad i studien: Forsvaret, Jernbaneverket, Statsbygg og Statens veivesen (SSV).

Tabell 15: Estimatskjevhet og estimatavvik for porteføljeinndeling etter etat.

| Portefølje                              | Forsvaret | Jernbane | Statsbygg | SVV   |
|---|-----------|----------|-----------|-------|
| Antall                                  | 3         | 4        | 13        | 44    |
| Etat                                    |           |          |           |       |
| Gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet | 6,5%      | 5,0%     | 2,3%      | 3,6%  |
| Median relativ estimatskjevhet          | 12,0%     | 6,2%     | 2,2%      | 3,8%  |
| Gjennomsnittlig relativt estimatavvik   | 17,4%     | 10,0%    | 13,7%     | 12,3% |
| Median relativt estimatavvik            | 16,4%     | 10,7%    | 16,1%     | 8,1%  |
| Kvalitetssikrer                         |           |          |           |       |
| Gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet | 1,4%      | -1,8%    | 0,12%     | 2,6%  |
| Median relativ estimatskjevhet          | 15,8%     | -2,5%    | -2,1%     | 0,9%  |
| Gjennomsnittlig relativt estimatavvik   | 22,1%     | 8,2%     | 11,9%     | 12,5% |
| Median relativt estimatavvik            | 19,4%     | 8,9%     | 13,3%     | 9,5%  |
| Paret to-sidig t-test                   |           |          |           |       |
| P-verdi                                 | 0,82      | 0,42     | 0,72      | 0,78  |
| Mann Whitney Wilcoxon test              |           |          |           |       |
| P-verdi                                 | 0,7       | 0,49     | 0,58      | 0,58  |

Porteføljevise estimatskjevheter og estimatavvik er vist i tabell 15. Tabellen er delt i tre, der øverste del tilhører etat, midterste del kvalitetssikrer og nederste del viser p-verdien fra en t-test av relativ estimatskjevhet og en Mann-Whitney-Wilcoxon test av relativt estimatavvik mellom etat og kvalitetssikrer i hver portefølje.

Mellom de etatsvise porteføljene er forskjellene i relativ estimatskjevhet små. En enveis variansanalyse av relativ estimatskjevhet for etatenes P50 estimer gir en p-verdi på 0,978. P-verdien tilsier at porteføljeinndelingen etter etat ikke gir opphav til en gruppeinndeling hvor gjennomsnittlig estimatskjevhet hos en av etatene er forskjellig fra de andre etatenes gjennomsnittlige estimatskjevhet.

I alle porteføljene er det kvalitetssikrerne som anbefaler P50 estimatene som minimerer estimatskjevheten for porteføljen. Minst forskjell i relativ estimatskjevhet mellom etat og kvalitetssikrere finner vi i prosjektene fra Statens veivesen. Størst forskjell finner vi hos

Jernbaneløst. De fire prosjektene fra Jernbaneløst er også den eneste porteføljen hvor kvalitetssikrer har anbefalt P50 estimater som i gjennomsnitt er høyere enn gjennomsnittlig sluttkostnad. Forskjellen mellom etatenes og kvalitetssikrernes estimater er ikke signifikant for noen av porteføljene i henhold til p-verdien fra t-test av relativ estimatskjevhet.

For relativt estimatavvik er det større porteføljevise forskjeller mellom etatene. Median relativt estimatavvik hos Statens vegvesen er halvparten så stort som median relativt estimatavvik hos Forsvaret, men her er forskjellen i utvalg prosjekter så stor at en sammenligning burde tolkes med forsiktighet. For å undersøke porteføljevise forskjeller er det gjennomført en Kruskal-Wallis test av relativt estimatavvik, testen gir en p-verdi 0,896. Resultatet fra testen gir ikke grunnlag for å avkrefte at etatenes relative median estimatavvik er lik mellom etatene.

Statens vegvesen er eneste etat som har et relativt estimatavvik for porteføljen som er lavere enn relativt estimatavvik hos kvalitetssikrerne. En Mann-Whitney-Wilcoxon test mellom etats estimeringsavvik og kvalitetssikrernes estimeringsavvik gir ingen statistisk signifikante testverdier. Analysen gir ikke grunnlag for at P50 estimatene fra noen av etatene gir hverken høyere eller lavere estimatavvik enn P50 estimatene fra kvalitetssikrer.

### *Diskusjon*

Resultatene fra analysen av de etatsvise porteføljene viser at forskjellen er liten mellom etatene. Alle etatene gir P50 estimater som ville ført til gjennomsnittlig kostnadsoverskridelse for prosjektporteføljen dersom P50 estimatet ble vedtatt som styringsramme. Den gjennomsnittlige estimatskjevheten er lavest for Statsbyggs portefølje. Det betyr at Statsbygg er den etaten som har gitt de P50 estimatene som er nærmest å dekke den totale sluttkostnaden for porteføljen. Medianverdien for hver portefølje tilsier at vi finner flere overskridelser enn underskrivelsers i alle porteføljene. Det er imidlertid en skjevfordeling i porteføljene, hvor Forsvaret og Jernbaneløst henholdsvis kun har 3 og 4 prosjekter i sine porteføljer. En skal være varsom med å trekke slutninger basert på et så lite utvalg av prosjekter.

Hos alle etater finnes det rutiner for hvordan erfaringer og analyser fra tidligere prosjekter skal lagres og benyttes som underlagsmateriale i nye kostnadsoverslag. De utdanner egne prosessledere og leier inn kompetanse dersom nødvendig. Og alle etatene tar i bruk stokastisk

kostnadsestimeringsmetodikk og har rutiner for kvalitetssikring av egne kostnadsanslag. Jernbaneverket har hatt en praksis der standardavviket i kostnadsestimat ikke skal være over 10% prosent på reguleringsplannivå og statens veivesen har stilt krav til 10% kalkylenøyaktighet for prosjektene på dette plannivået. Denne praksisen kan føre til at en regner bort usikkerheten i prosjektene gjennom en regneøvelse uten at usikkerheten i prosjektkostnaden blir mindre. Dette er en praksis som statens veivesen er på vei bort fra, men den ser ikke ut til å ha gitt nevneverdig dårligere resultat enn praksisen i de andre etatene.

Men hos de ulike etatene kan det være ulike prosjektrelaterte utfordringer i arbeidet med å utvikle kostnadsestimater. Hvor mange prosjekter en etat har vært igjennom og prosjektenes egenart kan gi ulike forutsetninger med henblikk på underlaget av prosjekterfaringer og analyser. For eksempel har forsvaret utfordringer med å skaffe et godt underlagsmateriale for prosjektene sine, da de gjennomfører en del unike anskaffelsesprosjekter hvor lignende prosjekter ikke har vært gjennomført før, mens statens veivesen derimot gjennomfører en stor andel prosjekter der sammenlikningsgrunnlaget med tidligere prosjekter er stort. Likevel: De individuelle forskjellene i metodikk og estimeringsutfordringer som finnes mellom etatene gir ikke store utslag for de etatsvise porteføljene, og analysen av de relative målestørrelsene gir ikke grunnlag for å hevde at tilstanden er signifikant bedre eller dårligere hos enkelte etater.

Differansen mellom de relative målestørrelsene for estimattreffsikkerhet hos etat og kvalitetssikrere er minst for porteføljen til Statens veivesen. Dette samsvarer bra med funnene i kapittel 5,4 der resultatene viser at kvalitetssikrernes P50 estimater avviker minst fra Statens veivesens P50 estimater. Statens veivesen gjennomfører en stor andel prosjekter der sammenlikningsgrunnlaget med tidligere prosjekter er stort. En rapport skrevet av Deloitte (u.å.) finner, som også vist til i kapittel 5.4, grunnlag for at veiprosjekter er å anse som lavrisikoprosjekter grunnet god erfaring med lignende prosjekter og omfattende dokumentasjon fra tidligere prosjekter, og at Statens veivesen derfor burde få unnlattelse fra KS2 på grunn av god kostnadsstyring i sine prosjekter. Relativ estimatskjevhet og relativt estimatavvik for etat og kvalitetssikrere i porteføljen til Statens veivesen synes å understøtte argumentasjonen.

## 5.10 Effekt av kvalitetssikrer på estimattreffsikkerhet

I dette delkapittelet analyseres prosjektene ut fra en porteføljeinndeling etter hvilken kvalitetssikrer som har gjennomført KS2 for prosjektet. De relative målestørrelsene for avvik mellom P50 estimat og sluttkostnad sammenlignes porteføljevis for å se om det er forskjell mellom kvalitetssikrerne når det gjelder estimattreffsikkerhet. Det gjøres også en sammenligning av den enkelte kvalitetssikrer og etatens estimattreffsikkerhet for porteføljen. Totalt er det fem konsulentbyråer som har fungert som kvalitetssikrere for de 64 prosjektene i utvalget: Advansia, Dovre Consulting, Holte Consulting, Metier og Terramer.

Tabell 16: Estimatskjevhet og estimatavvik for porteføljeinndeling etter kvalitetssikrer.

| Portefølje                              | Advansia | Dovre | Holte | Metier | Terramer |
|---|----------|-------|-------|--------|----------|
| Antall                                  | 12       | 16    | 17    | 13     | 6        |
| Kvalitetssikrer                         |          |       |       |        |          |
| Gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet | 10,5%    | -5,1% | 0,2%  | 3,0%   | 4,3%     |
| Median relativ estimatskjevhet          | 11,6%    | -1,8% | -0,8% | 4,0%   | 0,8%     |
| Gjennomsnittlig relativt estimatavvik   | 14,7%    | 13,5% | 8,9%  | 16,2%  | 7,8%     |
| Median relativt estimatavvik            | 15,1%    | 13,5% | 8,0%  | 11,4%  | 5,6%     |
| Etat                                    |          |       |       |        |          |
| Gjennomsnittlig relativ estimatskjevhet | 11,4%    | -2,6% | 3,0%  | 2,3%   | 8,5%     |
| Median relativ estimatskjevhet          | 12,3%    | -1,5% | 0,2%  | 1,9%   | 5,8%     |
| Gjennomsnittlig relativt estimatavvik   | 15,2%    | 14,5% | 9,4%  | 14,4%  | 8,7%     |
| Median relativt estimatavvik            | 17,7%    | 14,7% | 5,5%  | 12,0%  | 5,8%     |
| Paret to-sidig t-test                   |          |       |       |        |          |
| P-verdi                                 | 0,88     | 0,68  | 0,53  | 0,93   | 0,51     |
| Mann-Whitney-Wilcoxon test              |          |       |       |        |          |
| P-verdi                                 | 0,98     | 0,69  | 0,84  | 0,76   | 0,93     |

Porteføljevise estimatskjevheter og estimatavvik er vist i tabell 16. Tabellen er delt i tre, der øverste del tilhører kvalitetssikrerne, midterste del tilhører etat og nederste del viser p-verdien fra en t-test av relativ estimatskjevhet og en Mann-Whitney-Wilcoxon test av relativt estimatavvik mellom kvalitetssikrer og etat i hver portefølje.

Analysen av porteføljeinndelingen viser ulik grad av gjennomsnittlig estimatskjevhet hos de forskjellige kvalitetssikrerne. Dovre har en portefølje hvor P50 estimatene i gjennomsnitt er høyere enn sluttkostnaden, Holtes portefølje har P50 estimater som i snitt treffer tilnærmet perfekt på sluttkostnaden, mens Advansia har porteføljen hvor kostnadsoverskridelsen er størst. En enveis variansanalyse av relativ estimatskjevhet mellom porteføljene gir en p-verdi på 0,158. En t-test mellom Advansia og Dovre gir en p-verdi 0,017. Gjennomsnittlige relativ estimatskjevhet hos kvalitetssikrerne Advansia og Dovre er forskjellig med et signifikansnivå på 0,05.

Den porteføljevise relative estimatskjevheten for kvalitetssikrers P50 estimater samsvarer med estimatskjevheten hos etatene. I de fire porteføljene hvor kvalitetssikrer har underestimert kostnaden har etatene en tilvarende estimatskjevhet. I porteføljen hvor kvalitetssikrer i snitt har gitt for romslige P50 estimater, så har også etatene gjort det.

Differansen for relativ median estimatavvik mellom Advansia og Terramer er 9,5%. Metier har et gjennomsnittlig relativt estimatavvik på 16,2% mot Terramer med 7,8%. For å undersøke om en kan forvente høyere relative estimatavvik for prosjekter som er kvalitetssikret av en spesifikk kvalitetssikrer er relativt estimatavvik analysert med en Kruskal-Wallis test. Testen gir en p-verdi på 0,152. Relativ median estimatavvik gir ikke grunnlag for å fastslå at en spesifikk kvalitetssikrer anbefaler P50 estimater som gir høyere relativt estimatavvik enn noen annen kvalitetssikrer. Ser en på estimatavviket i sammenheng med estimatskjevheten anbefaler Advansia P50 estimater som er systematisk underestimerte, mens Metier med det største gjennomsnittlige relative estimatavviket anbefaler P50 estimater som er over og underestimert i tilnærmet like stor grad for hele porteføljen.

### ***Diskusjon.***

Mellom kvalitetssikrernes porteføljer er det forskjeller i relativ estimatskjevhet og relativt estimatavvik. Dovre har den eneste prosjektporteføljen hvor P50 estimatene i snitt er høyere enn sluttkostnad. Terramers gjennomsnittlige relative estimatskjevhet er tilnærmet lik Dovres estimeringsskjevhet, men de havner på hver sin side av sluttkostnaden. Holte har en portefølje hvor relativ skjevhet er tilnærmet lik null. Det er signifikant forskjell mellom estimeringsskjevheten mellom porteføljene til Advansia og Dovre.

Flere faktorer kan være med å forklare forskjellene som observeres mellom kvalitetssikrerne.: Hva slags type prosjekter det finnes flest av i porteføljen, hvilken sektor prosjektene kommer fra og om prosjektene stammer fra tidsperioder hvor det er observert større eller mindre kostnadsoverskridelser enn normalt. Uten å gjøre en videre analyse av prosjektene i porteføljene skal en være forsiktig med å trekke slutninger basert på forskjellen som observeres mellom porteføljene. En mulig forklaring kan være bakgrunnsinformasjonen for kostnadsanalysene som kvalitetssikrer gjennomfører, det vil si utfallet av kostnadsanalysen hos etatene. Dovre har den eneste porteføljen som har en gjennomsnittlig estimatskjevhet som er negativ, det samsvarer med etatenes estimer fra porteføljen. Porteføljen til Advansia har den høyeste gjennomsnittlige estimatskjevheten, det samsvarer også med etatenes estimatskjevhet for denne porteføljen. (Advansia er også, som analysen i kapittel 5.5 viser, kvalitetssikrer hvor den relative skjevheten mellom kvalitetssikrer og etatenes P50 estimer er minst.) Tilnærmet lignende samsvar mellom estimatskjevhet hos kvalitetssikrer og etater finner vi for de andre porteføljene. Gjennomgående for alle resultatene i tidligere kapitler i oppgaven er at kvalitetssikrer gir noe romsligere estimer enn etatene. I kapittel 5.1 viser resultatene at den gjennomsnittlig relative skjevheten mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimer har vært -2,4% de siste tjue årene. Analysen av porteføljeinndelingen i dette delkapittelet viser en forskjell i relativ estimatskjevhet mellom den enkelte kvalitetssikrer og etatene som ligger mellom 1 og 4%. Det kan virke som resultatet av kostnadsanalysen som kvalitetssikrer gjennomfører i stor grad avhenger av resultatene fra kostnadsanalysene til etat.



## 6. Konklusjon

Studien tar utgangspunkt i en todelt problemstilling. Første del handler om hvor stor forskjellen er mellom P50 estimater fra etat og P50 estimater fra kvalitetssikrer. Andre del handler om hvor godt P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer treffer på sluttkostnad og om det mellom etat og kvalitetssikrer er forskjell i treffsikkerhet. Problemstillingen er studert med en kvantitativ metode, det er i hovedsak tatt i bruk relative målestørrelser for å analysere estimatforskjeller og estimattreffsikkerhet. Hensikten med denne studien har vært å utvide kunnskapen om statens prosjektmodell for prosjektene hvor både etat og kvalitetssikrer har gjennomført usikkerhetsanalyse av investeringskostnad. Under gjøres det ut fra gjennomførte analyser et forsøk på å formulere konkluderende svar på forskningsspørsmålene som er stilt. Spørsmålene besvares i samme rekkefølge som de er behandlet i gjennomgangen av analysene i kapittel 5. Avslutningsvis settes oppgaven i kontekst av studier på tilsvarende tema, før det gis forslag til videre forskning innenfor samme tema som oppgaven undersøker.

### **Forskjellen mellom offentlig etat og kvalitetssikrers P50 estimater.**

Forskjellen mellom offentlig etat og kvalitetssikrers P50 estimater er liten, men kvalitetssikrer har i snitt de romsligste estimatene. Kvalitetssikrer anbefaler i snitt romsligere P50 estimater enn etat, det resulterer i en gjennomsnittlig relativ skjevhet mellom estimatene på -2,4%. Den relative skjevheten er liten, men signifikant på 95% testnivå. Det gjennomsnittlige relative avviket mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimater er 4,7%. I 65% av prosjektene har det skjedd en økning fra etats estimat til kvalitetssikrers estimat. Når kvalitetssikrer gir et høyere estimat enn etat, er det relative gjennomsnittlige avviket mellom estimatene 5,5%. I prosjektene hvor etat har det høyeste estimatet er det gjennomsnittlige relative avviket 3,4%. Ut fra resultatene kan en konkludere med at det er liten forskjell mellom etat og kvalitetssikrer sine P50 estimater, men at kvalitetssikrer i et flertall av prosjektene vurderer investeringskostnaden i prosjektene til å være høyere enn det etat gjør. Når kvalitetssikrer har det høyeste estimater, er forskjellen mellom etat og kvalitetssikrer større enn når etat har det høyeste estimatet.

### **Utvikling over tid for forskjellen mellom offentlig etat og kvalitetssikrers P50 estimater.**

Forskjellen mellom offentlig etat og kvalitetssikrers P50 estimater har holdt seg tilnærmet konstant siden oppstarten av statens prosjektmodell. Trenden med synkende relativ skjevhet mellom etat og kvalitetssikrer har flatet ut siden Welde (2014c). Den laveste relative

skjevheten er fra perioden 2009-2012, mens den høyeste relative skjevheten er fra perioden 2013-2016. Forskjellene mellom periodene er små for både relativ skjevhet og relativt avvik. Det er mulig å argumentere for at det observeres en nedgang i relativt avvik over tid, men den er marginal. Konklusjonen her blir at de relative forskjellene mellom P50 estimat fra etat og kvalitetssikrer holder seg konstant over tid. Fra oppstart med statens prosjektmodell i 2000 og frem til 01.02.2022 har kvalitetssikrer anbefalt P50 estimater som i gjennomsnitt er romsligere enn P50 estimatene fra etat.

### **Effekten av størrelse på P50 estimatet fra etat på forskjellen mellom P50 estimat fra etat og kvalitetssikrer.**

Størrelsen på P50 estimatet kan ha en effekt på forskjellen mellom P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer. For prosjekter der etats P50 estimat er mindre enn 4000 mnok, ser det ut til å være en sammenheng mellom størrelse på prosjekt og relativ skjevhet mellom etat og kvalitetssikrers estimer. I prosjektene som faller innenfor denne gruppen synes prosjekter med høyere estimert kostnad å gi romsligere P50 estimater fra kvalitetssikrer enn fra etat. Denne sammenhengen er ikke signifikant, og skjevfordelingen i utvalget gjør det vanskelig å konkludere med at størrelse har effekt på skjevheten mellom estimatene.

### **Effekten av etat på forskjellen mellom P50 estimat fra etat og kvalitetssikrer.**

Resultatene viser at alle etater for sine respektive porteføljer anbefaler P50 estimater som i gjennomsnitt er lavere enn P50 estimatene som kvalitetssikrer anbefaler for porteføljen. Inndelingen av prosjekter etter etat gir en porteføljeinndeling som er veldig skjevfordelt. Jernbanelivet og Forsvaret har henholdsvis kun 4 og 10 prosjekter med i utvalget på 119 prosjekter. Det er derfor vanskelig å konkludere med at observasjonene som gjøres representerer den virkelige tilstanden for estimeringspraksisen i disse etatene. Det er P50 estimatene fra Statens veivesen som har den minste relative forskjellen mellom etat og kvalitetssikrer. Det er signifikant forskjell mellom gjennomsnittlig relativ skjevhet for prosjektene fra Forsvaret og Statens veivesen. For prosjektene som er tatt med i studien viser resultatene at kvalitetssikrer mener P50 estimatene fra Forsvaret er mindre tilstrekkelig for å dekke sluttkostnad enn P50 estimatene fra Statens veivesen.

### **Effekten av kvalitetssikrer på forskjellen mellom P50 estimat fra etat og kvalitetssikrer.**

Alle kvalitetssikrere anbefaler for sine porteføljer romsligere P50 estimater enn etatene. Mellom de ulike konsulentbyråene som fungerer som kvalitetssikrer i KS2 er forskjellene i

relativ skjevhet og relativt avvik små. To kvalitetssikrere skiller seg noe ut fra de resterende kvalitetssikrerne. For Metier og Advansia er ikke skjevheten opphav til en signifikant forskjell mellom etat og kvalitetssikrer når skjevheten testes med et signifikansnivå på 0,05. Resultatene i studien gir ikke grunnlag for å konkludere med at forskjellen mellom etat og kvalitetssikrer sine P50 estimater avhenger av hvilken kvalitetssikrer som gjennomfører KS2.

### **Estimattrefferikkerhet etat P50 og kvalitetssikrer P50.**

Måler man treffsikkerhet ut fra om P50 estimatene minimerer kostnadsoverskridelsen for prosjektporteføljen så er det kvalitetssikrer som gjør den beste estimeringsjobben. Den gjennomsnittlige estimatskjevheten er 1,8% lavere for kvalitetssikrers P50 estimater enn for etats estimater, og forskjellen i estimatskjevhet mellom etat og kvalitetssikrer er signifikant på 95% testnivå. Det vil si at P50 estimatene fra kvalitetssikrer fungerer bedre som styringsramme for prosjektporteføljen når målet er å minimere kostnadsoverskridelsen for porteføljen som helhet.

Dersom estimatavvik er kriteriet som treffsikkerhet bedømmes ut fra, fungerer P50 estimatene fra kvalitetssikrer og etat like godt som styringsramme for prosjektporteføljen. Forskjellen i gjennomsnittlig relativt estimatavvik er på 0,02% mellom etat og kvalitetssikrer. I 50 % av prosjektene er det relative estimatavviket lavere for etatenes P50 estimater. I kun ett av fem prosjekter der det relative avviket mellom P50 etat og P50 kvalitetssikrer er over 10%, har kvalitetssikrer lavere relativt estimatavviket enn etat. Ut fra resultatene i analysen kan en ikke konkludere med at kvalitetssikrer anbefalere P50 estimater hvor det relative avviket fra sluttkostnad er mindre enn for etatenes estimat.

Siden både etat og kvalitetssikrer har gitt P50 estimater som i gjennomsnitt er for lave i forhold til sluttkostnaden for prosjektene som inngår i utvalget i studien, så har det «lønt seg» for kvalitetssikrerne å anbefale P50 estimater som i snitt er høyere enn etats estimater. Det minimerer kostnadsoverskridelsen for porteføljen som helhet, men estimatene blir ikke av den grunn mer treffsikre når utvalget vurderes ut fra tapsfunksjoner som evaluerer relativt avvik for P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer.

### **Utvikling over tid for Estimattrefferikkerhet etat P50 og kvalitetssikrer P50.**

Tidsserieanalysen av estimatskjevhet viser at P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer skifter fra være overestimerte i årene rett etter at statens prosjektmodell ble innført, til gradvis å bli

mer underestimerte over tid. Resultatene fra den periodevise analysen viser at P50 estimatene fra etat og kvalitetssikrer er for høye i de første 5 årene etter innføringen av statens prosjektmodell. I de to resterende periodene er P50 estimatene satt for lavt, men med noe mindre grad av underestimering i den siste av perioden (2009-2013). Positiv endring over tid kan indikere læringseffekter. Tallene i analysen gir ingen slike indikatorer hverken for etat eller kvalitetssikrer. Men funnene indikerer at økonomiske konjunkturer kan være med på å forklare underestimeringen i perioden med størst kostnadsoverskridelser.

### **Effekt av størrelsen på P50 estimatet på estimattrefferikkerhet etat P50 og kvalitetssikrer P50.**

Fra analysen av relativ estimatskjevhet og relativt estimatavvik viser resultatene at størrelse på P50 estimerer påvirker størrelse på relativ estimatskjevhet. Prosjekter med P50 under 1000 mnok tenderer mot overestimering av investeringskostnad, mens når P50 er større enn 1000 mnok observeres økende grad av underestimerte kostnadsestimater. Dette gjelder for etat og kvalitetssikrer. Om størrelse i seg selv er nok til å avgjøre om en kan forvente høyere estimatskjevhet fra etat og kvalitetssikrer er det derimot vanskeligere å gi et sikkert svar på. Prosjekter med overestimerte kostnadsestimater ser også ut til å ha en sammenheng med årstall KS2 ble gjennomført og hvor mange prosjekter med tilsvarende størrelse som er gjennomført.

### **Effekt av etat på estimattrefferikkerhet etat P50 og kvalitetssikrer P50.**

Skjevfordelingen mellom antall prosjekter fra hver enkelt etat er så stor at det vanskelig å generalisere resultatene i studien. Statens veivesen og Statsbygg vurderes til å ha et utvalg av prosjekter som er godt nok for en analyse, men Forsvaret og Jernbaneverket er med sine porteføljer for lavt representert til at det kan trekkes gode konklusjoner. Resultatene viser at det er små forskjeller mellom etatene, og Statens veivesen og Statsbygg har tilnærmet like resultater for estimatskjevhet og estimatavvik. Det ser heller ikke ut som kvalitetssikrerne påvirkes av hvilken etat som gjennomfører prosjektene. Relativ estimatskjevhet og relativt estimatavvik for etat og kvalitetssikrer er tilnærmet lik for prosjektporteføljene til Statsbygg og Statens veivesen.

### **Effekt av kvalitetssikrer på estimattrefferikkerhet kvalitetssikrer P50.**

Fra den porteføljevise analysen av prosjektene ut fra hvem som har vært kvalitetssikrer viser resultatene at det finnes forskjeller mellom kvalitetssikrerne. Advansia er kvalitetssikrer

hvor gjennomsnittlige estimatskjevhet er størst, sammenlignet med Dovre er det en signifikant forskjell i estimatskjevhet. Dovre er den eneste kvalitetssikreren hvor den gjennomsnittlige estimatskjevheten er negativ, det vil si at P50 estimatene for prosjektene er høyere enn sluttkostnaden i gjennomsnitt. Om det er grunnlag for å konkludere med at estimatskjevheten som observeres er kvalitetssikrer-avhengig er ikke sikkert. Sammenlignes skjevheten med etats P50 estimater er den relative estimatskjevheten påfallende lik. Det vil si at kvalitetssikrernes estimatskjevhet ser ut til å avhenge av estimatskjevheten fra etatene. I prosjektene hvor Dovre har vært kvalitetssikrer er etatenes P50 estimater også overestimert. Prosjektene som Advansia har vært kvalitetssikrer er prosjektene hvor også etatene har høyest gjennomsnittlig estimatskjevhet. For de tre andre kvalitetssikrerne er etatenes og kvalitetssikrernes relative estimatskjevhet og relativt estimatavvik tilnærmet likt.

### **Om sluttkostnaden blir større eller mindre enn kvalitetssikrernes P50 estimater avhenger av P50 estimat fra etat.**

En gjentatt observasjon er at kvalitetssikrer for en portefølje av prosjekter alltid gir P50 estimater som er romsligere enn etat, uavhengig av hvordan prosjektene i studien er sortert i porteføljer. Det er uavhengig av tid, størrelse, etat eller kvalitetssikrer. For de 64 prosjektene med tilgjengelig sluttkostnad er denne observasjonen konsistent. Når en sammenlikner estimatskjevheten for P50 estimatene mellom etat og kvalitetssikrer for porteføljene kommer det frem en tydelig trend. Om det er P50 estimat fra etat eller kvalitetssikrer som minimerer estimatskjevheten til en portefølje avhenger av om etats P50 estimater er overestimert eller underestimert. Når etat underestimerer P50 estimatene treffer kvalitetssikrer bedre enn etat med sine P50 estimater, når etat overestimerer treffer kvalitetssikrer dårligere enn etat. Det innebærer at kvalitetssikrer gjennom sin kostnadsanalyse i liten grad fanger opp overestimering fra etat. Hvis dette er representativt for alle prosjektene der etat og kvalitetssikrer gjennomfører usikkerhetsanalyse av investeringskostnaden vil kvalitetssikrer med henblikk på estimatskjevhet treffe bedre med sine P50 estimatene sine så lenge etat undervurderer investeringskostnaden i prosjektene.

### **Oppgaven sett i lys av andre studier på tilsvarende temaer**

Tidligere studier på kostnadskontroll for statlige finansierte prosjekter som utvikles gjennom statens prosjektmodell har i hovedsak omhandlet P50 og P85 estimatene fra kvalitetssikrer samt vedtatte styringsrammer og kostnadsrammer (Welde et al., 2019). Av publikasjoner som studerer avvik i kostnadsestimering mellom offentlig etat og kvalitetssikrer ble det i

litteratursøket bare identifisert to studier. I Concept rapport nr.15 gjorde Torp et al. (2006) en sammenligning av etatenes og kvalitetssikrernes anbefalinger til styringsrammer (P50). Studien viste at kvalitetssikrer i gjennomsnitt anbefalte høyere P50 enn etat, forskjellen ble målt til 6%. Welde (2014c) gjorde en oppfølgingsstudie av Torp et al. (2006). Med et utvalg på 71 prosjekter viste studien til Welde at kvalitetssikrer fortsatt ga de romsligste P50 estimatene, men forskjellen mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimer ble her målt til 1,6%. Denne oppgaven som er foretatt 8 år senere med et utvalg på 119 prosjekter, finner ikke store endringer fra Welde (2014c). Forskjellen mellom etat og kvalitetssikrers estimer har økt marginalt til 2,4%, og kvalitetssikrer holder fast ved at etatenes P50 estimer ikke er tilstrekkelig for å dekke sluttkostnaden i prosjektene. Ser vi på utvikling over tid, så fant Welde (2014c) en trend med nedadgående skjevhet, der forskjellen mellom etat og kvalitetssikrer avtok. Den har flatet ut. Noe som samsvarer med at den gjennomsnittlige estimatforskjellen for hele perioden har økt. Når det gjelder forholdet mellom P50 estimer og sluttkostnad, så har den gjennomsnittlige forskjellen, sammenlignet med Welde (2014), økt fra 2,0% til 3,6% for etat og fra 0,5% til 1,85% for kvalitetssikrer. Tilstanden der kvalitetssikrer har lavest estimatforskjell er konsistent, men graden av underestimering har økt noe både for etat og kvalitetssikrer.

Et overordnet siktemål for oppgaven har vært økt kunnskap om virkningen av statens prosjektmodell ved å kartlegge estimatforskjeller mellom etat og kvalitetssikrer. I tillegg til å sammenligne etat og kvalitetssikrers P50 estimer og vurdere estimatene opp mot sluttkostnad, undersøkes også hvordan faktorene tid, estimatstørrelse, den enkelte etat og den enkelte kvalitetssikrer påvirker estimatforskjeller og estimattreffsikkerhet. Oppgaven gjør ingen banebrytende funn, og tilstanden som den beskriver avviker ikke vesentlig fra beskrivelsene i Welde (2014c) sin undersøkelse. Det indikerer at det økte erfaringsgrunlaget som tiden mellom de to undersøkelsene har gitt for etat og kvalitetssikrer har gitt liten læringseffekt. Samtidig viser begge undersøkelsene at den prosentvise gjennomsnittlige forskjellen mellom etat og kvalitetssikrers P50 estimatene for den samlede prosjekt porteføljen er liten. Det samme gjelder for den gjennomsnittlige prosentvise forskjellen mellom sluttkostnader og P50 estimer. P50 estimatene fra både etat og kvalitetssikrer ville fungert som styringsramme i prosjektene. Noe som er essensielt for utfallet av kostnadskontrollen i prosjektmodellen. I oppgaven er det pekt på en sammenheng som observeres mellom kostnadsestimatene til etat og kvalitetssikrer, uavhengig av om porteføljer er sortert etter tid, estimatstørrelse, etat eller kvalitetssikrer. Hvor treffsikre P50 estimatene fra

kvalitetssikrer er i forhold til sluttkostnad, ser ut til å avhenge av hvor gode P50 estimatene fra etat er. Det understreker at grunnlaget for god kostnadsstyring legges av etat i forprosjektet.

## 6.1 Veien videre

Omfanget av oppgaven er begrenset av tiden som er satt av til å gjennomføre en masteroppgave. Videre arbeid under samme tema kunne vært gjennomført på områder hvor tid og ressurser ikke har strukket til for denne oppgaven. Datagrunnlaget for sammenligningen av P50 estimatene mellom etat og kvalitetssikrer inneholder 119 prosjekter, men for enkelte etater er datagrunnlaget lite sammenlignet med hvor mange prosjekter etatene har hatt til vurdering gjennom KS2. At P50 estimat fra etat ikke er beskrevet i KS2 rapport trenger ikke være synonymt med at etat ikke har gjennomført en usikkerhetsanalyse av investeringskostnaden. Ved å gjøre en bredere datainnsamling vil en kunne få et bedre bilde av om antallet prosjekter hvor P50 estimatet fra etat er beskrevet i KS2 rapportene er representativt for antallet prosjekter der etat har gjort en usikkerhetsanalyse av investeringskostnaden. Ved å kartlegge prosjektene hvor etat ikke har gjennomført usikkerhetsanalyse av investeringskostnad, kunne kostnadskontroll i disse prosjektene sammenlignes med prosjektene hvor etat har gjennomført usikkerhetsanalyse av kostnad.

Studier om kostnadskontroll i gjennomføringsfase der P50 og P85estimer anbefalt av kvalitetssikrer, samt vedtatte styringsrammer og kostnadsrammer er vurdert mot sluttkostnad er godt dekket. Et område hvor det ikke ser ut til å finnes mye forskning på for prosjektene som er omfattet av statens prosjektmodell, er hvor godt kalibrert basiskostnaden er. Den består av grunnkalkyle + forventet tillegg, og skal dermed være nok til å dekke prosjektkostnaden dersom alt går som planlagt, Hvor ofte er dette tilfellet i prosjektene som utvikles gjennom statens prosjektmodell?

En sammenstilling av årsakene til at usikkerheten vurderes forskjellig mellom etat og kvalitetssikrer basert på hva som er beskrevet i KS2-rapportene kunne være et godt utgangspunkt for en kvalitativ undersøkelse av årsakene til at kvalitetssikrer gir romsligere P50 estimer enn etat. Kvalitetssikrer har siden oppstarten med statens prosjektmodell kommet frem til en P50 estimat som er høyere enn hva etat kommer frem til gjennom sine analyser. Årsaker til dette kunne vært studert gjennom en kvalitativ studie med et mindre utvalgt prosjekt.

## 7. Referanseliste

- Aas, T. (2013). *Kostnadskontroll i prosjekter som har vært underlagt ekstern kvalitetssikring KS2*. (Concept arbeidsrapport). Hentet fra <https://www.ntnu.no/concept/arbeidsrapporter>
- Ahiaga-Dagbui, D. D., & Smith, S. D. (2014). Dealing with construction cost overruns using data mining. *Construction Management and Economics*, 32(7–8), 682–694. <https://doi.org/10.1080/01446193.2014.933854>
- Ansar, A., Flyvbjerg, B., Budzier, A., & Lunn, D. (2014). Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development. *Energy Policy*, 69, 43–56. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.069>
- Austeng, K., Torp, O., Midbø, J. T., Helland, V., & Jordanger, I. (2005). *Usikkerhetsanalyse - Metoder*. (Concept rapport nr. 12). Hentet fra <https://www.ntnu.no/concept/concept-rapportserie>
- Bacon-Shone, John. (2013). *Introduction to quantitative research methods*. Graduate School, The University of Hong Kong. Hentet fra <https://edshare.gcu.ac.uk/9449/>
- Bane Nor. (2020). *Kostnadsestimering av prosjekter-prosedyre*. (STY-600466). Hentet fra <https://styrendedokumenter.banenor.no/>
- Basias, N., & Pollalis, Y. (2018). Quantitative and Qualitative Research in Business & Technology: Justifying a Suitable Research Methodology. *Review of Integrative Business and Economics Research*, 7, 91–105. Hentet fra <http://buscompress.com/journal-home.html>
- Berg, H., Bukkestein, I., & Nyhus, O. H. (2022). *Kostnadskontroll i statlige prosjekter med og uten ekstern kvalitetssikring*. (Concept arbeidsrapport). Hentet fra <https://www.ntnu.no/concept/arbeidsrapporter>
- Callegari, C., Szklo, A., & Schaeffer, R. (2018). Cost overruns and delays in energy megaprojects: How big is big enough? *Energy Policy*, 114, 211–220. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.059>
- Cantarelli, C. C., Flyvbjerg, B., & Buhl, S. L. (2012). Geographical variation in project cost performance: the Netherlands versus worldwide. *Journal of Transport Geography*, 24, 324–331. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.03.014>
- Cantarelli, C. C., Molin, E. J. E., & van Wee, B. (2010). Cost overruns in Large-Scale Transportation Infrastructure Projects: Explanations and Their Theoretical Embeddedness. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 10(1), 5–18. Hentet fra [http://www.ejtir.tbm.tudelft.nl/issues/2010\\_01](http://www.ejtir.tbm.tudelft.nl/issues/2010_01)
- Cantarelli, C. C., van Wee, B., Molin, E. J. E., & Flyvbjerg, B. (2012). Different cost performance: Different determinants?. The case of cost overruns in Dutch transport infrastructure projects. *Transport Policy*, 22, 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.04.002>



- Catalão, F. P., Cruz, C. O., & Sarmiento, J. M. (2021). The entanglement of time and cost deviations in public projects. *Annals of Public and Cooperative Economics*, 1–32. <https://doi.org/10.1111/apce.12364>
- Deloitte. (u.å.). *Vurdering av kriterier for unntak fra KS2*. Upublisert.
- Drevland, F. (2013). *Kostnadsestimering under usikkerhet*. (Concept temahefte nr. 4). Hentet fra <https://www.ntnu.no/concept/concept-temahefter>
- Finansdepartementet. (2008a). *Felles begrepsapparat KS 2, Veileder nr. 2*. Hentet fra <https://www.ntnu.no/concept/veiledere>
- Finansdepartementet. (2008b). *Kostnadsestimering, Veileder nr. 6*. Hentet fra <https://www.ntnu.no/concept/veiledere>
- Finansdepartementet. (2019a). *Bilag til Rammeavtale om kvalitetssikring av konseptvalgutredninger og forprosjekt for store statlige investeringsprosjekter*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no>
- Finansdepartementet. (2019b). *Statens prosjektmodell -Krav til utredning, planlegging og kvalitetssikring av store investeringsprosjekter i staten (Rundskriv R-108/2019)*. <https://www.regjeringen.no/>
- Flyvbjerg, B., Ansar, A., Budzier, A., Buhl, S., Cantarelli, C., Garbuio, M., Glenting, C., Holm, M. S., Lovallo, D., Lunn, D., Molin, E., Rønne, A., Stewart, A., & van Wee, B. (2018). Five things you should know about cost overrun. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 118, 174–190. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.07.013>
- Flyvbjerg, B., Holm, M. S., & Buhl, S. (2002). Underestimating costs in public works projects: Error or lie? *Journal of the American Planning Association*, 68(3), 279–295. <https://doi.org/10.1080/01944360208976273>
- Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M. K., & Buhl, S. L. (2004). What causes cost overrun in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, 24(1), 3–18. <https://doi.org/10.1080/0144164032000080494a>
- Forskningsprogrammet Concept. (u.å.). *Statens prosjektmodell*. Retrieved March 4, 2022, from <https://www.ntnu.no/concept/ks-ordningen1>
- Gao, N., & Touran, A. (2020). Cost Overruns and Formal Risk Assessment Program in US Rail Transit Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(5), 05020004. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001827](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001827)
- Husby, O., Kilde, H. S., Klakægg, O. J., Samsø, K., Torp, O., & Berntsen, S. R. (1999). *Styring av usikkerhet i prosjekter* (1st ed.). Norsk senter for prosjektledelse.
- Jernbanedirektoratet. (2019). *Veileder-kostnadsestimering i tidligfase*. Hentet fra <https://www.jernbanedirektoratet.no>
- Jordal, H. A. (2019). *Kostnad- og nytteutvikling i tidligfasen*. (Concept arbeidsrapport). Hentet fra <https://www.ntnu.no/concept/arbeidsrapporter>

- Jorgensen, M., Welde, M., & Halkjelsvik, T. (2021). Evaluation of Probabilistic Project Cost Estimates. *IEEE Transactions on Engineering Management*.  
<https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3067050>
- Kumar, R. (2019). *Research Methodology* (5th ed.). Sage Publications.
- Lorentzen, S., Osmundsen, P., & Sanberg, F. H. (2017). Kostnadsutvikling på norsk sokkel. *Samfunnsøkonomen*, 2(3), 77–91.
- Løvås, G. G. (2004). *Statistikk for universiteter og høyskoler* (2nd ed.). Universitetsforlaget.
- Love, P. E. D., & Ahiaga-Dagbui, D. D. (2018). Debunking fake news in a post-truth era: The plausible untruths of cost underestimation in transport infrastructure projects. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 113, 357–368.  
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.04.019>
- Love, P. E. D., Ahiaga-Dagbui, D. D., & Irani, Z. (2016). Cost overruns in transportation infrastructure projects: Sowing the seeds for a probabilistic theory of causation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 92, 184–194.  
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.08.007>
- Love, P. E. D., Zhou, J., Edwards, D. J., Irani, Z., & Sing, C. P. (2017). Off the rails: The cost performance of infrastructure rail projects. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 99, 14–29. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.02.008>
- Miranda Sarmiento, J., & Renneboog, L. (2017). Cost Overruns in Public Sector Investment Projects. *Public Works Management and Policy*, 22(2), 140–164.  
<https://doi.org/10.1177/1087724X16668357>
- Morris, P. W. G., & Hough, G. H. (1987). *The Anatomy of Major Projects: A Study of the Reality of Project Management*. John Wiley and Sons.
- NOU 1999: 11. *Analyse av investeringsutviklingen på kontinentalsokkelen*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/>
- Odeck, J. (2004). Cost overruns in road construction - what are their sizes and determinants? *Transport Policy*, 11(1), 43–53. [https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(03\)00017-9](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(03)00017-9)
- Odeck, J. (2014). Do reforms reduce the magnitudes of cost overruns in road projects? Statistical evidence from Norway. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 65, 68–79. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.04.005>
- Odeck, J. (2019). Variation in cost overruns of transportation projects: an econometric meta-regression analysis of studies reported in the literature. *Transportation*, 46(4), 1345–1368. <https://doi.org/10.1007/s11116-017-9836-5>
- Odeck, J., Welde, M., & Volden, G. H. (2015). The Impact of External Quality Assurance of Costs Estimates on Cost Overruns: Empirical Evidence from the Norwegian Road Sector. *EJTIR Issue*, 15(3), 286–303. Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/2627350>

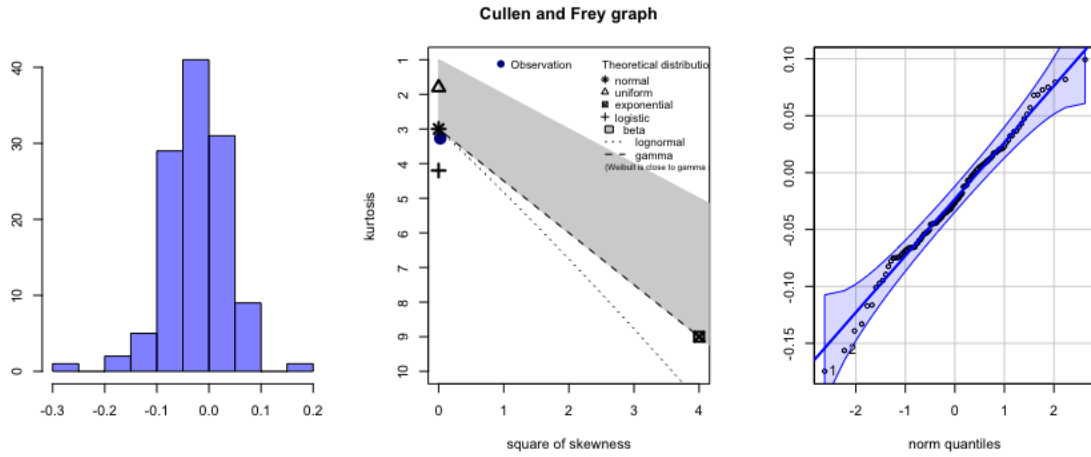
- Plummer Braeckman, J., Disselhoff, T., & Kirchherr, J. (2020). Cost and schedule overruns in large hydropower dams: an assessment of projects completed since 2000. *International Journal of Water Resources Development*, 36(5), 839–854. <https://doi.org/10.1080/07900627.2019.1568232>
- Roberts, B., Mazzuchi, T., & Sarkani, S. (2016). Engineered Resilience for Complex Systems as a Predictor for Cost Overruns. *Systems Engineering*, 19(2), 111–132. <https://doi.org/10.1002/sys.21339>
- Saidu, I., & Shakantu, W. (2017). An investigation into cost overruns for ongoing building projects in Abuja, Nigeria. *Acta Structilia*, 24(1). <https://doi.org/10.18820/24150487/as24i1.3>
- Samferdselsdepartementet. (2016). *Kostnadsestimering av veg- og jernbaneprosjekter*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/id4/>
- Samset, K., & Holst Volden, G. (2013). *Statens prosjektmodell. Bedre kostnadsstyring. Erfaringer med de første investeringstiltakene som har vært gjennom ekstern kvalitetssikring*. (Concept rapport nr. 35). Hentet fra <https://www.ntnu.no/concept/concept-rapportserie>
- Senouci, A., Ismail, A., & Eldin, N. (2016). Time Delay and Cost Overrun in Qatari Public Construction Projects. *Procedia Engineering*, 164, 368–375. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.632>
- Siemiatycki, M. (2009). Academics and auditors: Comparing perspectives on transportation project cost overruns. *Journal of Planning Education and Research*, 29(2), 142–156. <https://doi.org/10.1177/0739456X09348798>
- Sovacool, B. K., Gilbert, A., & Nugent, D. (2014). Risk, innovation, electricity infrastructure and construction cost overruns: Testing six hypotheses. *Energy*, 74(C), 906–917. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.07.070>
- Statens vegvesen. (2021). *Anslagsmetoden Håndbok R764* (Statens vegvesen, Ed.). Hentet fra [www.vegvesen.no](http://www.vegvesen.no).
- Terrill, M. (2016). *Cost overruns in transport infrastructure*. (Grattan Institute Report No. 2016-13). Hentet fra <http://www.grattan.edu.au/>
- Torp, O., Drevland, F., & Austeng, K. (2015). *Prosess for kostnads-estimering under usikkerhet*. (Concept temahefte nr. 6). Hentet fra <https://www.ntnu.no/concept/concept-temahefter>
- Torp, O., Magnussen, O. M., Olsson, N., & Klakegg, O. J. (2006). *Kostnadsusikkerhet i store statlige investeringsprosjekter*. (Concept rapport nr. 15). Hentet fra <https://www.ntnu.no/concept/concept-rapportserie>
- Welde, M. (2014a). *Oppdaterte sluttkostnader -prosjekter som har vært underlagt KS2*. (Concept arbeidsrapport). Hentet fra <https://www.ntnu.no/concept/arbeidsrapporter>

- Welde, M. (2014b). *Prisomregning på tvers av sektorer. Praksis, konsekvenser, harmonisering*. (Concept arbeidsrapport). Hentet fra <https://www.ntnu.no/concept/concept-rapportserie>
- Welde, M. (2014c). *Avvik mellom etatenes kostnadsestimat og anbefalingene i KS2*. (Concept arbeidsrapport). Hentet fra <https://www.ntnu.no/concept/arbeidsrapporter>
- Welde, M. (2017). *Kostnadskontroll i store statlige investeringer underlagt ordningen med ekstern kvalitetssikring* (Concept rapport 51). Hentet fra <https://www.ntnu.no/concept/concept-rapportserie>
- Welde, M., Jørgensen, M., Larssen, P. F., & Halkjelsvik, T. (2019). *Estimering av kostnader i store statlige prosjekter: Hvor gode er estimatene og usikkerhetsanalysene i KS2-rapportene?* (Concept rapport nr. 59). Hentet fra <https://www.ntnu.no/concept/concept-rapportserie>
- Welde, M., & Odeck, J. (2017). Cost escalations in the front-end of projects—empirical evidence from Norwegian road projects. *Transport Reviews*, 37(5), 612–630. <https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1278285>
- Welde, M., Samset, K., Andersen, B., & Austeng, K. (2014). *Lav prising – store valg. En studie av underestimering av kostnader i prosjekters tidligfase*. Hentet fra [www.concept.ntnu.no](http://www.concept.ntnu.no)
- Welde, M., & Torp, O. (2016). *Kostnadestimerings-metodikk i etatene omfattet av KS-ordningen. En kartlegging*. (Concept arbeidsrapport). Hentet fra <https://www.ntnu.no/concept/arbeidsrapporter>
- Zhang, J., Chen, F., & Yuan, X. X. (2020). Comparison of cost and schedule performance of large public projects under P3 and traditional delivery models: a Canadian study. *Construction Management and Economics*, 38(8), 739–755. <https://doi.org/10.1080/01446193.2019.1645344>

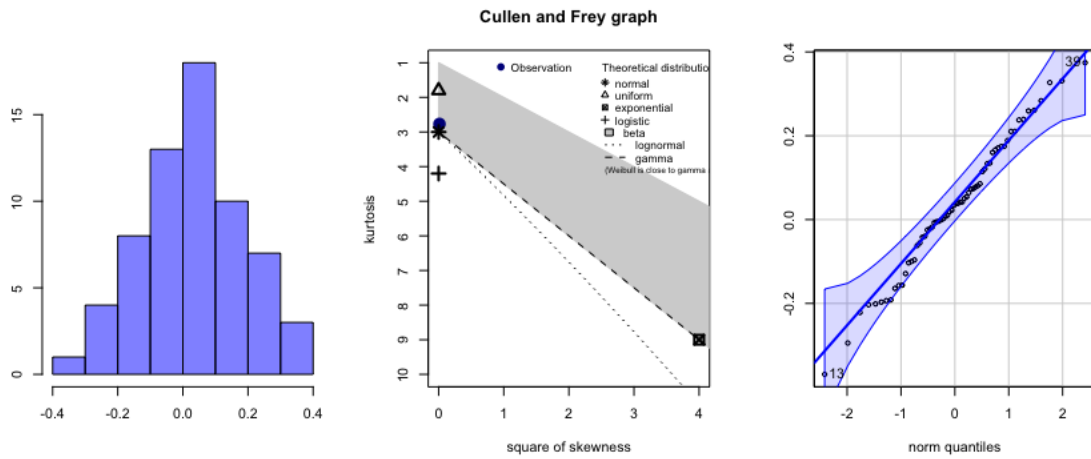
# Vedlegg

## Vedlegg 1: Undersøkelse normalitet for data

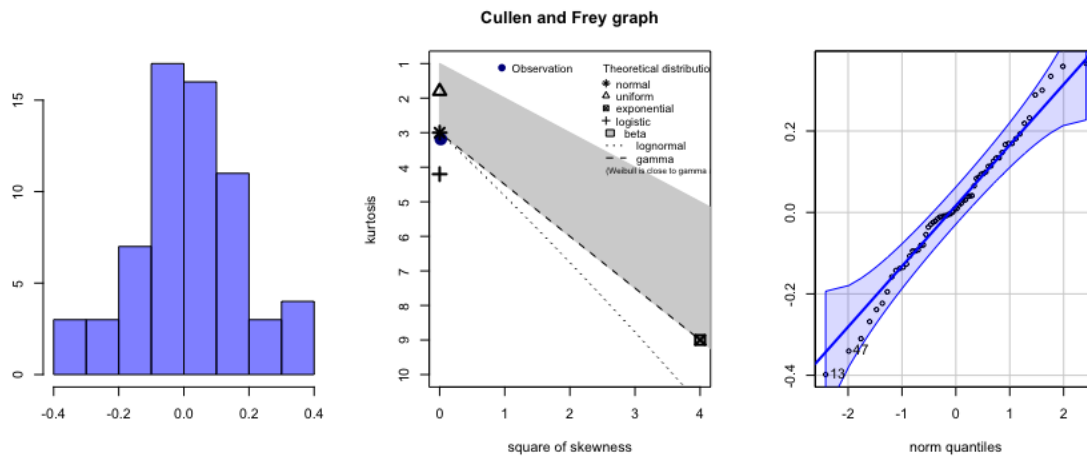
### Relativ skjevhet



### Relativ estimatskjevhet etat



### Relativ Estimatskjevhet kvalitetssikrer

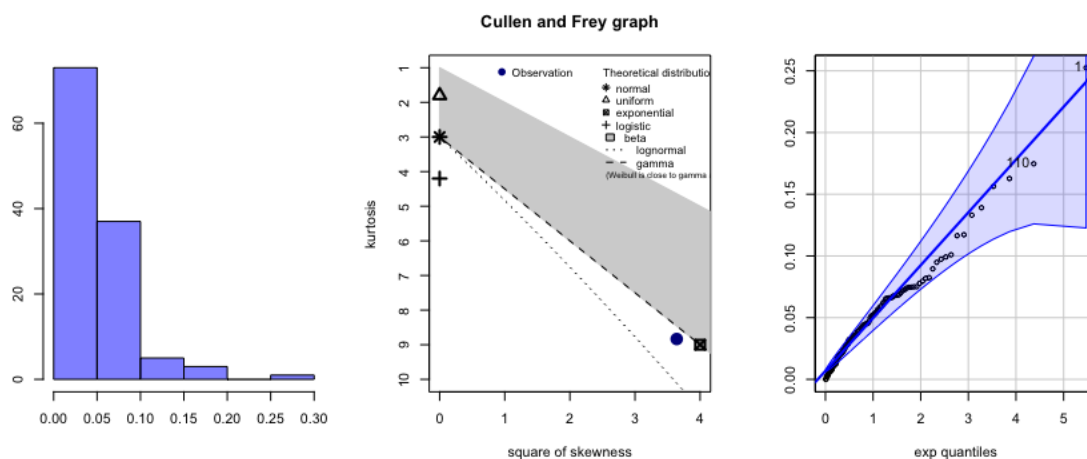


En Shapiro-Wilks test viser at det er rimelig å anta at relativ skjevhet, relativ estimatskjevhet etat og relativ estimatskjevhet kvalitetssikrer følger en normalfordeling.

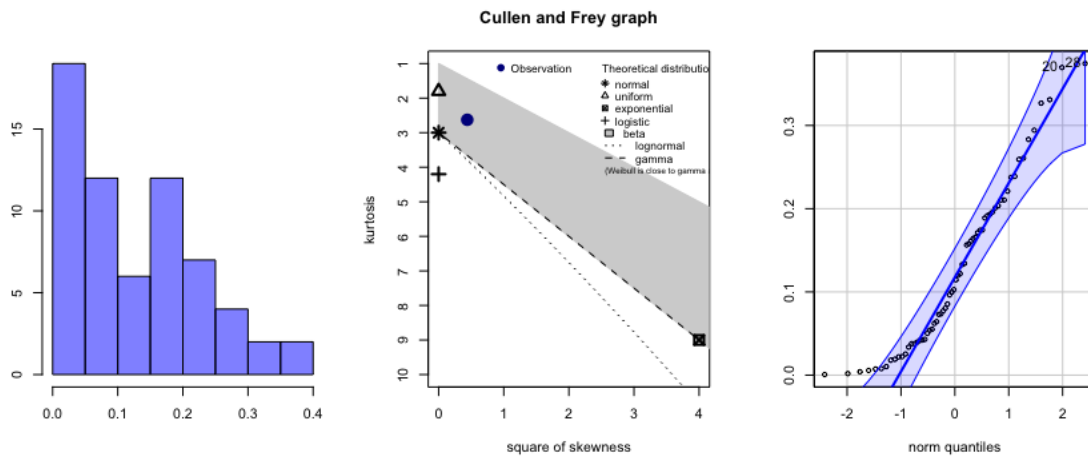
### Shapiro-Wilks test

|               | Relativ skjevhet | Relativ estimatskjevhet<br>Etat | Relativ estimatskjevhet<br>Kvalitetssikrer |
|---------------|------------------|---------------------------------|--|
| Testverdi (W) | 0,99             | 0,99                            | 0,99                                       |
| p-verdi       | 0,64             | 0,86                            | 0,76                                       |

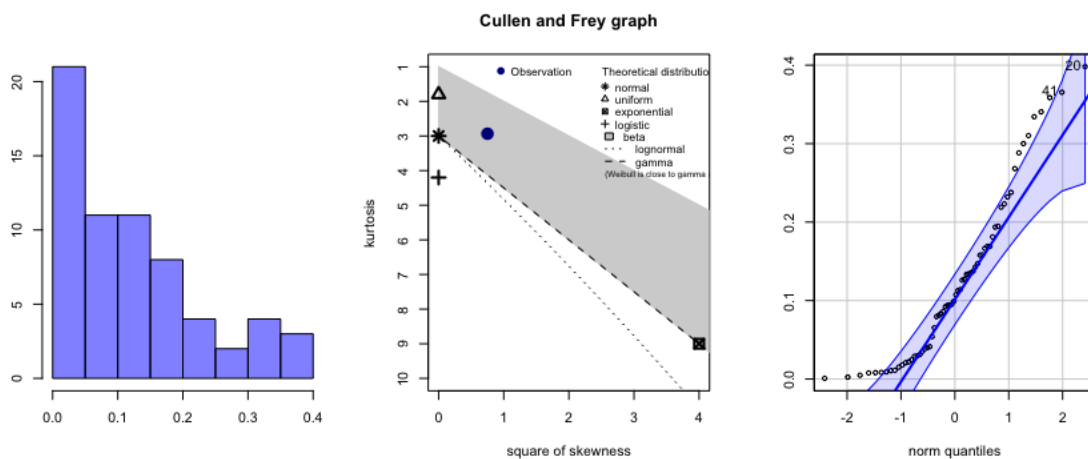
### Relativt avvik



### Relativ estimatavvik etat



### Relativt estimatavvik kvalitetssikrer



Det er ikke gjort videre forsøk på å stadfeste hvilken fordeling relativt avvik, relativt estimatavvik etat og relativt estimatavvik passer best. Grafisk analyse viser at data ikke er normalfordelt.

Vedlegg 2: Sektorspesifikke indekser og SSBs KPI.

| År   | SSBs byggekostnadsindeks for veganlegg | SSBs bygge kostnadsindeks for boligblokk. | SSBs Konsumprisindeks |
|------|--|---|-----------------------|
| 2000 | 1                                      | 1   | 1                     |
| 2001 | 1,03055326                             | 1,04896206                                | 1,03004201            |
| 2002 | 1,05367465                             | 1,08761632                                | 1,04329583            |
| 2003 | 1,08863198                             | 1,12483894                                | 1,06925116            |
| 2004 | 1,12909441                             | 1,16320687                                | 1,07411093            |
| 2005 | 1,17423617                             | 1,20901933                                | 1,09056766            |
| 2006 | 1,22323149                             | 1,26041518                                | 1,11597084            |
| 2007 | 1,30002753                             | 1,33629205                                | 1,12392313            |
| 2008 | 1,40655106                             | 1,4190408                                 | 1,16611438            |
| 2009 | 1,41976328                             | 1,44781675                                | 1,1917385             |
| 2010 | 1,46545555                             | 1,4889048                                 | 1,22056554            |
| 2011 | 1,552436                               | 1,54631353                                | 1,23624917            |
| 2012 | 1,59565098                             | 1,59026485                                | 1,24486415            |
| 2013 | 1,6416185                              | 1,63664996                                | 1,27126137            |
| 2014 | 1,6804294                              | 1,68131711                                | 1,2972167             |
| 2015 | 1,7107074                              | 1,7182534                                 | 1,32538105            |
| 2016 | 1,74071016                             | 1,75905512                                | 1,37243207            |
| 2017 | 1,80209194                             | 1,80744452                                | 1,398167              |
| 2018 | 1,87998899                             | 1,87015032                                | 1,43682306            |
| 2019 | 1,92210295                             | 1,92040086                                | 1,46796952            |
| 2020 | 1,94109551                             | 1,95962777                                | 1,4868562             |
| 2021 | 2,07486925                             | 2,08045812                                | 1,53865739            |



### Vedlegg 3: Prosjektdata

| ID | Etat | Kronenivå-år |         |           | P50 og sluttkostnad |         |           |
|----|------|--------------|---------|-----------|---------------------|---------|-----------|
|    |      | KS2 År       | Etat År | Felles År | Etat P50            | KS2 P50 | sluttkost |
| 1  | SVV  | 2021         | 2021    | 2021      | 9418                | 9952    |           |
| 2  | SVV  | 2020         | 2020    | 2020      | 20 500              | 19 500  |           |
| 3  | SVV  | 2020         | 2020    | 2020      | 5151                | 5550    |           |
| 4  | SVV  | 2020         | 2020    | 2020      | 2870                | 2890    |           |
| 5  | SVV  | 2019         | 2019    | 2019      | 1920                | 2009    |           |
| 6  | SVV  | 2018         | 2018    | 2019      | 1119                | 1229    |           |
| 7  | SVV  | 2018         | 2018    | 2018      | 14320               | 14 660  |           |
| 8  | SVV  | 2018         | 2018    | 2018      | 1188                | 1163    |           |
| 9  | SVV  | 2018         | 2018    | 2019      | 2052                | 2150    |           |
| 10 | SVV  | 2018         | 2018    | 2018      | 820                 | 783     |           |
| 11 | SVV  | 2017         | 2017    | 2018      | 790                 | 840     |           |
| 12 | SVV  | 2016         | 2016    | 2016      | 9 500               | 9 560   |           |
| 13 | SVV  | 2016         | 2016    | 2017      | 765                 | 716     |           |
| 14 | SVV  | 2016         | 2016    | 2017      | 1 580               | 1 650   |           |
| 15 | SVV  | 2016         | 2016    | 2018      | 2 550               | 2 470   |           |
| 16 | SVV  | 2015         | 2015    | 2015      | 2164                | 2142    |           |
| 17 | SVV  | 2015         | 2015    | 2015      | 817                 | 883     |           |
| 18 | SVV  | 2015         | 2015    | 2017      | 1607                | 1600    |           |
| 19 | SVV  | 2014         | 2014    | 2015      | 2546                | 2516    |           |
| 20 | SVV  | 2014         | 2014    | 2014      | 686                 | 787     |           |
| 21 | SVV  | 2014         | 2014    | 2014      | 3740                | 3859    |           |
| 22 | SVV  | 2014         | 2014    | 2015      | 1353                | 1398    |           |
| 23 | SVV  | 2014         | 2014    | 2014      | 1 586               | 1550    |           |
| 24 | SVV  | 2016         | 2014    | 2016      | 4 015               | 4014    |           |
| 25 | SVV  | 2013         | 2013    | 2014      | 1053                | 1097    |           |
| 26 | SVV  | 2014         | 2013    | 2014      | 3843                | 4380    |           |
| 27 | SVV  | 2012         | 2012    | 2013      | 1 304               | 1 297   |           |
| 28 | SVV  | 2013         | 2012    | 2018      | 1257                | 1490    | 1590      |
| 29 | SVV  | 2012         | 2012    | 2018      | 854                 | 856     | 1018      |
| 30 | SVV  | 2012         | 2012    | 2018      | 897                 | 882     | 955       |
| 31 | SVV  | 2013         | 2012    | 2014      | 1 891               | 2 030   |           |
| 32 | SVV  | 2012         | 2012    | 2014      | 5 972               | 6 174   |           |
| 33 | SVV  | 2012         | 2012    | 2012      | 1711                | 1834    |           |
| 34 | SVV  | 2012         | 2012    | 2014      | 1 380               | 1 366   |           |
| 35 | SVV  | 2011         | 2011    | 2012      | 2 470               | 2 420   |           |
| 36 | SVV  | 2011         | 2011    | 2018      | 3 883               | 3 963   | 6239      |
| 37 | SVV  | 2012         | 2011    | 2013      | 3 251               | 3 750   |           |
| 38 | SVV  | 2011         | 2011    | 2014      | 2 685               | 3 592   |           |
| 39 | SVV  | 2011         | 2011    | 2012      | 1 772               | 1 832   |           |
| 40 | SVV  | 2010         | 2010    | 2016      | 888                 | 857     | 1013      |

|    |           |      |      |      |       |       |      |
|----|-----------|------|------|------|-------|-------|------|
| 41 | SVV       | 2010 | 2010 | 2018 | 913   | 878   | 1451 |
| 42 | SVV       | 2010 | 2010 | 2015 | 642   | 634   | 849  |
| 43 | SVV       | 2009 | 2009 | 2009 | 1 518 | 1 381 |      |
| 44 | SVV       | 2009 | 2009 | 2015 | 1070  | 1082  | 1284 |
| 45 | SVV       | 2008 | 2009 | 2015 | 600   | 643,4 |      |
| 46 | SVV       | 2009 | 2009 | 2018 | 758   | 752   | 802  |
| 47 | SVV       | 2009 | 2009 | 2015 | 2 340 | 2440  | 3025 |
| 48 | SVV       | 2009 | 2009 | 2017 | 1 461 | 1497  | 1844 |
| 49 | SVV       | 2009 | 2009 | 2015 | 1 045 | 1 002 | 1327 |
| 50 | SVV       | 2010 | 2009 | 2015 | 495   | 515   | 619  |
| 51 | SVV       | 2009 | 2009 | 2017 | 1 678 | 1 619 | 2532 |
| 52 | SVV       | 2008 | 2008 | 2015 | 3 268 | 3499  | 4655 |
| 53 | SVV       | 2008 | 2008 | 2012 | 1 045 | 1 074 | 1245 |
| 54 | SVV       | 2008 | 2008 | 2013 | 1 743 | 1765  | 2038 |
| 55 | SVV       | 2009 | 2008 | 2018 | 1549  | 1522  | 1744 |
| 56 | SVV       | 2007 | 2007 | 2017 | 1 980 | 1 940 | 2797 |
| 57 | SVV       | 2007 | 2007 | 2011 | 615   | 598   | 833  |
| 58 | SVV       | 2007 | 2007 | 2013 | 1210  | 1290  | 1924 |
| 59 | SVV       | 2007 | 2007 | 2015 | 800,1 | 809,4 | 1447 |
| 60 | SVV       | 2007 | 2007 | 2013 | 2 069 | 2107  |      |
| 61 | SVV       | 2007 | 2006 | 2013 | 2 463 | 2790  | 4167 |
| 62 | SVV       | 2006 | 2006 | 2011 | 958   | 940   | 1194 |
| 63 | SVV       | 2006 | 2006 | 2012 | 1159  | 1200  | 1830 |
| 64 | SVV       | 2005 | 2005 | 2008 | 660   | 618   | 747  |
| 65 | SVV       | 2005 | 2005 | 2011 | 979   | 842   | 1520 |
| 66 | SVV       | 2005 | 2005 | 2019 | 600   | 635   | 1058 |
| 67 | SVV       | 2005 | 2005 | 2011 | 1190  | 1 220 | 1253 |
| 68 | SVV       | 2004 | 2004 | 2016 | 3855  | 3845  | 7910 |
| 69 | SVV       | 2004 | 2004 | 2011 | 992   | 1048  | 1363 |
| 70 | SVV       | 2004 | 2004 | 2015 | 1921  | 1985  | 3032 |
| 71 | SVV       | 2004 | 2004 | 2014 | 501   | 466   | 669  |
| 72 | SVV       | 2005 | 2004 | 2009 | 645   | 697   | 793  |
| 73 | SVV       | 2004 | 2004 | 2010 | 475   | 440   | 643  |
| 74 | SVV       | 2003 | 2003 | 2010 | 1095  | 1067  | 1600 |
| 75 | SVV       | 2003 | 2003 | 2015 | 531   | 556   | 526  |
| 76 | SVV       | 2002 | 2002 | 2014 | 705   | 738   | 1167 |
| 77 | SVV       | 2002 | 2002 | 2009 | 794   | 797   | 1062 |
| 78 | SVV       | 2002 | 2002 | 2009 | 891   | 843   | 1210 |
| 79 | SVV       | 2002 | 2002 | 2011 | 1470  | 1473  | 1827 |
| 80 | SVV       | 2001 | 2001 | 2006 | 620   | 685   | 595  |
| 81 | SVV       | 2002 | 2001 | 2008 | 950   | 1019  | 1380 |
| 82 | Statsbygg | 2019 | 2019 | 2019 | 16900 | 16900 |      |
| 83 | Statsbygg | 2018 | 2018 | 2018 | 1 647 | 1 738 |      |
| 84 | Statsbygg | 2017 | 2017 | 2017 | 1665  | 1725  |      |

|     |                    |      |      |      |       |       |      |
|-----|--------------------|------|------|------|-------|-------|------|
| 85  | Statsbygg          | 2016 | 2016 | 2018 | 4752  | 4935  |      |
| 86  | Statsbygg          | 2013 | 2013 | 2021 | 672   | 704   | 873  |
| 87  | Statsbygg          | 2012 | 2012 | 2013 | 4 265 | 4 450 |      |
| 88  | Statsbygg          | 2012 | 2012 | 2012 | 4840  | 5 184 |      |
| 89  | Statsbygg          | 2011 | 2011 | 2011 | 736   | 757   |      |
| 90  | Statsbygg          | 2009 | 2009 | 2013 | 468   | 431   | 455  |
| 91  | Statsbygg          | 2009 | 2009 | 2016 | 630   | 627   | 746  |
| 92  | Statsbygg          | 2007 | 2007 | 2015 | 760   | 800   | 1254 |
| 93  | Statsbygg          | 2007 | 2007 | 2007 | 812   | 861   |      |
| 94  | Statsbygg          | 2007 | 2007 | 2015 | 665   | 692   | 819  |
| 95  | Statsbygg          | 2005 | 2005 | 2010 | 907   | 968   | 1352 |
| 96  | Statsbygg          | 2005 | 2005 | 2015 | 972   | 1 400 | 2156 |
| 97  | Statsbygg          | 2004 | 2004 | 2015 | 435   | 432   | 746  |
| 98  | Statsbygg          | 2003 | 2003 | 2006 | 362   | 370   | 316  |
| 99  | Statsbygg          | 2004 | 2003 | 2006 | 295   | 275   | 257  |
| 100 | Statsbygg          | 2003 | 2003 | 2011 | 450   | 486   | 694  |
| 101 | Statsbygg          | 2002 | 2001 | 2007 | 486   | 527   | 560  |
| 102 | NAV                | 2020 | 2020 | 2020 | 911   | 953   |      |
| 103 | NAV                | 2012 | 2011 | 2012 | 1500  | 1510  | 1750 |
| 104 | Jernbaneverket     | 2008 | 2008 | 2012 | 577   | 618   | 730  |
| 105 | Jernbaneverket     | 2007 | 2007 | 2011 | 1206  | 1365  | 1575 |
| 106 | Jernbaneverket     | 2005 | 2005 | 2013 | 918   | 910   | 1155 |
| 107 | Jernbaneverket     | 2005 | 2004 | 2011 | 1390  | 1 563 | 2158 |
| 108 | Forsvaret          | 2003 | 2003 | 2006 | 491   | 475   | 574  |
| 109 | Forsvaret          | 2012 | 2012 | 2018 | 2176  | 2170  |      |
| 110 | Forsvaret          | 2011 | 2011 | 2011 | 7 951 | 8844  |      |
| 111 | Forsvaret          | 2009 | 2009 | 2009 | 1 324 | 1350  |      |
| 112 | Forsvaret          | 2008 | 2008 | 2008 | 1275  | 1481  |      |
| 113 | Forsvaret          | 2008 | 2008 | 2008 | 1720  | 1814  |      |
| 114 | Forsvaret          | 2008 | 2008 | 2008 | 4530  | 4698  |      |
| 115 | Forsvaret          | 2007 | 2007 | 2007 | 534   | 582   |      |
| 116 | Forsvaret          | 2006 | 2006 | 2009 | 548   | 568   | 724  |
| 117 | Forsvaret          | 2002 | 2001 | 2016 | 1 065 | 1307  | 1186 |
| 118 | E-helse direktorat | 2020 | 2020 | 2020 | 4 803 | 4720  |      |
| 119 | E-helse direktorat | 2020 | 2020 | 2020 | 720   | 710   |      |





**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway