

Eva-Lena Winge

Studie av LCC-analyser innen vegbygging

Masteroppgave i studieretning Veg
Veileder: Rolf André Bohne
Juni 2019

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

Sammendrag

Å bygge og forvalte infrastruktur er økonomisk krevende for et samfunn. Veger og bruer har lang forventet levetid, og stramme offentlige budsjetter medfører at fokus på kostnader knyttet til drift og vedlikehold blir alt viktigere.

Både norske og andre lands myndigheter har utarbeidet retningslinjer som fremmer et levetidsperspektiv som grunnlag for beslutninger og at levetidskostnader (LCC) bør vurderes i forbindelse med offentlige anskaffelser. Forskere er også enige i at fokus på levetidskostnader er viktig, og det finnes flere studier som beskriver metoder og verktøy for å gjennomføre levetidsberegninger.

Til tross for dette ser det ikke ut til at analyser og beregninger av levetidskostnader er utbredt innenfor utbygging av offentlige samferdselsanlegg. Denne oppgaven tar for seg denne problemstillingen og har sett på hvorfor LCC-analyser ikke i større grad er tatt i bruk som grunnlag for beslutninger.

Den overordnede problemstillingen for denne oppgaven har vært å «Identifisere og belyse årsakene til manglende praktisk bruk av LCC-analyser innen bygging og forvaltning av samferdselsanlegg».

Det fremkommer nok så tydelig i arbeidet med oppgaven at å implementere LCC-analyser som et systematisk verktøy er ønskelig på alle nivåer. Men problemstillingene rundt LCC-analyser er komplekse og det er vanskelig å gi noen helt entydige svar på årsakene til den lave bruken. Studien viser imidlertid at uklare og manglende målsettinger i organisasjonene, manglende kompetanse på gjennomføring av LCC-analyser, og manglende (relevante) underlagsdata er fremtredende årsaker til den lave bruken av LCC-analyser. Mangel på en klar strategi i organisasjonene for hva LCC-analyser skal brukes til fremstår som den mest grunnleggende årsaken, samtidig som mangel på relevante underlagsdata står frem som den mest krevende årsaken å håndtere. Når det gjelder verktøy (programvare) så finnes det programvare tilgjengelig, men når målsettingene ikke er definert og det mangler kompetanse og underlagsdata, er det vanskelig å ta i bruk å implementere programvare.

Abstract

To build and maintain infrastructure is an economic challenge. Roads and bridges are built to last, and with tight public budgets, there has been an increased focus on how to calculate expenses for maintenance.

Local authorities have come up with guidelines to promote a life-cycle perspective as a basis for decision making and public procurements. Researchers agree that the focus on lifetime costs is important, and there have been conducted several studies that describe methods and tools for how to carry out lifetime calculations.

Despite this, life-cycle cost analysis (LCCA) is rarely used in the transportation sector. This thesis addresses this issue and looks at why LCC analyzes are not used to a greater extent as a basis for public decision-making processes.

The overall problem for this thesis is to "Identify and elucidate the reasons for the lack of practical use of LCC analyzes in the construction and management of transport facilities".

From the interviews conducted for this thesis, it becomes clear that implementing LCC analyzes as a systematic tool is desirable at several levels. The problems seem to be complex and it is difficult to give any clear answers to why LCC analyzes are not more frequently used. This study, however, shows that unclear and lacking objectives in the organizations, lacking competences, and also a lack of relevant data are prominent reasons for the low use of LCC analyzes. The lack of a clear strategy in the organizations for what LCC analyzes should be used appears to be the most important cause, while the lack of relevant supporting data emerges as the most demanding cause to deal with. When it comes to the required tools, software is available, but when the goals are not defined, and it lacks expertise and data, implementing software is difficult to implement.

Innhold

Sammendrag	i
Abstract	iii
Figurliste.....	ix
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling.....	1
1.3 Avgrensing.....	2
2 Teori.....	3
2.1 Innledning.....	3
2.2 Historikk	4
2.3 Retningslinjer og krav for offentlige anskaffelser	5
2.3.1 Myndighetskrav.....	5
2.3.2 Krav innen den enkelte organisasjonen.....	6
2.4 Levetidskostnader (LCC) - definisjon	7
2.5 Samfunnsøkonomisk analyse - definisjon	8
2.6 Sammenligning av LCC-analyser og samfunnsøkonomiske analyser	9
2.7 Parametere som inngår i en LCC-analyse	11
2.7.1 Parametere i en tradisjonell LCC-analyse.....	11
2.7.2 Øvrige underlagsdata.....	17
2.8 Hvordan beregne levetidskostnader.....	20
2.8.1 Nåverdimetoden	20
2.8.2 Årskostnader – annuitetsmetoden	21
2.8.3 Deterministiske modeller og sannsynlighetsmodeller.....	23
2.9 Entreprise- og kontraktsformer.....	27
2.10 Status for bruk av LCC-analyser i litteraturen.....	29

3	Metode	33
3.1	Generelt	33
3.1.1	Induktiv versus deduktiv metode	33
3.1.2	Kvantitativ og kvalitativ datainnsamling	36
3.1.3	Litteraturstudie	37
3.1.4	Kvalitative dybdeintervjuer	38
3.1.5	Diskusjon	39
3.2	Metodevalg	40
3.2.1	Gjennomgang av litteraturen	40
3.2.2	Intervjuer	42
3.2.3	Bearbeiding av innsamlet data – diskusjon	43
3.3	Metode- og kildekritikk	43
4	Resultat	45
4.1	Status for bruk av LCC-analyser	45
4.2	Muligheter ved å benytte LCC-analyser	46
4.3	Underlagsdata	47
4.3.1	Kostnadsdata	48
4.3.2	Levetider, tiltaksfrekvenser og øvrige underlagsdata	49
4.4	Metoder og verktøy	50
4.5	Entreprise- og kontraktsformer	51
4.6	Tiltak – hva bør gjøres	52
4.7	Oppsummering	53
5	Diskusjon	55
5.1	Status og retningslinjer for bruken av LCC-analyser	56
5.2	Muligheter med å benytte LCC-analyser	57
5.3	Hindringer	58

5.4	Underlagsdata	59
5.5	Metoder og verktøy	60
5.6	Tiltak.....	61
5.7	Oppsummering	62
6	Konklusjon.....	63
7	Forslag til videre arbeid	67
8	Referanser	69
	Vedlegg 1 Definisjoner	75

Figurliste

Figur 1. Inndeling av kostnader, (ISO, 2008)	12
Figur 2 Oversikt over kalkulasjonsrenter.	16
Figur 3 Eksempel på objektspesifikke data i en LCC-analyse for n vegstrekning. (Kilde Forsman, 2009).....	18
Figur 4 Uttrykk for levetidskostnader, med kostnader som oppstår i løpet av en gitt analyseperiode. (Bearbeidet fra Statens vegvesen, N200 2014).	20
Figur 5 Formel for utregning av nåverdien av fremtidige kostnader. (Bearbeidet fra Statens vegvesen, N200 2014).	21
Figur 6 Formel for å beregne ekvivalent årskostnad. (Bearbeidet fra Statens vegvesen, N200 2014).....	22
Figur 7 Sammenhengen mellom ulike kostnadsbegrep (kilde Statens vegvesen).	22
Figur 8 Formler for netto sparing (NS) og mulig tap (OL).	24
Figur 9 En brus levetidsfaser og mulig bruk av LCC-analyser.	25
Figur 10 Flytskjema som viser LCC-analyse med probabilistisk simuleringsoptimalisering. Ovaler er opprinnelige inputs, rektangler er prosesser og parallellogram er inputs og resultat, (Guo, 2019)	27
Figur 11. Risikofordeling i ulike typer kontrakter (Statens vegvesen, 2017).	28
Figur 12 Deduktiv metode, bearbeidet etter Saunders (2009).	34
Figur 13 Illustrasjon av kombinasjon av induktiv og deduktiv tilnærming, Hassan 2018).	35
Figur 14 Stegvis-deduktiv induktiv metode. Forenklet etter Tjora (2017).	35
Figur 15 Overgangen kvantitativ og kvalitativ (bearbeidet etter Pettersen, 2016 og Grønmo, 2016).....	37
Figur 16 Aktivitetene i studien skjematisk.....	40
Figur 17 Skjematisk fremstilling av bearbeiding av resultat fra intervjuer.....	43
Figur 18 Oppsummering av resultat fra intervjuer.....	53
Figur 19 Sammenstilling av resultater opp mot forskings spørsmål.....	55
Figur 20 Skjematisk fremstilling av de viktigste årsakene til manglende praktisk bruk av LCC-analyser.	62
Figur 21 Et isfjell som en metafor til levetidskostnader.	68

1 Innledning

Kort bakgrunn for oppgaven, valg av problemstilling og oppgavens begrensing.

1.1 Bakgrunn

Å bygge og forvalte infrastruktur er økonomisk krevende for et samfunn. Veger og bruer har lang forventet levetid, og fokus på drift og vedlikehold og kostnader knyttet til drift og vedlikehold blir alt viktigere. Ikke minst er dette viktig da det bygges nye vegstrekninger hvert år og mengden infrastruktur som skal underholdes stadig øker.

Både norske og internasjonale myndigheter har utarbeidet retningslinjer som fremmer et levetidsperspektiv og en intensjon om at levetidskostnader bør vurderes i forbindelse med offentlige anskaffelser. Forskere er enige i at fokus på levetidskostnader er viktig, og det finnes studier som beskriver metoder og verktøy for å gjennomføre levetidsberegninger.

Til tross for dette ser det ikke ut til at analyser og beregninger av levetidskostnader (LCC) er utbredt innenfor anleggsbransjen og utbygging av offentlige samferdselsanlegg. Denne oppgaven tar for seg denne problemstillingen og skal se videre på hvorfor LCC-analyser ikke er tatt i bruk som grunnlag for beslutninger i større grad.

1.2 Problemstilling

Formålet med denne oppgaven er å finne ut om antagelsen om at bruken av LCC-analyser er lite utbredt stemmer, hva er hindringene og hva er mulighetene.

Problemstillingen som følger:

Identifisere og belyse årsakene til manglende praktisk bruk av LCC-analyser innen bygging og forvaltning av samferdselsanlegg.

Forskingsspørsmål:

- Har organisasjonene en klar målsetting for sin bruk av LCC-analyser?
- Har organisasjonene kunnskap om LCC-analyser?
- Finnes det underlagsdata (inputdata) å benytte i LCC-analyser?
- Finnes det verktøy for å gjennomføre LCC-analyser?

1.3 Avgrensing

Denne oppgaven tar utgangspunkt i et «bestiller- og forvalterperspektiv», dvs. med utgangspunkt i perspektivet fra de som anskaffer og forvalter samferdselsanlegg, her veg- og trafikkmyndigheter.

Litteraturstudien for den bakenforliggende teorien er begrenset innenfor norsk, dansk, svensk og engelskspråklig litteratur. Denne litteraturen har jeg, med noen få unntak, med bakgrunn i forskningens relevans, valgt å begrense i tid til de siste ti årene.

Det empiriske grunnlaget bygger på intervjuer av personer med tilknytning til planlegging, bygging og forvaltning av samferdselsanlegg i Danmark, Finland, Norge og Sverige. Resultatene som foreligger i oppgaven er vurdert opp mot norske forhold og Statens vegvesen som vegeier.

2 Teori

Oppsummering av grunnleggende teori og tidligere forskning bak LCC-analyser hentet fra litteraturen. Teorien skal gi et fundament for å forstå oppgavens problemstilling.

2.1 Innledning

Offentlig pengebruk engasjerer og store statlige samferdselsprosjekt får ofte oppmerksomhet både politisk og i media, ikke minst ved kostnadsoverskridelser. I dag er spørsmål om finansiering et spesielt dagsaktuelt tema. Regjeringen har i flere år lagt opp til en stor bompengandel i mange prosjekt og bompenger har etter hvert blitt en stor utgift for mange bilister. Folk i det ganske land protesterer og til og med egne «nei til bompenger»-partier utfordrer allerede etablerte partier.

«Det er viktig at politikere og byråkratiet er bevisst på at de forvalter innbyggernes skatte kroner. Det er til syvende og siste innbyggerne som må betale regningen.»

«– Formålsløs sløsing av offentlige midler er kanskje det som samler dette landet mest.»

Ekroll (2018)

Det er fortsatt mest oppmerksomhet på investeringskostnader. Men stramme offentlige budsjetter og fokus på kostnadsoptimalisering, å tilstrebe «mer veg for hver krone», burde være et insitament for vegeiere til å utfra et helhetsperspektiv se på et veganleggs kostnader gjennom hele levetiden. Også nye typer entrepriser, der drift og vedlikehold over en periode på 15-25 år inngår, blir alt vanligere. Det betyr at med dagens finansieringsordning vil også forvaltning av vegen være delvis bompengefinansiert, noe som også burde gi økt fokus på et levetidsperspektiv.

2.2 Historikk

«Byggverk skal være funksjonelle, vakre og varige. Det vil si at de skal være gode å være i, behagelige å se på, samt vare over lang tid.»

Vitruvius, romersk arkitekt

Allerede i romertiden var det fokus på et byggverks levetid. Det å opprettholde funksjonalitet og et vakkert visuelt uttrykk gjennom hele byggverkets livsløp.

Ser vi til nyere tid har det historisk vært størst fokus på investeringskostnaden ved oppføring av nye bygg og anlegg. På 1880-tallet utførte den franske ingeniøren og økonomen Jules Dupuit kanskje noen av de første samfunnsøkonomiske analysene innen transportsektoren. Han innførte en rekke begreper som konsumentoverskudd, fordeling av nytte og kostnadseffektivitet. Han hadde også synspunkter på statens rolle i etablering av offentlig infrastruktur, (Trafikkverket, 2018).

På 1930-tallet begynte eiendoms- og anleggseiere (i USA) å se på og vurdere driftskostnader i forbindelse med utvikling og bygging av eiendom, (Kishk m.fl., 2003). Beregning av levetidskostnader som konsept ble utviklet av U.S. Department of Defence på 60-tallet for å forbedre de statlige anskaffelsene av forsvarsmateriell, (Harbuck m.fl, 2009).

Fra perioden fra 1980 til 2000 er det flere studier og rapporter som viste til at LCC-analyser vil komme til å bli alt viktigere. For eksempel utarbeidet Vägverket i Sverige en rapport i 1999, *LCC-modeller (bro)*, (Vägverket, 1999), som en del av et større FoU-prosjekt. Her står at LCC-analyser vil bli alt mer etterspurt som grunnlag for beslutninger. Og videre at modeller for LCC-analyser må utvikles, at relevante underlagsdata mangler og at usikkerheter må kartlegges.

I Concept-rapport nr. 3, *Beslutningsunderlag og beslutninger i store statlige investeringsprosjekter*, (Haanæs, 2005), er ikke LCC-analyser studert spesielt, men det foreslås at det i videre forskning utredes «hvordan levetidskostnader skal inngå som del av beslutningsunderlaget».

2.3 Retningslinjer og krav for offentlige anskaffelser

Både overordnede myndigheter og de enkelte trafikketatene i Norden har LCC-analyser på agendaen som et virkemiddel for å optimalisere offentlige anskaffelser, der kostnadseffektivitet og bærekraft står i fokus.

2.3.1 Myndighetskrav

Føringene fra overordnede myndigheter om bruk av LCC-analyser er på en eller annen måte nedfelt i lovverk og/eller i forskrifter, enten nasjonale eller gjennom EU-direktiv.

Norge

I Norge er det i regelverket for offentlige anskaffelser gitt føringer om at det skal tas hensyn til levetidskostnader, som gitt av følgende lovparagrafer:

- Lov om offentlige anskaffelser (LOA) § 5. Miljø, menneskerettigheter og andre samfunnshensyn: «Statlige, fylkeskommunale og kommunale myndigheter og offentligrettslige organer **skal** innrette sin anskaffelsespraksis slik at den bidrar til å redusere skadelig miljøpåvirkning, og fremme klimavennlige løsninger der dette er relevant. Dette **skal** blant annet skje ved at oppdragsgiveren **tar hensyn til livssyklus**kostnader.»
- Forskrift om offentlige anskaffelser (FOA) § 18-1 (2). Tildelingskriterier: Tildelingskriteriene «**kan** for eksempel være pris, kvalitet, **livssyklus**kostnader, miljø, sosiale hensyn og innovasjon.»

Det er også utarbeidet en egen standard for beregninger av levetidskostnader, NS 3454 Livssyklus-kostnader for byggverk – prinsipper og klassifisering (2013). Klassifiseringen av bygningsdeler er tilpasset byggverk, og i liten grad tilpasset bygging av infrastruktur som veier og konstruksjoner.

Sverige

I Sverige har levetidskostnader vært omtalt i regelverk om offentlige anskaffelser siden 2004. *Lagen om offentlig upphandling* (LOU, 2016) stiller ikke krav til at levetidskostnader skal beregnes, men ønsket er at alle offentlige anskaffelser skal inkludere et levetidskostnadsperspektiv. Det anbefales av *Upphandlingsmyndigheten* (svensk myndighet med ansvar for offentlige anskaffelser) at levetidskostnader vurderes i offentlige anskaffelser.

EU-direktivet for offentlige anskaffelser, *Upphandlingsdirektivet*, (EU, 2014), er også gjeldene, se beskrivelse under Finland.

Finland:

Det finnes nasjonale retningslinjer for levetidsberegninger også i Finland, om enn noe mindre konkret enn i Norge og Sverige. Både Finland, Sverige og Danmark er også underlagt regelverket i EU, og som nevnt gir for eksempel EU's Upphandlingsdirektiv, (EU, 2014), føringer. Her fremgår at EU ønsker å endre holdningene til LCC-analyser og fremme bruken. Levetidsberegninger er i direktivet omtalt flere steder, for eksempel i artikkel (92) og (96):

- *För att det ekonomiskt mest fördelaktiga anbudet ska kunna fastställas bör beslut om tilldelning av kontrakt inte uteslutande grunda sig på andra kriterier än kostnaderna. Kvalitetskriterier bör därför åtföljas av ett kostnadskriterium som, beroende på vad den upphandlande myndigheten väljer, antingen kan avse priset eller kostnadseffektiviteten, exempelvis en beräkning av **livscykelkostnaderna**.*
- *Det bör således göras klart att de upphandlande myndigheterna, förutom vid en bedömning som görs uteslutande på grundval av priset, får anlägga ett **livscykelkostnadsperspektiv** när de fastställer vilket som är det ekonomiskt mest fördelaktiga anbudet och den lägsta kostnaden. Begreppet **livscykelkostnad** innefattar alla kostnader under byggentreprenadernas, varornas eller tjänsternas livscykel.*

2.3.2 Krav innen den enkelte organisasjonen

Statens vegvesen sine håndbøker stiller krav til levetid og levetidskostnader skal vurderes i prosjektering av nye anlegg og ved planlegging av vedlikeholdstiltak. Kravet er generelt og det gis ingen føringer til hvordan disse vurderingene skal utføres i praksis eller hvilke verktøy eller systemer som skal benyttes. Kvalitetssystemet i Statens vegvesen omhandler ikke LCC-analyser.

Når det gjelder gjeldende krav i håndbøker (her for eksempel N200 Vegbygging, N400 Bruprosjektering og N500 Vegtunneler) er det usikkert om i hvor stor grad det er gjort analyser av levetider og kostnader, eller om kravene bygger på erfaring og at løsninger som er benyttet over tid og som fungerer har blitt anerkjente løsninger, «best practice». Det er heller ikke dokumentert i hvor stor grad nye krav og løsninger som innføres veies opp mot for eksempel levetid, kostnad for drift og vedlikehold, miljøpåvirkning og trafikkikkerhet.

Trafikverket i Sverige har gått lenger og fra 2014 er det innført et internt krav om at alle investeringsobjekt skal vurderes utfra et «LCC-perspektiv». Det er utarbeidet et dokument, *Stöd för arbete med livscykelbedömningar och LCC*, (Trafikverket, 2017). Dokumentet beskriver hvordan livssyklus kostnader både skal og bør gjennomføres. Her skilles det på *vurderinger* og *kostnadsberegninger* over livssyklusen:

- En livssyklus*vurdering* er definert som en helhetsvurdering av konsekvenser av løsningsvalg som omfatter både investerings- og driftsfase. Vurderingene trenger ikke å inneholde kostnadsberegninger.
- En livssyklus*kostnadsanalys* [kostnadsberegning] er definert som en metode for å kunne beregne alle kostnader som oppstår under planlegging, prosjektering, bygging og i driftsfasen, samt eventuelle avhendingskostnader.

I dokumentet vises det til at erfaringsdata som underlag for beregningene kan være vanskelig å fremskaffe, eller at de mangler helt. Trafikverket har derfor valgt å skille på de to begrepene for å senke terskelen og motivere til at konsekvenser for driftsfasen vurderes uten å stille et absolutt krav til presisering av kostnader og dermed unngå at vurdering av levetidskostnader helt uteblir. Som et samlet begrep, der både *vurderinger* og *beregninger* omfattes, benytter Trafikverket *kostnadsutredning*:

- En livssyklus*kostnadsutredning*, er en samlet utredning, en systematisk gjennomgang og tolking, og kan bestå av både livssyklus*vurdering* og livssyklus*kostnadsanalyse*.

2.4 Levetidskostnader (LCC) - definisjon

Med levetidskostnader menes en sammenstilling av *alle kostnader* som genereres i *hele levetiden* for et prosjekt eller et objekt. Vurderinger og analyser av levetidskostnader vil kunne gi et grunnlag for valg av løsninger utfra et levetidsperspektiv, og ikke kun utfra investeringskostnader.

Levetidskostnader, forkortet LCC etter det engelske begrepet *life-cycle costs*, skal synliggjøre og summere alle kostnader et prosjekt genererer i løpet av sin levetid, fra tidlig planlegging, prosjektering og bygging, og alle kostnader innen utvikling, drift- og vedlikehold, inkludert rive- og avhendingskostnader.

Levetidskostnader er ikke det samme som en livsløpsanalyse. Der levetidskostnader (LCC) kun fokuserer på kostnadssiden ved et tiltak er livsløpsanalyser (LCA) en metode for å vurdere et tiltaks miljøbelastning på omgivelsene.

LCC-analyser kan gjennomføres i alle faser av et prosjekt og på ulike detaljnivåer.

I tidlige faser av et prosjekt er det ofte fokus på samfunnsnytte og funksjon. Det er da vanlig å benytte samfunnsøkonomiske beregninger og vurderinger for å vurdere *nytte* opp mot kostnad ved valg og rangering av prosjekt og alternativer. I en levetids*kostnads*-analyse er det kostnadssiden av et prosjekt som vurderes. Derfor er det mest vanlig å benytte levetidskostnader i senere faser, der fokus er rettet mot detaljer og tekniske løsninger, (Swärd og Pydokka, 2017).

Levetidskostnader og livssyklus-kostnader har lik betydning. I denne oppgaven er det valgt å benytte levetidskostnader som begrep på norsk. Unntak er direkte sitat og der jeg har vurdert det riktig å benytte det svenske begrepet *livscykelkostnad*.

LCC-analyse er i oppgaven benyttet som et samlet begrep for både vurderinger og beregninger av levetidskostnader. I de tilfellene LCC-beregning er benyttet, er det for å understreke at det gjelder en ren beregning av kostnader.

2.5 Samfunnsøkonomisk analyse - definisjon

«Samfunnsøkonomiske analyser er et verktøy til å belyse konsekvensene av ressursbruk i offentlig sektor. Hovedformålet med en samfunnsøkonomisk analyse er å klarlegge og synliggjøre konsekvensene av alternative tiltak før beslutning om iverksetting av tiltak fattes.», (NOU, 2012).

LCC-analyser har fokus på kostnadssiden av et tiltak og skal fungere som beslutningsgrunnlag for å kunne planlegg å gjøre riktige valg, ikke kun ved investering, men i alle faser gjennom levetiden.

Hensikten med en samfunnsøkonomisk analyse er å finne ut om det er lønnsomt for samfunnet å realisere et tiltak. Det er derfor et mål å fange opp alle typer konsekvenser, både prissatte og ikke-prissatte, som påvirker alle grupper som blir berørt av et tiltak. En samfunnsøkonomisk analyse skal ta hensyn til alle kostnader og effekter som oppstår i tiltakets hele økonomiske levetid.

Prissatte konsekvenser måles i kroner. Dette er for eksempel bygge- og driftskostnader, trafikantnytte, skatter, støy og klimagassutslipp. Konsekvenser som vanskelig lar seg verdsette i kroner vurderes og rangeres av fagfolk etter en kvalitativ metode og etter begrepene positiv konsekvens og negativ konsekvens. Dette kan være konsekvenser for landskapsbilde, friluftsliv, kulturarv, naturmangfold og -ressurser, (Statens vegvesen, 2018)

2.6 Sammenligning av LCC-analyser og samfunnsøkonomiske analyser

Det er ikke funnet mange kilder som diskuterer og sammenligner samfunnsøkonomiske analyser og LCC-analyser. Grunnlaget for dette kapittel er derfor i stor grad hentet fra Swärd og Pyddoke (2017).

Likheter:

Både en samfunnsøkonomisk analyse og en LCC-analyse benyttes for å identifisere og kvantifisere konsekvenser for et mulig tiltak og begge typer analyse benyttes for å sammenligne ulike alternative løsninger over en lengre analyseperiode. Diskontering til nåverdi og håndtering av usikkerhet omhandles også på lignende måter, (Swärd og Pyddoke, 2017).

Det betyr at det teoretiske grunnlaget for beregning av nåverdier og årskostnader, se kapittel 2.7, ligger til grunn for begge analysemetodene.

Ulikheter:

Den samfunnsøkonomiske analysemetoden, som beskrevet i Statens vegvesen (2018), er utviklet for bruk på overordnet nivå, vanligvis på kommunedelplannivå, men i enkelte tilfeller også på reguleringsplannivå. Det betyr at den samfunnsøkonomiske analysen gjennomføres i tidlig fase av et prosjekt, på et lavere detaljnivå. Beskrevne metoder for LCC-analyser, for eksempel Trafikverket (2017), åpner for å gå dypere i detaljeringsnivå, for å kunne analysere kostnader i senere faser av et prosjekt.

Dette innebærer ikke at de nasjonaløkonomiske prinsippene skiller seg mellom samfunnsøkonomiske analysene og LCC-analyser, men peker heller på en forskjell i praksis, (Swärd og Pyddoke, 2017).

I en samfunnsøkonomisk analyse inngår både kostnad og nytte, mens nyttesiden av et tiltak normalt ikke inngår i en LCC-analyse. At ikke nytten beregnes i en LCC-analyse og at den gjennomføres på et relativt detaljert nivå betyr ikke at usikkerhetene i en LCC-analyse er mindre enn i en samfunnsøkonomisk analyse. Dette med bakgrunn i at begge antar noe om framtiden, enten det er fremtidige vedlikeholdskostnader eller fremtidig etterspørsel (nytteposter), (Swärd og Pyddoke, 2017).

Et viktig poeng er at kostnadseffektivitet ikke er det samme som samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Dette kan forklares med at det for alle varer og tjenester finnes en kostnadseffektiv produksjon, men det er ikke dermed sikkert at produksjonen er lønnsom. I stedet for å svare på om et tiltak er lønnsomt så er formålet med en LCC-analyse å svare på hvordan vi utformer et tiltak til lavest mulig total kostnad gjennom levetiden, (Swärd og Pyddoke, 2017).

I en samfunnsøkonomisk analyse benyttes både kvantitative og kvalitative metoder for å håndtere henholdsvis prissatte og ikke prissatte konsekvenser. En LCC-analyse er i utgangspunktet en kvantitativ analyse som beregner kostnader i kroner. Men, Trafikverket (2017) beskriver, uten å utdype dette, at en LCC-analyse uten presisering av kostnader i noen tilfeller kan være tilstrekkelig som beslutningsgrunnlag. Det fremkommer da ikke om Trafikverket anser at en kombinasjon av en kvalitativ og kvantitativ analyse kan eller bør inngå i en og samme LCC-analyse.

Swärd og Pyddoke (2017) mener det ikke prinsipielt finnes noe som hindrer at den samme kvalitative metodikken som i en samfunnsøkonomisk analyse også benyttes i en LCC-analyse, og at metodikkene bør søkes harmonisert. Dog finnes en risiko at for mange kvalitative vurderinger vil kunne svekke LCC-analysens kraft som beslutningsunderlag.

Uavhengig av likheter og ulikheter i teori og praksis understreker Swärd og Pyddoke (2017) viktigheten av transparens i kalkylemetodikker og åpenhet rundt kalkyler slik at erfaringer deles og kompetanse kan bygges. Og at samfunnsøkonomiske analyser og LCC-analyser som hovedprinsipp bør gjennomføres med de samme underlagsdata (input) og de samme analysemetodene.

2.7 Parametere som inngår i en LCC-analyse

En LCC-analyse kan utføres som en enkel beregning med noen få parametere i et excel-ark eller som en kompleks modellering der det tas hensyn til flere typer erfaringsdata knyttet til en vegstrekning eller et objekt.

I punkt 2.6.1 redegjøres det for de grunnleggende parameterne i en LCC-analyse og i kapittel 2.6.2 gis noen eksempler på hvilke andre typer parametere/inndata som analysene kan utvides med.

For beskrivelse av selve beregningsmetodene for LCC-analyser vises til punkt 2.8.

2.7.1 Parametere i en tradisjonell LCC-analyse

Hovedparametere ved en tradisjonell (enkel) beregning av levetidskostnader er:

- Kostnader/enhetspriser
- Levetider og tiltaksfrekvenser
- Analyseperiode
- Kalkulasjonsrente

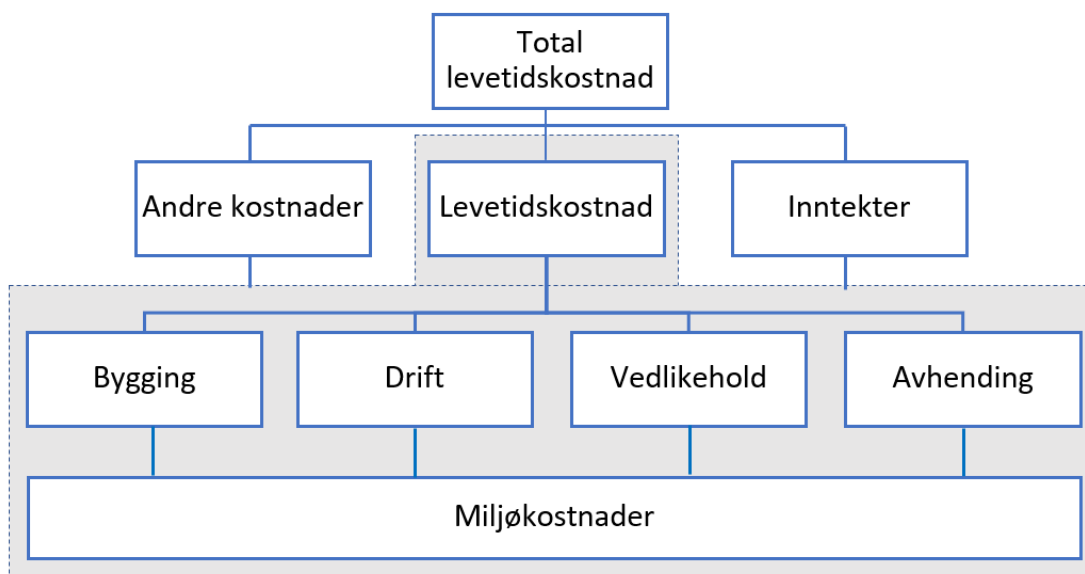
Kostnader og enhetspriser

Alle prosjekter som skal realiseres har en kostnad og et prosjekts suksess blir ofte målt i kostnader. Kostnadsdata antas derfor å være den parameteren som betyr mest for resultatet i LCC-analyser.

ISO (2008) deler i hovedsak inn kostnader i prosjektets faser:

- Investeringskostnader (bygging)
- Driftskostnader
- Vedlikeholdskostnader
- Avhendingskostnader/restverdi
- Miljøkostnader

Med miljøkostnader avses her kostnader som kan knyttes til aktiviteter i alle faser, eksempelvis kostnader for utslippstillatelser, tiltaksplaner, overvåkning, deponeringsavgifter mv., se Figur 1 under:



Figur 1. Inndeling av kostnader, (ISO, 2008)

NS3454 har valgt en annen oppdeling eller klassifisering av kostnader:

- Anskaffelses- og restkostnader
- Forvaltningskostnader
- Drifts- og vedlikeholdskostnader
- Utskiftings- og utviklingskostnader
- Forsyningskostnader
- Renholdskostnader

Klassifiseringen bærer preg av at standarden i utgangspunktet er utarbeidet for byggverk. Men, en ikke bransjespesifikk forskjell mellom standardene er at NS3454 inkluderer avhendingskostnader og ev restverdi i anskaffelseskostnadene. Og at miljøkostnader i NS3454 ikke skilles ut som egne kostnader, men inngår i hver klassifikasjon/aktivitet.

I 2006 utviklet Statens vegvesen en kostnadsbank for å samle inn enhetspriser fra utbyggingskontrakter. Det er et internt krav at alle prosjekter i Statens vegvesen skal legge inn erfaringspriser i kostnadsbanken; tilbudspriser ved anleggsstart og totalkostnader ved anleggsslutt slik at bla. priser per meter veg og kvadratmeter bru kan beregnes.

Samferdselsdepartementet ønsket i 2007 Kostnadsbanken velkommen:

«Det må understrekes at bruk av data fra gjennomførte relevante prosjekter ved kalkulasjon av nye prosjekter er et vanskelig tema. Prosjekter er aldri helt sammenlignbare og historiske tall blir raskt utdatert. For å bedre datagrunnlaget til bruk ved kostnadskalkyler har Staten vegvesen en kostnadsbank under oppbygging. Målsettingen er at sluttall fra gjennomførte prosjekter større enn 5 mill. kr skal legges inn i kostnadsbanken. Tallmaterialet redigeres slik at det skal være enkelt å spore opp gjennomførte prosjekter hvor dataene gir relevant grunnlag for kalkulasjon av nye prosjekter. Dokumentasjonen vil derved også kunne skje på en mer systematisk måte og basert på et vesentlig større datagrunnlag enn hva som er mulig i dag.»

Utdrag fra brev datert 5. juni 2007 fra Samferdselsdepartementet.

Status per i dag er at kostnadsbanken ikke er i bruk i nevneverdig grad. Det ser ut til å være vanskelig å få prosjektene å legge inn prisdata i kostnadsbanken, til tross for at det er et uttalt krav.

Andre kostnader, utover de som er definert å inngå i LCC-analyser i standardene omtalt over, er trafikantkostnader og andre samfunnskostnader. Trafikantkostnader er kostnader som belaster trafikanten i form av kjørekostnader, kjøretøykostnader, tidskostnader som kjøretid, venting og forsinkelser, og bompenger og billetter mv. Samfunnskostnader er for eksempel kostnader knyttet til ulykker, støy, luftforurensning og skatte(inndragings)kostnader.

Innen forskingen er diskuteres hvorvidt trafikantkostnader og andre samfunnskostnader skal inngå i LCC-analyser eller ikke. Noen mener at de er avgjørende og bør inngå, (Safi 2012, Amini m. fl., 2012). Det sies også at trafikantkostnader bør beregnes og synliggjøres, men at de kan ta for stor plass i en LCC-analyse og skygge for andre viktige løsningsvalg som noen ganger kan drukne i trafikantkostnadene.

Levetider og tiltaksfrekvenser

Kostnader er viktig, men det gir ingen mening med å vite hva et tiltak koster hvis det ikke fremgår når tiltaket er nødvendig, (Forsman, 2009).

Levetid er den tiden det tar før et objekt ikke lenger tilfredsstillende minimumskrav (Sintef Byggforsk, 2017) og er en viktig og avgjørende faktor i levetidsvurderinger og levetidsberegninger.

Normal levetid vil variere mellom ulike element (deler) i en veg. I Norge skal en bru prosjekteres og bygges med utgangspunkt i «100-års dimensjonerende brukstid», jf. håndbok, N400 Bruprosjektering, Statens vegvesen (2015). I henhold til håndbok N200 Vegbygging, (Statens vegvesen, 2018a), skal overbygningen i «veger og gater skal dimensjoneres for 10 tonns aksellast og 20 års dimensjoneringsperiode», men den faktiske levetiden forventes å være mellom 40 – 60 år. For tunneler anslås en levetid på utstyr i tunnelen på 15 år.

I forskrift om offentlige anskaffelser (FOA) § 4-5 defineres levetid som: *Alle faser i hele varens, tjenestens eller bygge- og anleggsarbeidets levetid fra anskaffelsen av råvarer eller opparbeidningen av ressurser, til avhendingen, kasseringen eller opphøret. Dette inkluderer blant annet forskning og utvikling, produksjon, handel, transport, bruk og vedlikehold.*

Samferdselsdepartementet og Sintef Byggforsk (2017) skiller på ulike definisjoner av levetid:

- Funksjonell levetid – den perioden der krav og tiltenkt funksjon er tilfredsstillt og der objektet fungerer etter sin hensikt, uten at objektet må bygges om (linje, bredde, bæreevne, mv.). Objektet kan fortsatt fungere teknisk, men endrede krav eller endring av funksjon kan ha blitt gjort gjeldende.
- Teknisk levetid – tiden det tar for å «slite ut» et objekt. Teknisk levetid påvirkes av kvaliteten i material og i utførelse, i tillegg til drift- og vedlikehold og eksponering (miljø) og er den levetiden som har størst betydning for nødvendig vedlikehold.
- Økonomisk levetid – levetid kun basert på økonomiske betraktninger, den optimale levetiden før utskifting er økonomisk gunstig (gir lavere driftsutgifter). Selv om et element er defekt kan det fortsatt ha økonomisk restlevetid. Den økonomiske levetiden avhenger sterkt av gjeldende realrente.

I en rapport utarbeidet av Multiconsult (2009) omtales viktigheten av å benytte seg av den reelle levetiden, det betyr at vi skal benytte den levetiden som inntreffer først, enten det er den tekniske, den funksjonelle eller den økonomiske. Den reelle levetiden omtales noen ganger også som *brukstid*.

Det kan være vanskelig å anslå eksakt levetid for ulike elementer da levetiden påvirkes av utførelse, materialkvalitet, klimapåkjenninger, drift- og vedlikehold og ikke minst bruken det enkelte element utsettes for. Planlegging og analyser av levetider gir et godt grunnlag for å optimalisere forvaltningen av et objekts levetid. Teknisk levetid vil alltid være den lengste levetiden og det er som oftest ligger til grunn i levetidsberegninger.

En problemstilling som spiller inn når en levetid skal settes for LCC-analyser innen samferdsel er at et samferdselsanlegg kan sies å være et «åpent system», i motsetning til for eksempel en maskin innen tilvirkningsindustrien som er et lukket system (et produkt). Et åpent system er ikke konstant (noe en maskin i større grad er), men den utvikles, driftes og ev tilpasses/foredles under sin generelt sett lange levetid, (Forsman, 2009). Systemet som vegelementet er en del av utvikles suksessivt og strekningens/elementets funksjon endres over tid. Det er vanskelig å forutse fremtidens transportbehov og transportmønstre.

Analyseperiode

Analyseperioden er den tidsperioden som levetidsanalysen skal omfatte. Som hovedregel bør analyseperioden være så nær levetiden som mulig (NOU, 2012). I en levetidsberegning finnes det element og komponenter med ulik levetid, og da må analyseperiode velges ut fra andre kriterier. I samfunnsøkonomiske analyser var det tidligere vanlig med en analyseperiode på 25 år for vegprosjekter, men dette ble endret i 2010 til 40 år, Statens vegvesen (2010). Finansdepartementet konkluderer med at 40 år er en mer rimelig periode (NOU, 2012). Trafikverket i Sverige anbefaler også 40 år som analyseperiode for levetidsberegninger, (Trafikverket, 2017). For konstruksjoner har 100 år blitt benyttet som analyseperiode, dvs. lik dimensjonerende brukstid.

Banedanmark benytter en analyseperiode på 100 år når de benytter LCC-analyser som tildelingskriterie i sine anskaffelser.

Kalkulasjonsrente

Verdien av en krone i dag er ikke det samme som verdien av en krone om 10 år. En krone i dag kan investeres og gi en realavkastning, dvs. få en reelt høyere verdi i fremtiden. Når en investering vurderes, vil investoren alltid sammenligne den forventede avkastningen i prosjektet med den alternative avkastningen en vil kunne oppnå i "sikre" pengeplasseringer (f.eks. en bankkonto).

Kalkulasjonsrenten kan derfor sees på som et avkastningskrav (rentekrav) på de investerte midlene. Diskonteringsrenten har direkte innflytelse på nåverdien for prosjekter. Det er knyttet mye debatt opp mot verdien på denne renten. En for høy diskonteringsrente vil føre til at prosjekter som er samfunnsøkonomisk lønnsomme ikke blir satt i gang eller i beste fall utsatt. På samme måte kan ineffektive prosjekter bli satt i gang ved en for lav kalkulasjonsrente, (Høines og Murady, 2016)

Kalkulasjonsrenten varierer i ulike land, og forskjellen mellom land ligger i hovedsak i hvilken økonomisk teori som legges til grunn og hvordan risiko behandles. Verdien på kalkulasjonsrenten fastsettes i Norge av Finansdepartementet.

Det er to dominerende økonomiske teorier for fastsettelse av kalkulasjonsrente er Ramsey-modellen og kapitalverdimodellen.

Ramsey-modellen tar utgangspunkt i en antagelse om at inntekter vil stige jevnt og at velferden vil øke i framtiden. Definert av Finansdepartementet (NOU, 2012) som

- et avkastningskrav i form av den minste økonomiske kompensasjon per krone investert som kreves for at en vil være villig til å avstå konsum nå mot å få et høyere konsum en periode senere.

Kapitalverdimodellen er en prismodell og tar utgangspunkt i verdien av en alternativkostnad. Alternativkostnaden er den høyeste alternative verdien man går glipp av dersom man binder kapital i dag. Definert av Finansdepartementet (NOU, 2012) som

- en markedsbestemt alternativkostnad ved at det er det merkonsum en ville ha hatt etter en periode ved å plassere en krone i banken eller i annen rentebærende plassering i stedet for å konsumere den nå.

I Norge er det kapitalverdimodellen som ligger til grunn for fastsettelsen av kalkulasjonsrenten. En oversikt over renter i noen andre land, se Figur 2 under. Data er hentet fra Høines og Murady (2016) og Finansdepartementet (NOU, 2012).

Land	Kalkulasjonsrente	Økonomisk modell
Canada	10 %	Kapitalverdimodellen
Danmark	6 %	Kapitalverdimodellen
Finland	5 %	Ramsey
Norge	4 %	Kapitalverdimodellen
Storbritannia	3,5 %	Ramsey
Sverige	3,5 %	Ramsey

Figur 2 Oversikt over kalkulasjonsrenter.

Finansdepartementet (NOU, 2012) anbefaler å benytte en reell risikojustert kalkulasjonsrente (dvs. diskonteringsrente) på 4% for de første 40 årene i en analyseperiode. Går analysen utover 40 år anbefales en rente på 3 % for år 41 til 75 og i en rente på 2 % for årene deretter.

Konsekvenser av klimaendringer er et eksempel som illustrerer hvor viktig rentenivået er for beregning av kostnader som vil oppstå i framtiden. Kostnadene for tiltak som skal redusere global oppvarming vil belaste oss, samfunnet, nå og i nær fremtid. Men skadene og kostnadene for konsekvensene vi ønsker å unngå vil opptre lenger inn i framtiden, (NOU, 2018). Det betyr at en større neddiskontering nå (dvs. en lav rentesats) vil bidra til at kostbare tiltak i dag vil i beregninger komme ut som ulønnsomme. Stern-rapporten fra 2007, (Stern, 2007), benyttet en rente på 1,4 % og viste til flere lønnsomme tiltak på kort sikt. Dette i motsetning til William Nordhaus som på samme tid benyttet en rente på 5,5 % og som (den gang) kom frem til at det høye ambisjonsnivået i Stern-rapporten ikke var lønnsom, (Nordhaus, 2008). Parisavtalen ble vedtatt i 2015, og hovedpunktene i avtalen er at temperaturen ikke skal stige med mer enn 2 grader i dette århundret og at alle land skal ha en nasjonal plan for hvordan kutte i klimagassutslipp. Kalkulasjonsrentens nivå vil her spille en stor rolle når beslutningshavere skal prioritere riktig mellom ulike tiltak.

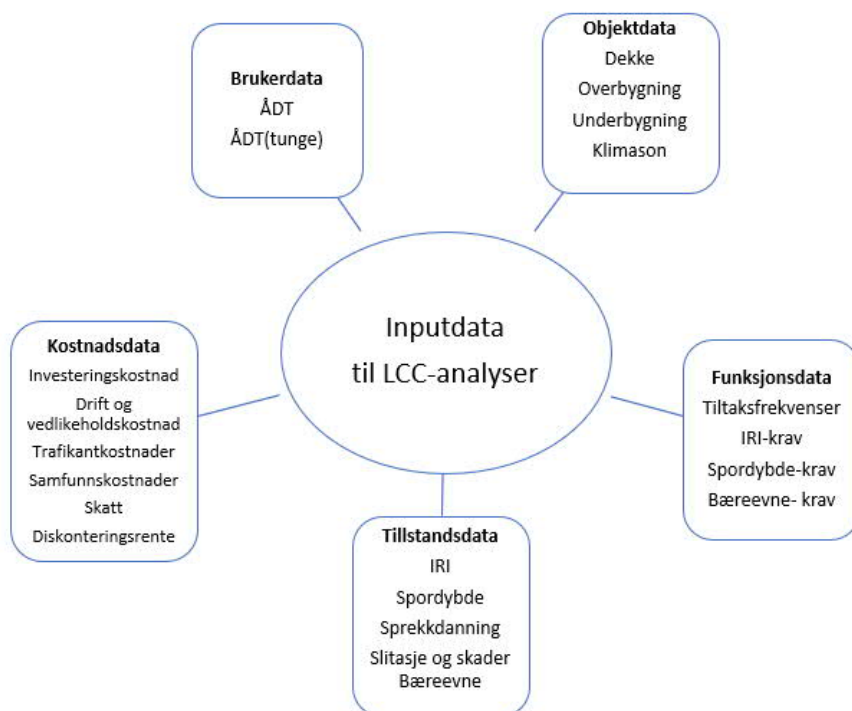
2.7.2 Øvrige underlagsdata

For å kunne beregne levetidskostnader mer presist er det viktig å kunne ta hensyn til andre parametere som påvirker objektet, levetiden og da også beregningen av levetidskostnader.

Flanagan m. fl (1989) deler inngangsparametere (underlagsdata) inn i:

- Kostnadsdata
- Brukerdata
- Objektdata
- Funksjonsdata
- Tilstandsdata

Underlagsdata kan videre deles opp i to kategorier, generelle data og objektspesifikke data, (Forsman, 2009). Generelle data er standardverdier, sammenstilte erfaringsdata, fra forsøk og/eller oppfølging av eksisterende anlegg. Objektspesifikke data er innmålte eller dokumenterte data knyttet direkte opp mot det enkelte objektet som skal analyseres, se eksempel i Figur 3.



Figur 3 Eksempel på objektspesifikke data i en LCC-analyse for en vegstrekning. (Kilde Forsman, 2009)

For å kunne utføre en troverdig analyse og/eller beregning kreves at inndataene også er troverdige og relevante for de enkelte analysene. Hvis det er knyttet usikkerheter til grunnlaget for hver av parameterne som legges inn i en analyse, vil det være usikkerheter også ved resultatet av analysen.

De ulike datatypene påvirker analysene i ulike faser av levetiden. Det er derfor viktig å ha kunnskap om de ulike fasene og hvilke parametere som er viktige som påvirker hva i løpet av et objekts levetid, (Safi, 2012).

Å samle inn data til en LCC-analyse er ikke ukomplisert og for at analysen skal bli relevant kreves at data som benyttes er pålitelige, (Emblemsvåg, 2003). Men datainnsamling er kritisk, og oppfølgingen må utformes slik at data går å benytte for ulike formål. Dette forutsetter godt utarbeidede rutiner for datafangst og som overlever organisasjonsendringer. Per i dag er oppfølging og innsamling av data ikke tilstrekkelig, (Holmvik m fl. 2007) m fl.

Forvaltningssystem i Statens vegvesen

Det finnes flere systemer for innsamling av erfaringsdata i Statens vegvesen. De fem viktigste er:

- NVDB
- Brutus
- PMS
- Plania
- Motiv

NVDB, Nasjonal vegdatabank, er en database med informasjon om statlige, fylkeskommunale, kommunale og private veger. Den brukes aktivt ved forvaltning av Norges veger og inneholder blant annet:

- vegnett med geometri og topologi (og som danner grunnlag for ulike kartløsninger og ruteberegninger)
- oversikt over utstyr og objekter i og langs vegen (stolper, rekkverk drenering mv.).
- ulykker og trafikkmengder (ÅDT).

De fleste data i NVDB er tilgjengeliggjort for alle, etter Norsk lisens for offentlige data. Målet er en helt transparent database. Men alle data eies ikke av Statens vegvesen, kommunene og andre etater har eierskap og rettigheter til innholdet.

Bruforvaltningssystemet Brutus er et egenutviklet forvaltningssystem som inneholder data om norske bruer og ferjekaier. Informasjonen omhandler:

- byggverksinformasjon, inkl. vegreferanse og bæreevne
- inspeksjon og brutilstand
- planlegging av tiltak
- sikkerhetsstyring

PMS (Pavement Management System) er et system som benyttes for planlegging av dekkevedlikehold. PMS baserer seg på årlige tilstandskartlegginger, måling av spor, jevnhet, tverrfall og friksjon og data fra nyanlegg. Innsamlede data forvaltes i NVDB. PMS henter data fra NVDB og behandler disse og gir et grunnlag for dekkevedlikeholdsplanlegging (Iversen, 2016).

Plania er et verktøy som benyttes til oppfølging av forvaltning, drift og vedlikehold for tunneler. Også Plania henter data fra NVDB og systemet skal ivareta prinsippet om systematisk (periodisk) forebyggende drift og vedlikehold. Det vil si det har oversikt over

eksisterende utstyr og, når det skal gjøres inspeksjoner og tiltak, og at tiltak loggføres, (Iversen, 2016).

2.8 Hvordan beregne levetidskostnader

Tradisjonelt uttrykkes levetidskostnadene som nåverdien av alle aktuelle kostnader, dvs. at summen av alle aktuelle kostnader nå og i fremtiden diskonteres tilbake til et sammenligningstidspunkt, til begynnelsen av år 1. Formel for utregning av levetidskostnad, se Figur 4.

$$LCC = NV_0 = B_0 + V_0 - R_0 + T_0 + M_0$$

LCC = NV_0 – levetidskostnaden

- summen av alle aktuelle kostnader med begynnelsen av år 1 som sammenligningstidspunkt

B_0 - byggekostnad/investeringskostnad

V_0 - nåverdien av alle drift- og vedlikeholdskostnader

R_0 - nåverdien av evt. restverdi eller avhendingskostnad

T_0 - nåverdien av evt. trafikantkostnader

M_0 - nåverdien av evt. miljøkostnader

Figur 4 Uttrykk for levetidskostnader, med kostnader som oppstår i løpet av en gitt analyseperiode. (Bearbeidet fra Statens vegvesen, N200 2014).

Levetidskostnadene kan også uttrykkes som en ekvivalent årskostnad, se punkt 2.7.2.

Den grunnleggende teorien for LCC-analyser er i utgangspunktet enkel, men når det skal lages modeller av veger, bruer, tunneller, eller deler av disse forutsettes det forenklinger av virkeligheten, og da blir det gjerne mer komplisert. En overveiende del av litteraturen på temaet *LCC* og *samferdsel* er studier som introduserer (nye) metoder og tilhørende programvarer/verktøy utviklet for å utføre LCC-analyser og beregninger. Disse metodene/modellene bygger videre på den grunnleggende nåverdimetoden.

Beskrivelse av nåverdi og årskostnad er i hovedsak hentet fra Statens vegvesens håndbok N200, versjon fra 2014.

2.8.1 Nåverdimetoden

Nåverdimetoden er den vanligste metoden for å beregne levetidskostnader, (Forsman, 2007).

For å kunne sammenligne kostnader som inntreffer på ulike tidspunkt i fremtiden beregnes verdien av kostnadene tilbake til dagens verdi. Nåverdimetoden diskonterer, ved hjelp av kalkulasjonsrenten, alle fremtidige transaksjoner forknippede med et objekt under objektets levetid til nåtid. Med nåtid menes vanligvis tidspunktet for en investeringsbeslutning (Levin m fl., 2008).

Man regner som regel alltid med en fast kroneverdi (faste priser knyttet til et bestemt år) ved beregning av nåverdi. Dermed er inflasjon, som uansett er svært vanskelig å forutsi, ikke noe man trenger å ta hensyn til i analysene.

Nåverdien av fremtidige kostnader kan beregnes som vist i Figur 5.

$$NV_0 = \sum_{n=1}^N \frac{K_n}{(1+r)^n}$$

NV_0 = levetidskostnaden, nåverdien av alle kostnader mellom år 0 og N med begynnelsen av år 1 som sammenligningstidspunkt

N = antall år i analyseperioden

K_n = kostnader i år n

r = kalkulasjonsrenten i %

$$\frac{1}{(1+r)^n} = \text{diskonteringsfaktor}$$

Figur 5 Formel for utregning av nåverdien av fremtidige kostnader. (Bearbeidet fra Statens vegvesen, N200 2014).

2.8.2 Årskostnader – annuitetsmetoden

Levetidskostnaden beregnet som nåverdi kan omregnes til en ekvivalent årskostnad. For å beregne en gjennomsnittlig årlig kostnad under analyseperioden multipliseres den beregnede nåverdien (NV_0) med en annuitetsfaktor. Annuitetsfaktoren angir summen av rente og avskrivning per år og avhenger av antall år i analyseperioden og kalkulasjonsrenten.

Annuitetsmetoden er mest benyttet når løsninger med ulik levetid skal sammenlignes, (Levin m fl.,2008). Beregnet årskostnad gir imidlertid kun en årlig gjennomsnittskostnad og viser ikke de virkelige årlige kostnadene som vil påløpe. Men den kan være aktuelt å benytte for eksempel for planlegging og budsjettering av drift og vedlikehold på et overordnet nivå.

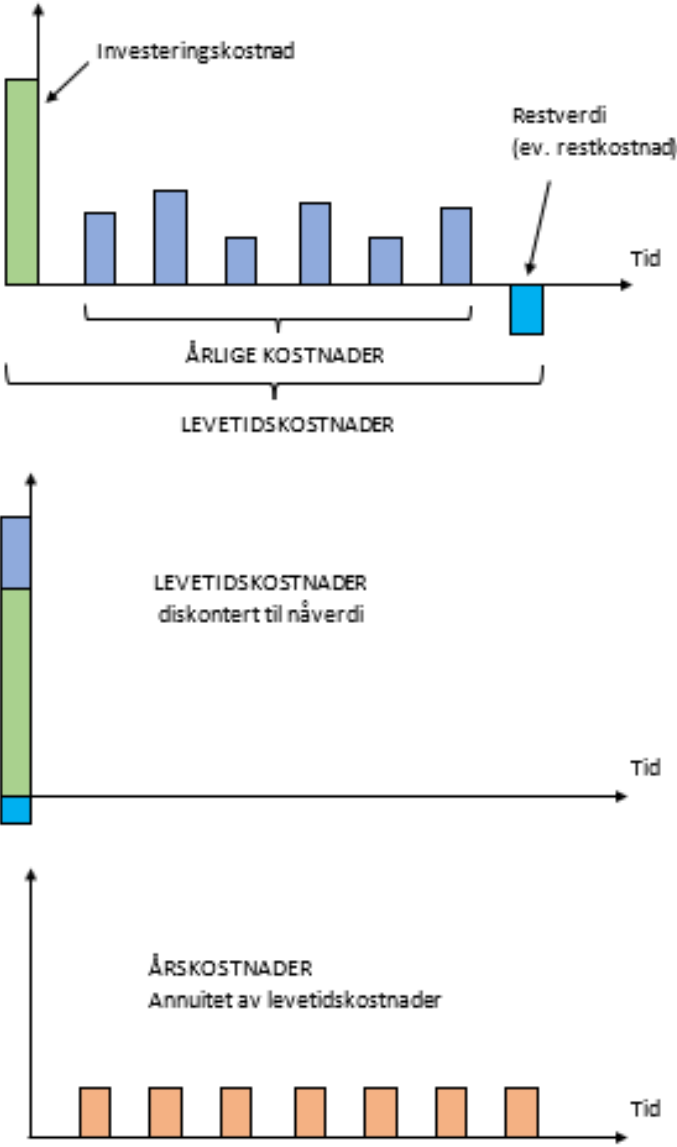
Årskostnaden kan beregnes som vist i Figur 6.

$$\mathring{A}K = NV_0 \cdot \frac{r \cdot (1 + r)^N}{(1 + r)^N - 1}$$

$\mathring{A}K$ = årskostnad
 NV_0 = levetidskostnaden, nåverdien av alle kostnader mellom år 0 og N med begynnelsen av år 1 som sammenligningstidspunkt
 N = antall år i analyseperioden
 K_n = kostnader i år n
 r = kalkulasjonsrenten i %

Figur 6 Formel for å beregne ekvivalent årskostnad. (Bearbeidet fra Statens vegvesen, N200 2014).

I Figur 7 vises de ulike kostnadsbegrepene skjematisk:



Figur 7 Sammenhengen mellom ulike kostnadsbegrep (kilde Statens vegvesen).

2.8.3 Deterministiske modeller og sannsynlighetsmodeller

Forsman (2009) skriver at «matematiske modeller kan utvikles for å analysere kostnader» og «statistiske analyser kan benyttes for å belyse usikkerheter i de matematiske modellene.» samt at «dette forutsetter at oppfølgingen er strukturert for formålet slik at data går å benytte i LCC-analyser.»

Det er forsket på og utviklet ulike typer metoder og modeller til bruk for å beregne levetidskostnader. Modellene og programvarene som introduseres i forskingen benytter matematiske modeller, algoritmer og statistikk for å beregne levetidskostnadene. Forskingen viser til gode resultater for modellene/programvarene, og de enkelte modellene er som regel testet ut og validert i case-studier.

I majoriteten av forskingsartiklene er underlagsdata levert av myndigheter og trafikketater (i respektive land), og det stilles i liten grad spørsmål til påliteligheten av og kvaliteten på erfaringsdataene som benyttes i beregningene.

Under gis to eksempler på modeller for beregning av LCC utviklet innen to ulike fagområder; bru og vegoverbygning. I begge disse studiene vises det i en viss grad til usikkerhet knyttet til underlagsdata/inputdata og nødvendigheten av at de er relevante.

Eksempel 1: Integrering av bruforvaltning og LCC-analyser (Sverige), (Safi, 2012)

I forbindelse med en doktorgradsavhandling ved KTH i Sverige har Mohammed Safi utviklet en modell for å beregne levetidskostnader for bruer. Arbeidet er utført i samarbeid med Trafikverket i Sverige, og er introdusert i en artikkel i Transportation Research Record, (Safi m. fl, 2012). Modellen/programvaren er en applikasjon til det svenske brusedlikeholdssystemet BaTMan og er kallt BaTMan-LCC.

Safi viser til at bruken av LCC-analyser innenfor brufaget er lav og at eksisterende bruforvaltningssystemer (i 2012) mangler et helhetlig (cradle-to-grave) syn på bruene. Modellen som Safi har utviklet skal kunne benyttes på både overordnet og detaljert nivå og for alle faser i levetiden.

I studien vises det videre til at nåverdimetoden tradisjonelt er benyttet for å beregne alle typer levetidskostnader, men at spesielt i tilfeller der løsningsalternativene har ulike levetider, er det mer riktig inkludere ekvivalent årskostnad og å ta hensyn også til nettobesparelser (net savings) og forventet tap (opportunity loss) i analysen. Nettobesparelse (NB) og forventet tap

(FT) benyttes for å synliggjøre gjennomførbarheten av alternativene i LCC-optimaliseringen. Netto besparelse er den summen som prosjektet sparer ved å velge det alternativet med lavest total kostnad, og motsvarende er forventet tap den merkostnaden det medfører å velge det alternativet med høyest total kostnad.

$NB = (\dot{A}K_A - \dot{A}K_B) \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-N_B}}{r}$ $FT = (\dot{A}K_A - \dot{A}K_B) \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-N_A}}{r}$	<p>NB = Nåverdien av netto besparelse (<u>net saving</u>) FT = Nåverdien av forventet tap (<u>opportunity loss</u>) $\dot{A}K$ = årskostnad, se kapittel 2.8.2. N = antall år i analyseperioden r = kalkulasjonsrenten i %</p>
---	---

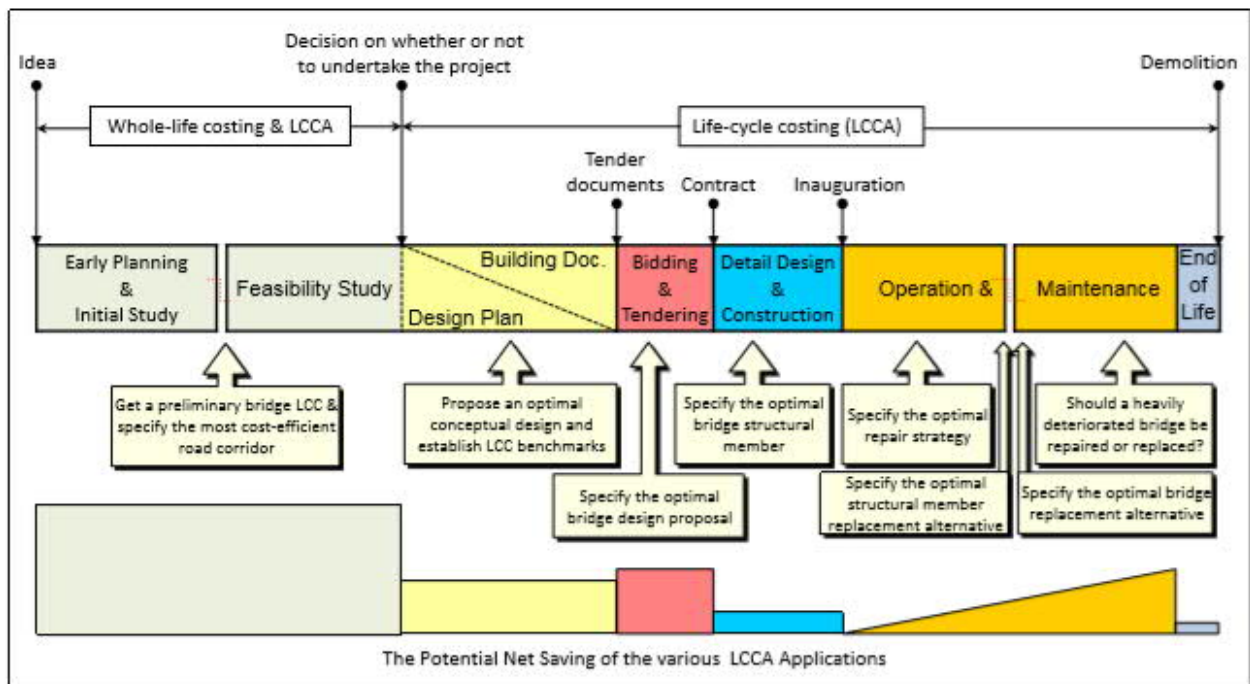
Figur 8 viser formler for henholdsvis netto besparelse (NB) og forventet tap (FT).

$NB = (\dot{A}K_A - \dot{A}K_B) \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-N_B}}{r}$ $FT = (\dot{A}K_A - \dot{A}K_B) \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-N_A}}{r}$	<p>NB = Nåverdien av netto besparelse (<u>net saving</u>) FT = Nåverdien av forventet tap (<u>opportunity loss</u>) $\dot{A}K$ = årskostnad, se kapittel 2.8.2. N = antall år i analyseperioden r = kalkulasjonsrenten i %</p>
---	---

Figur 8 Formler for netto sparing (NS) og mulig tap (OL).

Safi ser også på konsekvensen av å inkludere trafikantkostnader i analysene. Han deler inn trafikantkostnadene i «long-term» kostnader (tidskostnader, kjøretøykostnader, ulykkeskostnader) og «work-zone» kostnader (forsinkelseskostnader ved gjennomføring av tiltak). Forsinkelseskostnadene ved tiltak er vanskelige å estimere på forhånd og det kan være store variasjoner i løpet av gjennomføringen. Safi mener dog det er viktig å vurdere og ta hensyn til trafikantkostnader da de kan være avgjørende for hvilket alternativ som vil være mest kostnadseffektivt.

For å kunne lykkes med LCC-analyser mener Safi det er viktig å inneha kompetanse på de ulike fasene i en brukonstruksjons totale levetid. I Figur 9 viser han hvordan og når LCC-analyser kan og bør benyttes. Safi viser til at hver fase er ulik og formålet med analysene varierer i forhold til hvilken fase prosjektet er i.



Figur 9 En brus levetidsfaser og mulig bruk av LCC-analyser.

Programvaren som Safi har utviklet henter erfaringsdata fra BaTMan-systemet. Han mener det er vanskelig å trekke generelle konklusjoner utfra casestudier, da hvert prosjekt og hver beregning er unik og avhenger av inputdata i hvert tilfelle. Det er derfor viktig å benytte følsomhetsanalyser for å avdekke de mest kritiske parameterne.

[Eksempel 2: Sannsynlighetsanalyser av LCC for vegoverbygning basert på simulerings-optimalisering \(USA\), \(Guo m. fl. 2019\)](#)

Ved Massachusetts Institute of Technology (MIT) i Boston, utførtes i 2019 en studie der en ny modell for beregning av LCC for valg av tiltak for ulike dekketyper ble utviklet. Studien er en del av arbeidet mot en doktorgradsavhandling for stipendiat Fengdi Guo. Medforfattere er Jeremy Gregory og Randolph Kirchain, alle tilknyttet MIT.

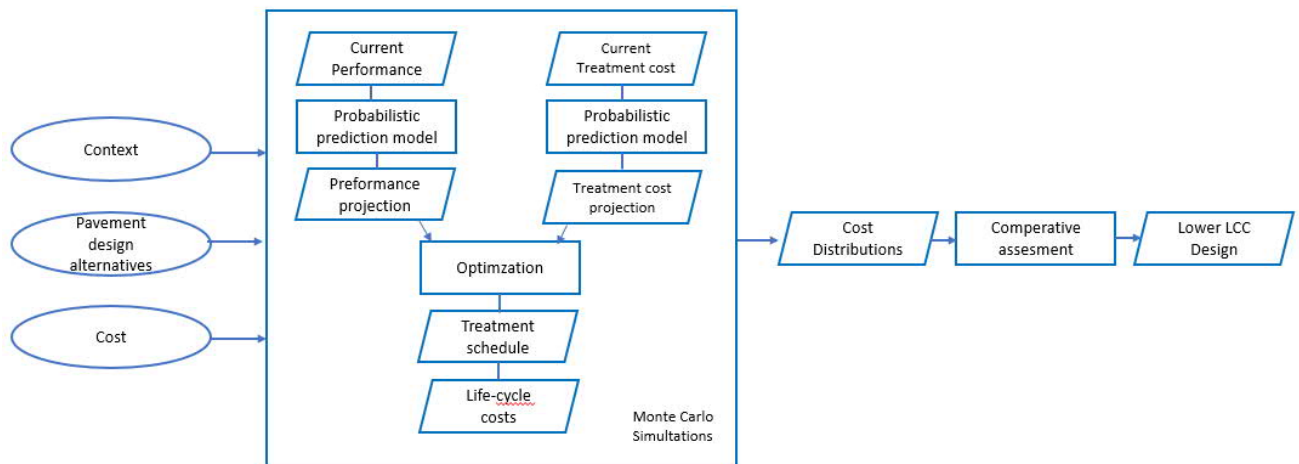
Tradisjonelt har det i LCC-analyser vært vanlig å se bort fra usikkerheter knyttet til byggekostnader, drift- og vedlikeholdskostnader og slitasje mv. I modellen presentert i denne studien er det tatt hensyn til og vurdert usikkerheter rundt både type tiltak og tiltaksfrekvenser, i stedet for å, som vanlig tidligere, kun ta utgangspunkt i prebestemte (statiske) drift- og vedlikeholdsplaner.

Da det ofte er knappe økonomiske ressurser til bygging, drift- og vedlikehold så er det viktig å kunne prioritere og ta kostnadseffektive valg, og her mener Guo at LCC-analyser bør kunne være et nyttig verktøy og hjelpemiddel.

Guo peker på to ulike hensyn som må tas ved gjennomføring av LCC-analyser; hvordan usikkerheter håndteres i analysene og hvordan tiltaksplaner som kan ta hensyn til fremtidige usikkerheter kan utarbeides:

- Tradisjonelle LCC-analyser overser ofte usikkerhetene til disse variablene og tar ikke hensyn til variasjonen i underlagsdataene. Implisitt antas dermed at gjennomsnittet av inndata skal gi et gjennomsnitt også i resultatet. Dette blir ikke en riktig antagelse da livsløpet til et vegdekke ikke er lineært. Det anbefales derfor å benytte probabilistiske analyser der usikkerhetene indentifiseres og defineres på forhånd. I hovedsak er usikkerhetene knyttet til prosjektering, bygging, drift- og vedlikehold, trafikantkostnader, levetider, nedbrytningsprosesser/slitasje, diskonteringsrente.
- Problemet med tiltaksplaner basert på tidligere planer og erfaringer er at disse planene blir statiske og de kan da ikke ta hensyn til usikkerheter, for eksempel hvis nedbrytning av et dekke utvikler seg raskere enn forventet. Tiltaksplaner kan også baseres på mekanisk-empiriske analyser. Denne tilnærmingen kan tilpasse seg fremtidige usikkerheter ved for eksempel nedbrytning ved å variere tidsintervall og tiltaksfrekvenser. Men begge tilnærmingene har en tendens til å gi for høye levetidskostnader, da beregningene ikke kan ta hensyn til usikkerheter i underlagsdata (som nevnt ovenfor) og ikke vurdere flere alternative tidsplaner.

Guo har så utarbeidet en modell som benytter probabilistisk simulerings-optimalisering og som inkorporerer både usikkerhet tiltakskostnader og -frekvenser og nedbrytningsprosesser.



Figur 10 Flytskjema som viser LCC-analyse med probabilistisk simuleringsoptimalisering. Ovaler er opprinnelige inputs, rektangler er prosesser og parallelogram er inputs og resultat, (Guo, 2019)

Det er i studien gjennomført to casestudier. I begge er tre tilnærmingene sammenlignet:

- 1) Tiltaksplan utarbeidet på forhånd, der både type tiltak og tidspunkter er bestemt.
- 2) Tiltaksplan utarbeidet på forhånd, der type tiltak er bestemt, men tidspunkt for tiltak optimaliseres i analysen.
- 3) Probabilistisk simuleringsoptimalisering der både type tiltak og tidspunkt for tiltak er usikre på forhånd og bestemmes ved optimalisering i analysen.

Modellen benytter nåverdimetoden og Monte Carlo simulering. Guo mener å kunne vise at å benytte en probabilistisk simuleringsoptimalisering i LCC-analysene vil gi et mer presist kostnadsbilde ved sammenligning av ulike dekkealternativer. For å kunne forbedre beregningene og prognosene ytterligere mener Guo bland annet at det bør utvikles nedbrytningsmodeller for flere parametere enn IRI, for å øke det statistiske grunnlaget og gi mer sofistikerte beregninger.

2.9 Entreprise- og kontraktsformer

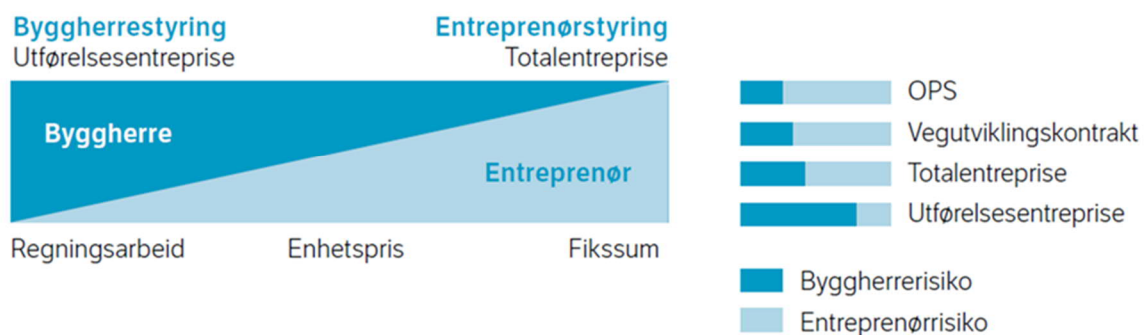
Valg av type entreprise og kontraktsform er ofte et valg av hvor risikoen i et prosjekt bør plasseres, eller sagt på en annen måte; hvem håndterer risikoen best, byggherren eller entreprenøren?

Vi skiller på entreprisform og kontraktsform. Entreprisform regulerer det organisatoriske forholdet mellom byggherre og entreprenør, grad av medvirkning og hvem som har ansvar for hva. Kontraktsform regulerer oppgjørsform og partenes forpliktelser.

De to vanligste entreprisetyper er utførelsesentreprise og totalentreprise. Forenklet kan man si at i en utførelsesentreprise er det byggherren som står for prosjekteringen og entreprenøren bygger. I en totalentreprise både prosjekterer og bygger entreprenøren, og prosjekteringen baseres på en funksjonsbeskrivelse fra byggherren. Skjematisk fremstilling av risikofordeling se Figur 11.

De vanligste kontraktsformene er (Statens vegvesen, 2017):

- Enhetspriskontrakt. Her er enhetsprisene bundet, men mengder er regulerbare, og det er byggherren som har risikoen for mengder.
- Fikssumkontrakter (rund sum). Her er sluttsummen bundet, tilbudet er gitt som en «rund sum» og entreprenøren overtar mye av risikoen i prosjektet.
- Regningsarbeid. Entreprenøren får betalt etter dokumenterte kostnader (timepriser og materialer), med påslag. Risikoen i prosjektet ligger hos byggeherren.
- Målpriskontrakt er en avtalt pris, gjerne med incentiver der gevinster og/eller overskridelser deles likt mellom partene, og basert på åpen bok-prinsippet.



Figur 11. Risikofordeling i ulike typer kontrakter (Statens vegvesen, 2017).

Det finnes mange varianter av entrepriser og kontrakter for eksempel (Statens vegvesen, 2017)

- Offentlig Privat Samarbeid (OPS). En type totalentreprise der drift og vedlikehold i en avtalt periode inngår i kontrakten. Her er det finansieringen som er mest spesiell, da OPS-selskapet er ansvarlig for finansiering av prosjektet og betaling skjer i henhold til en «nedbetalingsplan» fordelt over kontraktsperioden.
- Vegutviklingskontrakter (Design Build Operate. Entrepriseform som ligner OPS, men uten den private finansieringen.
- Samspillskontrakter. Her anskaffes entreprenøren tidlig og byggherre og entreprenør utvikler og prosjekterer sammen. Vederlaget er ofte en avtalt målpris.

Utførelsesentrepriser med enhetspriskontrakter, som har vært den vanligste kontraktsformen innen samferdsel, har tradisjonelt ikke hatt så stort fokus på anleggets levetid. Et eksempel på det er at garantitiden kun er satt til fem år. Enda løsninger og krav i en utførelsesentreprise (hentet fra håndbøker) i seg skal sikre lang levetid, så er det allikevel ikke et incitament for å ha tenke langsiktig.

Trenden i dag er at totalentrepriser benyttes i økende grad innen samferdselssektoren. Det kan da antas at det i enda større grad enn før vill være nyttig å ha verktøy som kan hjelpe oss å vurdere entreprenørens tilbudte løsninger i et levetidsperspektiv. Spesielt i de tilfeller der vegeier og oppdragsgiver skal overta veganlegget allerede ved veg-åpning, dvs. der drift- og vedlikehold ikke inngår i kontrakten.

2.10 Status for bruk av LCC-analyser i litteraturen

Forskningen argumenterer i flere studier for at LCC er et viktig verktøy for å sikre «best value» i prosjekter i motsetning til «laveste kostnad», (Higham m.fl.,2014), og at LCC-analyser er både egnet og viktig som beslutningsverktøy for å finne de mest kostnadseffektive alternativene i bygging og forvaltning av infrastrukturprosjekter, (Safi, 2012) og (Shim og Lee, 2016). Det fremstår som at det er en bred enighet om at resultatene fra LCC-analyser gir viktig og ønskelig informasjon som underlag i beslutninger.

Mange studier viser til nytten av LCC-analyser, få ser på årsakene til hvorfor LCC-analyser, trass i nytten, ikke brukes i større utstrekning.

En studie utført av (Ozbay m fl., 2004) så på hvordan anvendelsen av LCC-analyser i State Highway Agency i USA endret seg i løpet av to tiår (1984-2002). Her kom det frem et tydelig

gap mellom teori og praksis («state of the art» and «state of the practice»), dvs. mellom forskere innen ingeniørfag og økonomi, og ingeniører og økonomer som skal utføre analysene. Samtidig mener Ozbay m. fl. (2004), at bruken av LCC-analyser som et viktig beslutningsverktøy vil øke så lenge det er krav til bedre og mer kostnadseffektiv forvaltning av knappe ressurser.

For å tette gapet mener Ozbay m. fl. at det må:

- utarbeides bedre retningslinjer og rutiner.
- utvikles databaser som sikrer inndata med høy kvalitet (enhetspriser, objektdata, tiltaksfrekvenser, tilstandsdata, trafikkdata mv.)
- utvikles fag og stedsspesifikke modeller for å kunne prediktere fremtidig tilstand og slitasje.
- kontinuerlig jobbes med kompetanseheving på LCC-analyser og tilhørende teknologi slik at LCC-analyser blir et akseptert verktøy for å ta bedre beslutninger også blant beslutningstakere, ikke kun blant akademikere.

Studien er gammel, men funnene kan antas å være relevante også i dag. Det er kun innen datateknologi og utvikling av programvare det tydelig vises at virkeligheten har endret seg.

Safi m.fl. (2012) viser til at mange land har «bruforvaltningssystem» (bridge management systems) og at mange av disse systemene legger opp til å benytte en eller annen form for LCC-analyser, men at analysene allikevel sjelden benyttes. Det er ikke funnet noe som viser at situasjonen er annerledes for forvaltningssystem innenfor andre fagområder. Unntaket er forvaltning av dekker, der det kan se ut som om bruken av LCC-analyser er noe mer utbredt,

Det er ikke funnet studier som ser på årsaker til manglende LCC-perspektiv kun innen vegsektoren, men i Storbritannia ble det i 2014 utført en studie for å kartlegge den praktiske bruken av LCC-analyser i hele bygge-bransjen, (Higham m.fl.,2014). Studien viser at bruken av LCC-analyser fortsatt er lav. Undersøkelsen tok for seg hele bygge-bransjen, men innenfor samferdsel svarer over 50 prosent av de spurte at de sjelden eller aldri benytter LCC-analyser. Kortsiktige budsjetteringshorisonter, dvs. at budsjettregimer i de ulike organisasjonene ikke tar høyde for å kunne vurdere kostnader på lenger sikt, er i denne undersøkelsen pekt på som den største hindringen for manglende bruk av LCC-analyser. Videre ble det identifisert hindringer (i prioritert rekkefølge):

- Manglende kunnskap om og kjennskap til hvilke muligheter eller hvilken informasjon LCC-analyser kan gi.
- Manglende etterspørsel fra kunder og oppdragsgivere.
- Manglende kompetanse på å gjennomføre LCC-analyser.
- Manglende systematisering av analysene.
- Mangel på relevante underlagsdata.

Upphandlingsmyndigheten (myndigheten for offentlige anskaffelser) i Sverige oppsummerer i en artikkel, (UHM, 2017), en rapport fra Internasjonal Institute for Sustainable Development, (IISD, 2009) fra 2009 og en undersøkelse fra Naturvårdsverket (Sveriges motsvarighet til Miljødirektoratet) fra 2013, (NV, 2009). Undersøkelsen fra Naturvårdsverket tar for seg i hvilken grad det stilles miljøkrav ved offentlige anskaffelser i Sverige, men et par av spørsmålene omhandler bruken av LCC-/totalkostnadsberegninger. Rapporten fra IISD tar for seg alle typer av offentlige anskaffelser av varer og tjenester (alle bransjer), også med en vinkling mot «grønne» innkjøp. Artikkelen, (UHM, 2017), oppsummerer at anvendelsen av LCC-analyser (og/eller andre vurderinger av totalkostnader) er begrenset og det fremkommer i likhet med studien fra Storbritannia at en overgripende hindring for dette er kortsiktig budsjettering. Budsjettberegninger over flere år er uvanlig, noe som favoriserer anskaffelser baserte på «lavest pris», i stedet for å vurdere investeringer over en lenger tidshorisont. I tillegg trekker artikkelen frem problemstillinger knyttet til interne prosesser i organisasjonene. Føringer som gjelder budsjettering og ressursbruk formuleres gjerne på et høyere nivå i en organisasjon enn der de enkelte anskaffelser utføres. Det er derfor viktig at det finnes en forståelse for og en forankring av et LCC-perspektiv hos ledelsen når føringene utarbeides hvis LCC skal kunne optimaliseres og implementeres, (IISD, 2009). Videre pekes det på at myndighetenes budsjettbehandling der investeringskostnader og kostnader for drift- og vedlikehold er separerte kan være et problem, fordi insitamentet for å se helhetsperspektivet mangler. Å ha ulike budsjetter for investering og drift- og vedlikehold problematiseres også i *Goda affärer - en strategi för hållbar offentlig upphandling*, (SOU, 2013), der også usikkerheter rundt diskonteringsrenten trekkes frem som en hindring.

I *Bedre beslutningsgrunnlag, bedre styring*, (NOU, 2015), slås det fast at «Statlig styring er komplisert.». I utredningen anbefales det at alle offentlige anskaffelser skal ha fokus på kostnader for kostnader til drift og vedlikehold bør være en del av beslutningsgrunnlaget for

alle nye investeringer. Også for eksisterende kapitalgjenstander bør det foreligge planer for hvordan objektene er tenkt forvaltet og hvilket bevilgningsbehov som er nødvendig.

3 Metode

En redegjørelse av generelle begreper innen metode og en beskrivelse av metode valgt i denne oppgaven, herunder en beskrivelse av hvordan innhenting av data, analyse og drøfting er gjennomført.

3.1 Generelt

Metode er hvordan, på hvilken måte, vi velger å planlagt samle inn, bearbeide og fortolke data (empi) i en studie. Metode velges som et hjelpemiddel for å beskrive virkeligheten.

«Vi kan forledes til å tro at metode kun er en kokebok – et teknisk hjelpemiddel. Men det er ikke så enkelt, fordi problemet er at det er en grunnleggende uenighet om hva som er virkelighet eller sannhet. Men målet er å finne en best mulig tilnærming til virkeligheten».

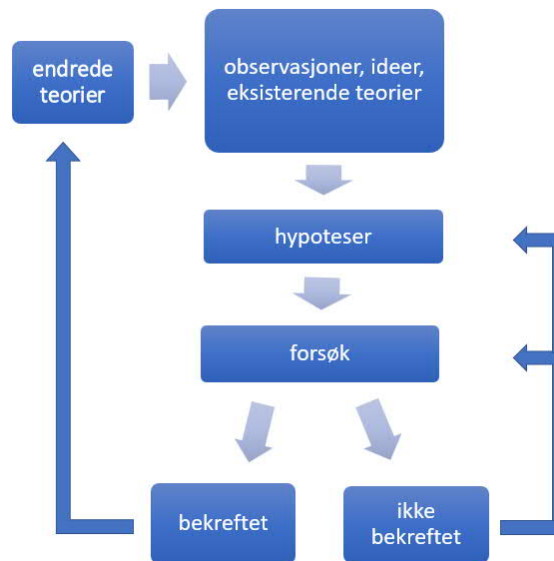
Jacobsen (2003)

Før jeg redegjør for de metodiske valgene i denne oppgaven ønsker jeg å avklare noen begreper innenfor metode.

3.1.1 Induktiv versus deduktiv metode

Deduktiv tilnærming – fra teori til empiri

Deduktiv kommer fra latins deducere – utlede. Denne strategien er en logisk «testende» strategi og går ut på å først innhente allerede beskrevet teori, og så på bakgrunn av dette sette opp en antagelse (hypotese) om virkeligheten, for så samle inn data (empiri). Deretter ser man om antagelsene stemmer med virkeligheten, (Saunders m fl., 2009), se Figur 12.



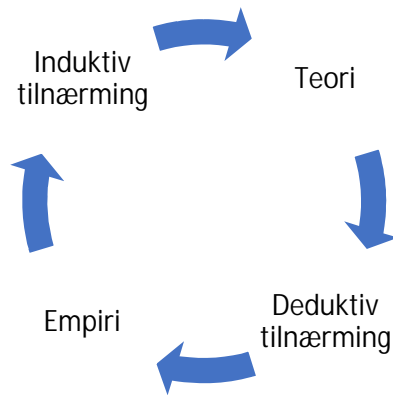
Figur 12 Deduktiv metode, bearbeidet etter Saunders (2009).

En svakhet med denne tilnærmingen kan være at man leter etter data som synes relevant og støtter dennes antakelser. Dette kan bety at informasjonstilgangen begrenses og at viktig informasjon blir oversett, Jacobsen (2005).

Induktiv tilnærming – fra empiri til teori

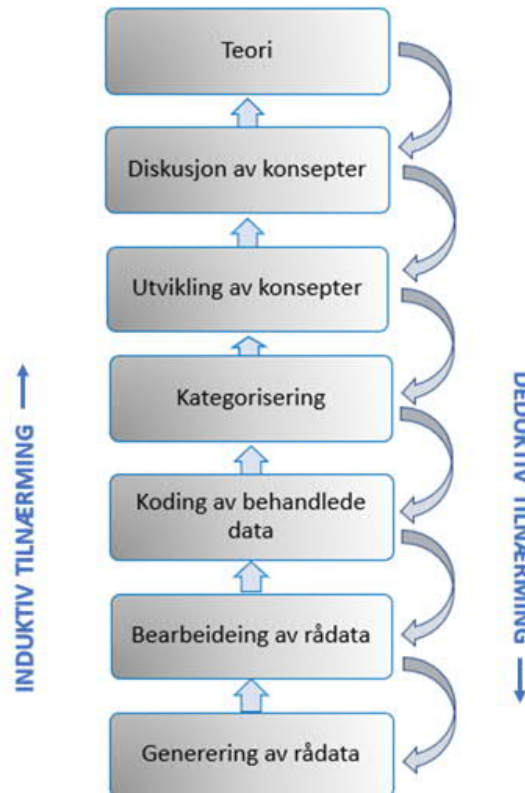
Induksjon er det motsatte av deduksjon, fra latins *inducere* – lede (påvirke). Her er intensjonen at data (empiri) samles inn med et «åpent sinn», for så å systematisere teorien og deretter trekke sannsynlige slutninger, og skape ny teori. Intensjonen er at datainnsamlingen skal foregå uten begrensning og forutinntatte holdninger, for å sikre at informasjonen er sann og relevant, (Jacobsen, 2005).

Svakheten med denne tilnærmingen er at mennesker ikke er helt uten påvirkning fra tidligere erfaringer eller uten (forutinntatte) holdninger. Det vil alltid være nødvendig å avgrense informasjon, både bevisst og ubevisst. Jacobsen (2005) sier videre at «i dag er det mer vanlig å snakke om åpne tilnærminger til datainnsamling, og ikke rene induktive eller deduktive tilnærminger» og at «forskere er mer bevisst sine begrensinger», se Figur 12.



Figur 13 Illustrasjon av kombinasjon av induktiv og deduktiv tilnærming, Hassan 2018).

Tjora (2017), har utviklet en metodikk som kombinerer induktiv og deduktiv metode og som han benevner stegvis-deduktiv induksjon, SDI. Målet med denne metoden er å systematisere kvalitative studier og oppnå en «kvalitetssikret og håndterbar analyse», (Tjora, 2017). Metoden kan benyttes der man har en noe uklar problemstilling, ofte med en kvalitativ induktiv tilnærming, og der det er ønskelig å oppnå en helhetsforståelse utfra observasjoner av enkelttilfeller. Se en forenklet skjematisk fremstilling i Figur 14.



Figur 14 Stegvis-deduktiv induktiv metode. Forenklet etter Tjora (2017).

Den induktive tilnærmingen benyttes til å stegvis kategorisere og gruppere rådata (for eksempel i temaer), i Figur 14. over vist som oppadgående prosess. Den deduktive tilnærmingen benyttes som en kvalitetssikring og utsjekking opp mot teorien, vist som nedadgående prosess. For utdyping av metodikken vises til Tjora (2017).

3.1.2 Kvantitativ og kvalitativ datainnsamling

Forenklet kan det sies at kvantitative metoder svarer på spørsmål som *hva* og *hvor mange*, mens kvalitative metoder svarer på *hvordan* og *hvorfor*.

Kvantitativ metode:

Med kvantitativ metode samles ofte data inn gjennom eksisterende statistikk, eksperimenter eller spørreundersøkelser. Dataene er ofte omfattende og kan vises i tall. Opptellingen utføres gjerne ved hjelp av statistikk: frekvenser, fordelinger og korrelasjoner. «Hovedinteressen i undersøkelser basert på kvantitative data er å finne ut hvor *vanlige* fenomener er, hvor *hyppig* de forekommer, hvordan de *fordeler* seg og hvordan de *varierer*.», (Pettersen, 2016). Spørsmål svares ut med overordnede årsakssammenhenger utfra representative utvalg.

Kvalitativ metode:

Med en kvalitativ tilnærming samles data inn med observasjoner, intervjuer eller tekstanalyser. Her er man for eksempel ute etter å finne, tolke og forstå erfaringer og meninger, og årsakene bak erfaringene, fra de som har opplevd de, (Pettersen, 2016). Utvalgene er ikke representative, men heller strategiske (spesielle eller typiske).

Åberg (2013) mener det egentlig ikke finnes «noe slik som kvantitativ eller kvalitativ metode.» «Ingen metode er eller kan være hverken kvantitativ eller kvalitativ. Kvantitativ och kvalitativ hänvisar till egenskaper hos de fenomen vi söker kunskap om.» Pettersen (2016) mener også at skillet mellom kvantitative og kvalitative metode er en forenkling og at «rene» kvantitative og kvalitative metoder kun forekommer i ytterpunktene. En blanding og kombinasjon av de to hovedtilnærmingene omtales gjerne som *metodetriangulering*. Se Figur 15 under:

3.1.4 Kvalitative dybdeintervjuer

«Hvis du vil vite hvordan folk oppfatter verden og livet sitt, hvorfor ikke spørre dem?»

Steinar Kvale og Svend Brinkmann, 2015, s 18.

Dybdeintervjuer kan beskrives som mer eller mindre strukturerte samtaler, som styres av den som utfører undersøkelsen og gjennomføres enten med enkeltpersoner (individuelle intervjuer) eller som gruppeintervjuer. Dybdeintervjuer benyttes når det ønskes en dyp og grundig beskrivelse av et fenomen.

Den som intervjues kalles ofte informant, respondent eller intervjuobjekt, utfra hvilken type data vi ønsker å innhente, der respondenter har egne, selvopplevde, erfaringer med et fenomen og informantene vet mye om og er eksperter på et fenomen, (Jacobsen, 2005). Dalland (2018) benytter betegnelsen intervjuperson om de som blir intervjuet, da dette er en nøytral betegnelse som dekker alle typer intervjuer.

Den vanligste formen for dybdeintervjuer er semistrukturerte intervjuer, (Andersen, 2008). Semistrukturerte intervjuer tar utgangspunkt i planlagte spørsmål og temaer, men ordningen og innholdet i intervjuene kan endres utfra intervjupersonenes svar. Bakgrunnen for å benytte denne typer intervjuer er et ønske om at intervjuperson skal fortelle om et tema uten å bli styrt. (Hedin, 2011). Ustrukturerte intervjuer har i enda mindre grad en forhåndsbestemt struktur. Intervjupersonene kan tale friere og oppfølgingsspørsmål kan stilles i forhold til hvilken «retning» intervjuet tar. Semistrukturerte og ustrukturerte intervjuer får en kvalitativ karakter.

Et (rent) strukturert intervju er der (kun) spørsmål bestemt på forhånd stilles, og i den på forhånd bestemte rekkefølgen. De samme spørsmålene stilles likt i alle intervjuer. Et rent strukturert intervju grenser opp mot en spørreundersøkelse og har en kvantitativ tilnærming.

Det er for- og bakdeler uansett hvor på skalaen fra strukturert – semistrukturert – ustrukturert man velger å gjennomføre intervjuer. Forutsatt et visst antall intervjupersoner vil strukturerte intervjuer kunne gi et mer representativt resultat, og det vil kunne være enklere å analysere resultatet. Bakdelen er at man ikke får tak i bakenforliggende tanker og refleksjoner. I et semistrukturert eller ustrukturert intervju er det mulig å få informasjon om intervjupersonens

(dypere) tanker og meninger om et tema. Men den fleksible tilnærmingen i mindre strukturerte intervjuer er normalt mer krevende ved tolking og systematisering av resultatet. Etterarbeidet tar som regel også lenger tid enn i et mer strukturert intervju.

Dybdeintervjuer krever gode forberedelser. Planlegging av tema og spørsmål må gjøres grundig. Intervjupersoner må kontaktes og intervjuer avtales. I tillegg er det viktig å tenke igjennom og øve på intervjuteknikker. For å få troverdige data fra intervjuene så er det viktig å ikke stille ledende og/eller lukkede spørsmål, og at spørsmålene ikke preges av påstander, forutinntatthet og/eller personlige meninger. Risikoen for at de som intervjues ikke forteller hele sannheten, er partiske eller eventuelt kommer med en forvrengning av virkeligheten må vurderes.

3.1.5 Diskusjon

Drøfting og diskusjon betyr i metodesammenheng det samme. Å drøfte er å diskutere med seg selv, i motsetning til å redegjøre, som er å beskrive eller forklare et forhold uten å ta stilling til selve innholdet. Man kan velge å diskutere underveis eller la diskusjonen være i et eget kapittel.

I en diskusjon kommenteres og tolkes innholdet, det stilles spørsmål til det det er redegjort for og tolkingene vurderes opp mot problemstillingen og forskningsspørsmålene. Ofte kommer diskusjonen etter redegjørelsen, og den bringer sammen det som er sagt tidligere (bakgrunn, teori, metode og resultat).

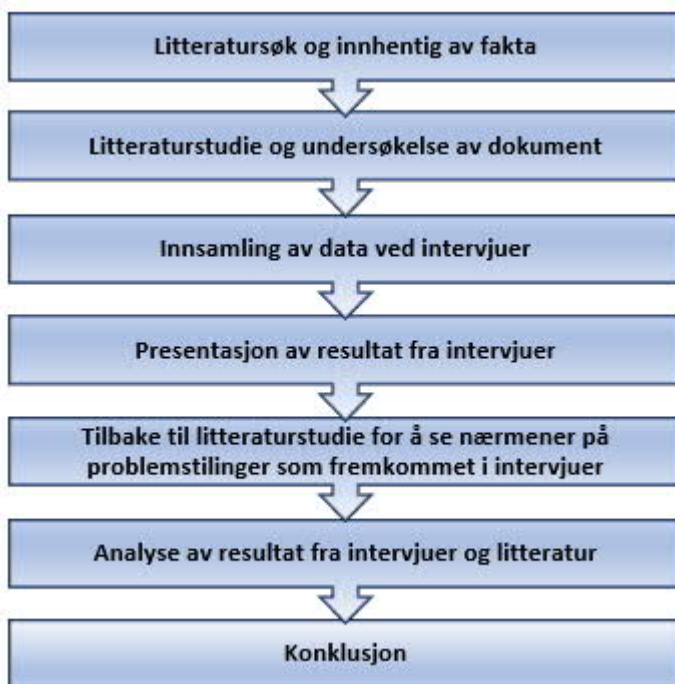
«Å tenke kritisk vil si å bruke fornuft og kunnskap for å tenke over ulike faglige forhold på en selvstendig, undersøkende, og systematisk måte»

Greek m.fl. (2014, s. 5,6)

3.2 Metodevalg

Innsamling av data til denne oppgaven har først blitt gjennomført ved en gjennomgang av litteratur for å fremskaffe teori for å underbygge diskusjonen rundt problemstillingen og tilhørende forskningsspørsmål, samt at finne ut hva som tidligere forskning har kommet frem til. For å kunne svare ut forskningsspørsmålene er det i tillegg gjennomført dybdeintervjuer.

Figur 16 viser skjematisk hvordan arbeidet med oppgaven har blitt gjennomført.



Figur 16 Aktivitetene i studien skjematisk..

3.2.1 Gjennomgang av litteraturen

Litteraturstudien for den bakenforliggende teorien er begrenset innenfor norsk, dansk, svensk og engelskspråklig litteratur. Denne litteraturen er, med noen få unntak, valgt å begrense i tid til de siste ti årene.

Det ble utført et innledende litteraturstudium for å kartlegge hvilken type studier som er utført innen området «LCC-analyser og samferdsel»

Søkene er fremst foretatt i Scopus, Compendex og Google Scholar.

Søkeord	
1	LCC
2	Life-cycle cost
3	Infrastructure
4	Road OR pavement OR asphalt
5	Bridge
6	Method
7	Analysis OR Analyses OR analyzes

Søkeordene ble kombinert og i tillegg avgrenset til engelsk språk og til å omfatte tidsintervallet 2010-2019:

Kombinasjon av søkeord	Scopus	Compendex	Google Scholar
(1 OR 2) AND (3 OR 4 OR 5)	2 284	1 829	18 400
(1 OR 2) AND 3	1 012	933	17 100
(1 OR 2) AND (3 OR 4 OR 5) AND 6	781	224	17 000
Avgrenset i årstal til 2010-2019	168	110	17 000

For å spisse søkene enda mer valgte jeg å dele opp søkene i separate søk for «infrastructure», «road/pavement/asphalt» og «bridge». Utfra disse resultatene ble resultatene fra Scopus og Compendex gjennomgått og de mest relevante artiklene ble plukket ut manuelt. I Google Scholar var det vanskelig å detaljere søket og databasen ble fremst benyttet for å finne artikler og rapporter i fullversjon fra de øvrige søkene.

Kombinasjon av søkeord	Scopus	Compendex	Google Scholar
(1 OR 2) AND (3) AND 6 AND 7	31 (5)	38(5)	-
(1 OR 2) AND (4) AND 6 AND 7	26 (9)	35 (15)	-
(1 OR 2) AND (5) AND 6 AND 7	27 (8)	31(3)	-
(Etter manuell gjennomgang av søkeresultat)	12	8	-
Etter manuell utvelgelse	11		

(Tall innenfor parentes vises manuelt utvalgte artikler fra hvert søk.)

Jeg har også benyttet søkeord som *procurement*, *tender* og *contract*, å finne litteratur om tildelingskriterier og anskaffelser og søkeord som *sensitivity* og *uncertainty (analysis)*. Resultatene av disse har ikke i nevneverdig grad gitt resultater som ikke allerede er inkludert i søkene over, og det kan se ut som om avgrensingen LCC/lifs-cycle cost og fagsektor (her samferdsel) er det som styrer søkene i stor grad.

I tillegg har lovdata.no, regjeringen.no og difi.no, og motsvarende nettsider til myndigheter i Sverige og delvis Danmark, vært gode kilder til rapporter og dokument. Google Scholar og BIBSYS er også benyttet til å finne faglitteratur/bøker i fullversjoner og for å søke på enkeltemner, typisk innenfor økonomisk teori.

Det har vært vanskelig å finne studier som beskriver mer enn kun hvordan LCC-analyser *kan utføres* men også/eller hvordan LCC-analyser *utføres/benyttes i praksis*.

Etter å ha gjennomført intervjuene og sett på resultatene, gikk jeg tilbake til litteraturen for å se nærmere på de temaene som fremkommet og hvordan de er belyst i artiklene og rapportene jeg tidligere lest.

3.2.2 Intervjuer

Da erfaring av å benytte LCC-analyser ikke er så utbredt, ble det vurdert at utvalget av mulige respondenter ikke ville være stort nok for å kunne gjennomføre en spørreundersøkelse med spørreskjemaer. Det er derfor valgt å benyttes kvalitative dybdeintervjuer, med en induktiv tilnærming. Det vil si, utfra data fremkommet i intervjuene, å svare på eller komme frem til en forklaring på forskningsspørsmålene.

Formålet med intervjuene har vært å prøve å belyse problemstillingen på en grundig måte. For å komme ned i dybden ønsket jeg å finne intervjupersoner med erfaring og kompetanse på området, både direkte og indirekte, personer med tanker og meninger om LCC-analyser og bruken av dem. Samtidig, for å kunne belyse problemstillingen «bredt» og sett fra flere sider, har det også vært et mål at intervjupersonene innehar ulike roller og ulik bakgrunn.

For å komme i kontakt med intervjupersoner ble det sendt forespørsler til veg- og banemyndigheter i de nordiske landene. Jeg har også forespurt forfattere bak noen av artiklene jeg har funnet.

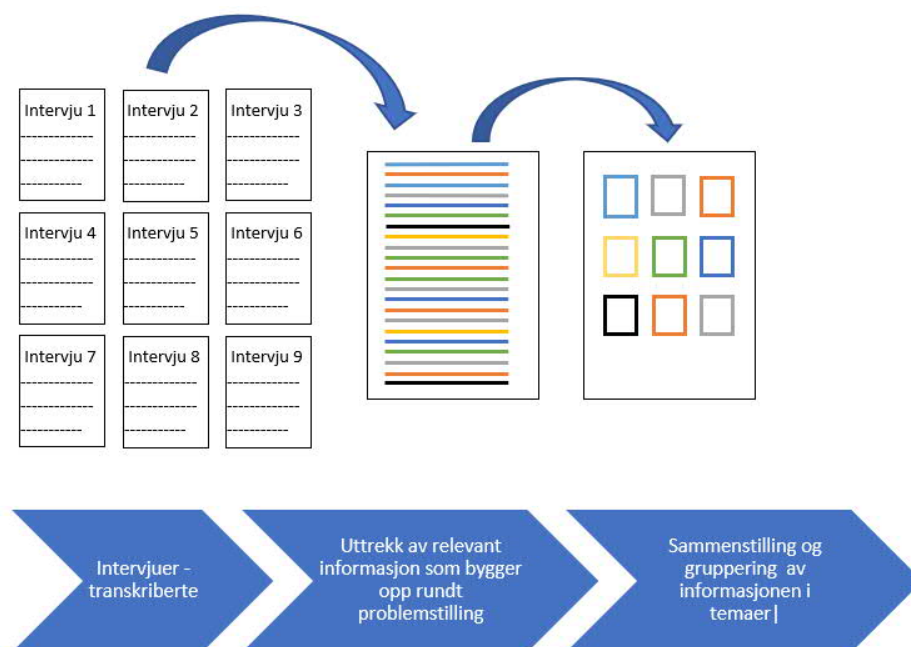
Det er utført intervjuer med 12 intervjupersoner med tilknytning til planlegging, bygging og forvaltning av samferdselsanlegg i Danmark, Finland, Norge og Sverige. Sju representerer byggherre/opplegsgiver (veg og bane) på prosjektnivå, to er forskere på phd-nivå og tre er entreprenører.

I tillegg er det utført oppfølgende/kompletterende samtaler med personer fra byggherre/opplegsgiver i Sverige og Norge. Dette er personer som jeg i hovedsak har fått

tips om i intervjuene. Disse samtalene er benyttet for å teste ut, underbygge, tilbakevise, data og også i noen tilfeller for å utdype og forklare begreper og teori.

3.2.3 Bearbeiding av innsamlet data – diskusjon

Gjennomgangen av resultatene fra intervjuene er en forenkling av Tjora (2017) sin koding av kvalitative rådata i metoden stegvis-deduktiv induksjon, se punkt 3.1.2. Resultatene fra intervjuene er analysert og det er trukket ut funn og informasjon som så er sammenstilt i temaer, se skjematisk fremstilling i Figur 17. Resultatene er presentert i kapittel 4.



Figur 17 Skjematisk fremstilling av bearbeiding av resultat fra intervjuer.

3.3 Metode- og kildekritikk

Hensikten med bruk av metode er å sikre et gyldig og troverdig resultat av utført studie. Gyldighet, eller validitet, er i hvilken grad man kan trekke gyldige slutninger om det man satt seg som mål og undersøke. Reliabilitet er om resultatet ville bli det samme ved gjentakelse av en undersøkelse, om studien er pålitelig, (Dahlum og Svartdal, 2018).

For å få et godt resultat av en studie er det en forutsetning at data brukt i studien er både relevante for problemstillingen og at de er samlet inn på en pålitelig måte, (Dalland, 2018). Et

viktig spørsmål å stille er om det «er sider ved problemstillingen som ikke blir belyst ved de spørsmålene som blir stilt», (Dalland, 2018).

I intervjuer er det en mulig feilkilde både i selve samtalen (kommunikasjonen) og i notatskrivingen; har vi forstått hverandre og er svarene i nedskrivningen gjengitt riktig?

Intervjupersonene arbeidserfaring og roller ble kartlagt, i tillegg til andres anbefalinger, for å sikre at de er relevante «kilder». Men fordi at kilden er relevant betyr ikke det samme som at også «data» fra intervjuene er relevant. Her er det viktig at den som intervjuer stiller de riktige spørsmålene, på bakgrunn av problemstillingen, slik at de riktige temaer belyses.

Jeg har forsøkt å ha fokus på at egne erfaringer og meninger ikke farget spørsmål stilt i intervjuer og behandlingen av data i etterkant. Som ingeniør og med en hverdag der data ofte kan fremstilles i tall og tabeller har det også vært en utfordring å beskrive og diskutere resultat kvalitativt med ord.

4 Resultat

Resultatene fra intervjuene presentert tematisk.

Resultatene fra intervjuene er i dette kapittelet presentert tematisk i henhold til hvordan intervjuene ble gjennomført:

- Status og overordnede retningslinjer
- Muligheter
- Underlagsdata
- Metoder og verktøy
- Entreprise- og kontraktsformer
- Tiltak

Mengden informasjon fra hvert enkelt intervju varierer. Alle intervjupersonene har ikke erfaring til å kunne belyse alle temaer i like stor grad, og det har derfor ikke vært mulig å sette opp relevant statistikk på resultatene. Men resultatet viser at problemstillingene knyttet til LCC i stor grad er sammenfallende og at det liten dissens i det innsamlede resultatet. Der det er fremkommet ulike oppfatninger er det i større grad utfra hvilken fase den enkelte jobber med, enn i hvilken organisasjon. Resultatene er derfor presentert fortløpende uten at det er lagt vekt på hvem som har bidratt med hva. Unntaket her er Banedanmark som har bidratt med å fortelle om sitt arbeid med LCC-analyser som så langt ser ut å være et vellykket prosjekt. I tillegg har de intervjuede entreprenørene i liten grad praktisk erfaring fra LCC-analyser, men har allikevel bidratt til å gi en helhetsforståelse av prosjektstyring og kontraktssamarbeid.

4.1 Status for bruk av LCC-analyser

Det fremkommer i intervjuene at den praktiske bruken av rene LCC-beregninger innen både planlegging, bygging og forvaltning av samferdselsanlegg i Norden er liten. Gapet mellom forskning og praktisk bruk fremstår fra intervjuene som tydelig.

De fleste som enten jobber med overordnet planlegging og/eller som bestillere har benyttet LCC-analyser i en eller annen form. I tidlige prosjektfaser, ved valg av konsept og estimering av prosjektkostnader, benyttes analyser som ligner på samfunnsøkonomiske analyser. LCC-

beregninger benyttes også i noen tilfeller ved valg av enkelte løsningsalternativer på et mer detaljert nivå i byggefasen. Et eller flere elementer, i hovedsak kostnadsdrivere, plukkes ut og analyseres nærmere på et detaljert nivå, for eksempel ulike typer overbygning eller fugetyper på bru. Ofte benyttes dog en eller annen form for vurdering (jf. Trafikverkets livscykelbedömning), da med en beskrivelse (av ord), uten at konkrete kostnader beregnes.

Det oppfattes i intervjuene som at skillet mellom samfunnsøkonomiske analyser og LCC-analyser ikke er helt klart, og at de til en viss grad blandes sammen. Dette ser ut til å være både pga. at de enkelte ikke kjenner til forskjellene (kompetanse) eller for eksempel ved at metodikk fra samfunnsøkonomiske analyser trekkes inn i levetidskostnads-analyser (verktøy). LCC-beregninger er også en del av grunnlaget for andre typer analyser, for eksempel veg-RAM(S), men det er heller ikke her benyttet systematisk.

På utvalgte pilotprosjekt er det benyttet LCC-beregninger for hele eller større deler av et prosjekt, casestudier. Det har vært vanligst med casestudier på dekker (asfalt) og bruer.

Banedanmark ser ut til å være de som har jobbet mest systematisk med å utvikle og ta i bruk et system for å kunne lage LCC-analyser. Da en stor del av banenettet i Danmark allerede er bygget ut jobber de med til dels store rehabiliteringsprosjekt. Foreløpig benyttes systemet systematisk kun i tidlig fase av prosjekter.

Av de intervjuede entreprenørene er det ingen som har erfaring med LCC-analyser der en total kostnad beregnes. Entreprenører er opptatt av å finne kostnadsdrivere i prosjektene og håndtere de enkeltvis. Hvis en kontrakt også omfatter drift og vedlikehold er det viktig å finne tiltak og tiltaksfrekvenser slik at funksjonskrav stilt i kontrakten er oppfylt ved overtakelse, etter for eksempel 10, 15 eller 20 år.

4.2 Muligheter ved å benytte LCC-analyser

Oppfatningen om hvorfor LCC-analyser bør gjennomføres og hvilke muligheter LCC-analyser kan gi er nokså sammenfallende hos intervjupersonene, uavhengig av rolle og erfaring. Det er oppfattes som viktig å ha et helhetsperspektiv på hele levetiden der alle fasene ses på i en sammenheng. I kulepunktene under er det oppsummert utsagn som fremkommet i intervjuene om hvorfor LCC-analyser bør utføres og hva resultatene fra LCC-analyser bør benyttes til:

- Som beslutningsgrunnlag for nye investeringer og allerede eksisterende objekters drift og vedlikehold.
- Til å sammenligne ulike løsningsalternativ og utfra dette foreta valg;
 - valg av konsept i en tidlig fase,
 - valg mellom to løsningsforslag i byggefase
 - valg i driftsfasen om metoder for drift og vedlikehold
 - valg av avhending eller levetidsforlengende tiltak/rehabilitering i slutfasen.
- Optimalisere et prosjekts total kostnad ved å inkludere drift- og vedlikeholdskostnader i investeringsbeslutningen.
- Det bør jobbes for økt bruk av LCC-analyser som beslutningsunderlag for ulike typer valg som må tas i løpet et objekts levetid.
- Det handler om å ta riktige valg og planlegge kostnadseffektivt.
- For å kunne ta riktige valg, både forut for investering og ved forvaltning av objekter, på en økonomisk best mulig måte.

Det handler om å skaffe seg kunnskap om prosjektet, det enkelte objekt eller løsningsalternativ for å kunne ta riktige og kostnadseffektive beslutninger.

Men det er noe ulik oppfatning om hvilket detaljeringsnivå som skal legges til grunn i en LCC-analyse. Det ser ut til at det varierer utfra hvilken prosjektfase prosjektet befinner seg i og innenfor hvilket fagfelt den enkelte jobber i, også ulik erfaring med ulike kontraktsformer spiller inn. Det ser ut til at de som jobber i tidlige faser på et overordnet nivå klarer seg med data på et overordnet format, og at de som jobber med å velge løsninger på et mer detaljert nivå også ønsker data på et mer detaljert format. Dette uavhengig av hvilken organisasjon du jobber i.

4.3 Underlagsdata

Det framgår fra intervjuene at god tilgang på underlagsdata/inputdata er avgjørende, og at utforming av modeller og verktøy kanskje har fått større fokus enn innsamling og forvaltning av underlagsdata. Hvis analysene og beregningene skal ha en nytteverdi må underlagsdata som legges inn være relevante. Og for at informasjonen skal kunne benyttes på en effektiv måte må dataen derfor ha korrekt format og kodes (med objektdata).

Mye data ligger allerede i eksisterende systemer og databaser, men det etterlyses mer «fleksible» databaser der data kan benyttes til flere typer analyser og på ulike

aggresjonsnivåer. Det kommer gjennomgående frem i intervjuene at det må ryddes opp, data må kartlegges, systematiseres og ev kodes om for å kunne benyttes til analyser.

Det etterlyses også mer transparente databaser, for alle vegeiere. Når det gjelder prisbanker ser noen for seg at de kan være tilgjengelig for alle i «bransjen», motsvarende prisbøker for byggebransjen. I Men det kan også være et problem med for stor åpenhet med bakgrunn i datasikkerhet, hva er sensitive opplysninger og hva kan deles med «alle»?

- «Et alltid oppdatert NVDB, er nøkkelen til veldig mye av aktivitetene som Statens vegvesen legger opp til på vegnettet.»
- «Man må ikke glemme at lokalkunnskap og erfaring av gjennomføring fortsatt er viktig for å være en god byggherre.»

4.3.1 Kostnadsdata

Det fremkommer tydelig i intervjuene at mangelen på relevante og pålitelige priser er en av de største hindringene for at LCC-beregninger ikke i større grad benyttes. Priser er ikke samlet inn systematisk i noen av trafikketatene som er intervjuet. Under eksempler på sitat fra intervjuene:

- «Når vi mister kompetanse på hva ting koster, da mister vi også makt.»
- «Uten relevante kostnadsdata har vi et problem, da blir LCC-analyser nytteløse.»
- «Det er lenge siden vi var oppdaterte på priser.»

I Norge ble det i 2006 opprettet en kostnadsbank for investeringskostnader. Det var knyttet stor tro til kostnadsbanken, men de siste årene ser det ut som at færre og færre prosjekter legger inn data i kostnadsbanken. Dette betyr at grunnlaget for å kunne estimere priser i fremtiden blir borte. Årsaken til denne trenden er ikke helt klar, men det antydes at terskelen i systemet er høy og at dataene fra prosjektene krever mye etterarbeid for å få de lagt inn riktig, og at prosjektene kanskje ikke ser konsekvensene (på lang sikt) av å ikke følge opp retningslinjene. Noen peker på at nye nye entrepriser og kontraktformer som en årsak, og da spesielt totalentrepriser med «rund sum»-prising.

Tidligere, da bygging og drift og vedlikehold ble utført i egenregi av Statens vegvesen og motsvarende av trafikkmyndigheter i de øvrige nordiske landene, var det kontroll på både kostnader og tiltaksintervaller. Det er fortsatt mulig å gjennomføre kostnadsoverslag med «eksperter», lik Anslag-metoden i Norge. Enhetspriskontrakter forekommer fortsatt i viss

grad og erfaringstall samles i en viss grad inn. Men det kommer frem at mye erfaringer sitter i «hodet» til personer. Det savnes en systematisk tilnærming til erfaringsoverføring og innsamling av data..

Finland har lenger erfaring med totalentrepriser for samferdselsutbygging enn øvrige Nordiske land (benyttet i nærmere 20 år). De mangler systematisk innsamling av alle typer data, og i enda større grad mangler enhetspriser. De har de siste 10 årene hatt et løpende prosjekt for å samle data fra utbygging, herunder objektdata motsvarende NVDB, og denne databasen har til dels vært transparent for bransjen. De har nå startet et nytt prosjekt som skal evaluere dagens situasjon og på kort sikt samle inn prisdata fra utbyggings- og rehabiliteringsprosjekt. Målet på lang sikt er å også samle inn data fra drift og vedlikeholdsfasen. De ser for seg transparente databaser med data som kan aggregeres opp til et strategisk nivå, de er ikke så opptatt av data på detaljert nivå.

4.3.2 Levetider, tiltaksfrekvenser og øvrige underlagsdata

I tillegg til enhetspriser er levetider og tiltaksfrekvenser avgjørende inndata når LCC skal vurderes. Dette kommer tydelig frem hos de som har erfaring fra drift og vedlikehold. For noen få objekter (typiske hyllevarer) kan produsenters angivelse av levetid benyttes, men til stor del baseres reelle levetider og tiltaksfrekvenser på erfaring.

Erfaring fra gjennomføring (fagkunnskap) og lokalkjennskap påpekes som viktig. Det må være et mål at erfaringsdata om levetider og tiltaksfrekvenser systematiseres og gjøres tilgjengelig og er søkbare. Men det er samtidig en oppfatning om at erfaring samlet i hodene til eksperter fortsatt vil være viktig for å verifisere og godkjenne data i erfaringsdatabaser og resultat fra analyser og beregninger.

Utførelse er også et viktig moment for levetider og tiltaksfrekvenser som kommer frem i intervjuene, herunder at dårlig kvalitet grunnet feil utførelse må fanges opp i kontroller under kontraktgjennomføring (gjelder både bygging, drift og vedlikehold), dvs. viktigheten av byggherrens/oppdragsgivers kontroll. I denne oppgaven må det tas for gitt at bygging, drift og vedlikehold utføres i henhold til stilte krav. For at drift og vedlikehold skal kunne utføres «som planlagt» er det en forutsetning at objektet er bygget på godkjent måte og har den kvalitet som er beskrevet som krav. Opplysninger og erfaringer slik som at en «viss type utførelse ofte medfører en viss type feil», kan imidlertid være viktig informasjon ved valg av

løsninger. Systematisk innsamling av data og systematisk erfaringsoverføring er uansett viktig.

4.4 Metoder og verktøy

Metodikken for å sette opp LCC-beregninger er allment kjent, og nåverdiberegninger og annuitetskostnader er kjente begreper blant intervjupersonene, liksom parameterne i en tradisjonell LCC-beregning (kostnadsdata, levetid, analyseperiode og kalkulasjonsrente). Det fremkommer dog at det mye av kunnskapen er knyttet opp mot metodikken benyttet i samfunnsøkonomiske analyser. Og som beskrevet over så er det ikke forskjellene mellom samfunnsøkonomiske analyser og LCC-analyser helt klart.

Mye forskning er lagt ned på å videreutvikle metoder og utarbeide verktøy for å kunne integrere flere faktorer knyttet til det enkelte objekt og systematisk kunne beregne sammenlignbare kostnader. Det er ikke stilt spørsmål til denne type verktøy i intervjuene og det fremkommer heller ikke bruk av standardiserte verktøy på prosjektnivå i de ulike trafikketatene. Banedanmark er unntaket.

De ulike trafikketatene har sine egne programvarer og forvaltningssystem som gjerne er utviklet etter fagområder. Dette er noenlunde likt i Sverige og Norge, for eksempel trekkes frem bruforvaltningssystemene Brutus i Norge og BaTman i Sveige og for planlegging av asfaltvedlikehold har begge landene også lignende system, PMS (Pavement Management System).

Systemene/verktøyene er utviklet, tilnærmet isolert, for hvert enkelt fag og det er ikke i stor grad tenkt på at systemene skal kunne kommunisere med hverandre, noe som kan oppleves som en mangel. Det er en felles oppfatning om at de ulike fagområdene må ha verktøy utviklet og tilpasset de enkelte fagene, men at det også må være mulig å utveksle og analysere informasjon mellom de ulike verktøyene. Det er også en oppfatning om at systemene er utviklet for oppgaver på et nok så detaljert nivå, uten mulighet å generere data på et overordnet nivå. Som eksempel nevnes Brutus som opprinnelig (bl.a.) hadde fokus på planlegging og oppfølging av bruinspeksjoner, men mangler funksjonalitet som gir mulighet for å aggregere opp informasjon om resultatene fra inspeksjonene til planlegging på et mer strategisk nivå. Noen systemer/programmer, som Motiv og PMS, henter data fra en database (typisk NVDB). Bruforvaltningssystem Brutus, er kombinert forvaltningsprogram og database

i samme system. Statens vegvesen har i hovedsak valgt å benytte og videreutvikle allerede eksisterende systemer. Dette er sammenfallende for trafikketatene i Sverige og Norge.

Banedanmark har siden 2006 jobbet med å utvikle et system for å samle inn erfaringsdata (operation data), fra jernbanelinjer i bruk, inklusive prisdata og levetider/tiltaksfrekvenser. De startet ut med «banelegeme», der de hadde en god del data før, og har suksessivt videreutviklet og utvidet programvaren og databasen med egne modeller for «spor» og etter hvert også for «kjøreledning» (KL).

Programvare fra Norge og Sverige omtalt i intervjuene er oppsummert i punkt 2.6.2.

4.5 Entreprise- og kontraktsformer

Alle de nordiske landene har gått mer og mer over til å benytte totalentrepriser i både utbygging av nye veger og rehabilitering av eksisterende anlegg. Det benyttes også i større grad varianter av totalentrepriser; OPS-kontrakter, vegutviklingskontrakter, samspillkontrakter, tidlig involvering av entreprenøren, «åpen bok» mv.

Det å i større grad benytte totalentrepriser oppleves til en viss grad som at byggherren tar et steg til siden og mister kompetanse både på gjennomføring og på hva ting koster, og at byggherren samtidig mister innflytelse. «Vi går fra å være en kompetent byggherre til å bli en bestiller».

Å miste kunnskap på kostnader og gjennomføring er ikke en ønsket utvikling blant intervjupersonene, enda noen ser ut til å ha akseptert at det er den vegen vi går. Det er ikke så lenge siden at Statens vegvesen og de andre trafikketatene i Norden, «kunne alt og visste alt» om bygging, drift og vedlikehold, men «nå er vi ikke lenger oppdaterte».

Nye kontraktsformer oppleves allikevel som interessant og nyttig. Men, noen mener det er viktig, eller til og med avgjørende, å opprettholde en delt kontraktsstrategi og fortsatt benytte utførelsesentrepriser på en del av prosjektene, for å kunne beholde kompetanse på både kostnader og gjennomføring. Andre mener byggherren må finne seg i å ikke lenger vite hva ting koster på et detaljert nivå og at kostnadsoverslag må foretas på overordnet nivå med løpemetriser på veg og kvadratmeterpriser på konstruksjoner. De som mener dette er mer opptatt av «bransjekompetanse».

Innsamling av nødvendige erfaringsdata fra bygging, drift og vedlikehold mener intervjupersonene bør kunne være mulig uansett type entreprise og kontraktsform.

Umiddelbart er det kostnadsdata som er vanskeligere å samle inn i en totalentreprise med «rund sum» enn i en utførelsesentreprise med detaljerte enhetspriser. Alle trafikketatene ser utfordringen med å miste kunnskap om kostnader ved større bruk av totalentrepriser, men det er delte meninger om hvordan håndtere konsekvensene. Hvordan og på hvilket nivå skal vi be om kostnadsdata?

Mange av de nye kontraktsformene kan oppleves som ressurskrevende, spesielt gjelder dette der byggherren velger omfattende anskaffelsesprosedyrer (med for eksempel dialog eller forhandling), og der det kreves mye av entreprenører å delta i konkurransen. Disse typer konkurranser anses derfor best for større prosjekter.

LCC-analyser bør utvikles for å kunne benyttes som tildelingskriterie i anskaffelser, spesielt da i totalentrepriser der det er beskrevet en funksjon i stedet for en bestemt løsning. For entreprenørene kommer det frem at tildelingskriterier må være forutsigbare, det må tydelig komme frem hva oppdragsgiveren vektlegger og vil evaluere på. Entreprenøren binder seg til tilbudte løsninger, men hvis byggherren forventer kreativitet utover gitte krav, må det finnes et incitament for entreprenøren, det må lønne seg for å gjøre noe ekstra. Ved å benytte totalentrepriser skyves en større del av prosjektrisikoen over til entreprenøren, og hvis konkurransegrunnlag i tillegg lages stramme (lite fleksible) og med lite rom for justeringer vil entreprenøren ikke ha noen grunn til å være innovativ.

4.6 Tiltak – hva bør gjøres

Det er en felles oppfatning i intervjuene at det å implementere LCC-analyser i organisasjonene er en meget stor oppgave. Og den kan oppleves så stor og kompleks, med så mange ting å ta tak i at man ikke vet hvor man skal begynne. Det er vanskelig å finne svar på hva som bør gjøres eller hvilken prosess som skal til for å komme videre. Forslag til tiltak som fremkom i intervjuene omhandler i stor grad tiltak for å systematisere innsamling av underlagsdata. Organisatoriske problemstillinger blir i liten grad trukket frem. Under er det gjengitt innspill til tiltak fra intervjuene.

Tiltak på kort sikt

- kartlegge hvilke data vi har i dag og hva vi bruker dataene til.
- Å fortsette og samle inn data på det nivå vi gjør i dag, ikke stoppe opp og vente til vi har et «tip top» system som «løser alt».
- Jobbe «her» - der vi er i dag, men tenke «dit» - dit vi ønsker å komme i fremtiden.

- Avklare ambisjonsnivå og utføre en behovsanalyse for innsamling av erfaringsdata og hva de skal benyttes til.
- Ha mer fokus på kvalitative LCC-vurderinger nå, og stegvis implementere beregninger på lengre sikt.

Tiltak på lang sikt

- Tenke fagområde for fagområde, samtidig som fagområdene må knyttes sammen under en paraply. De ulike fagene er ulike og krever til dels ulik informasjon, det er vanskelig (om ikke umulig) å designe et system som skal «fange alt».
- Mest mulig transparens bør være en rød tråd i alle (kartleggings- og utviklings-) prosjekter som settes i gang.
- Innsamling av data må systematiseres, det kan ikke være opp til enkeltpersoner eller enkelte prosjekt om dette blir gjort.

4.7 Oppsummering

De viktigste funnene under hvert tema i intervjuene er oppsummert i Figur 18.

Temaer i intervjuer	Resultat - funn
Status	<ul style="list-style-type: none"> • LCC-beregninger benyttes i liten eller ingen grad som et beslutningsgrunnlag • LCC-vurderinger benyttes i noen grad både av byggherre og entreprenører. • Skillet mellom samfunnsøkonomiske analyser og LCC-analyser synes noe uklart. • Banedanmark er unntaket, de har et system for LCC-beregninger som benyttes systematisk.
Muligheter	<ul style="list-style-type: none"> • Beslutningsgrunnlag • Riktige valg • Optimalisering • Kostnadseffektivitet • Helhetsvurderinger
Hindringer	<ul style="list-style-type: none"> • Separerte budsjetter • Mangel på systematiserte underlagsdata • Mangel på kompetanse
Underlagsdata	<ul style="list-style-type: none"> • Relevante underlagsdata er avgjørende • Fleksible og transparente databaser etterspørres • Kostnadsdata mangler spesielt • Levetider og tiltaksfrekvenser er viktige
Verktøy	<ul style="list-style-type: none"> • Finnes utviklede verktøy tilgjengelig • Ingen standardiserte verktøy i bruk • Beregningsverktøy krever input fra andre systemer/databaser
Kontraktsform	<ul style="list-style-type: none"> • Påvirker ikke LCC-analyser som konsept • Må uavheng av kontrakt stilles klare krav til innsamling av flere typer underlagsdata • Påvirker risikofordelingen i prosjekter, og tiltakshavers utgangspunkt.
Tiltak	<ul style="list-style-type: none"> • Avklare behov • Avklare ambisjon • Jobbe «her» - tenke «dit» (mot målet) • Starte i det små, utvide stegvis

Figur 18 Oppsummering av resultat fra intervjuer.

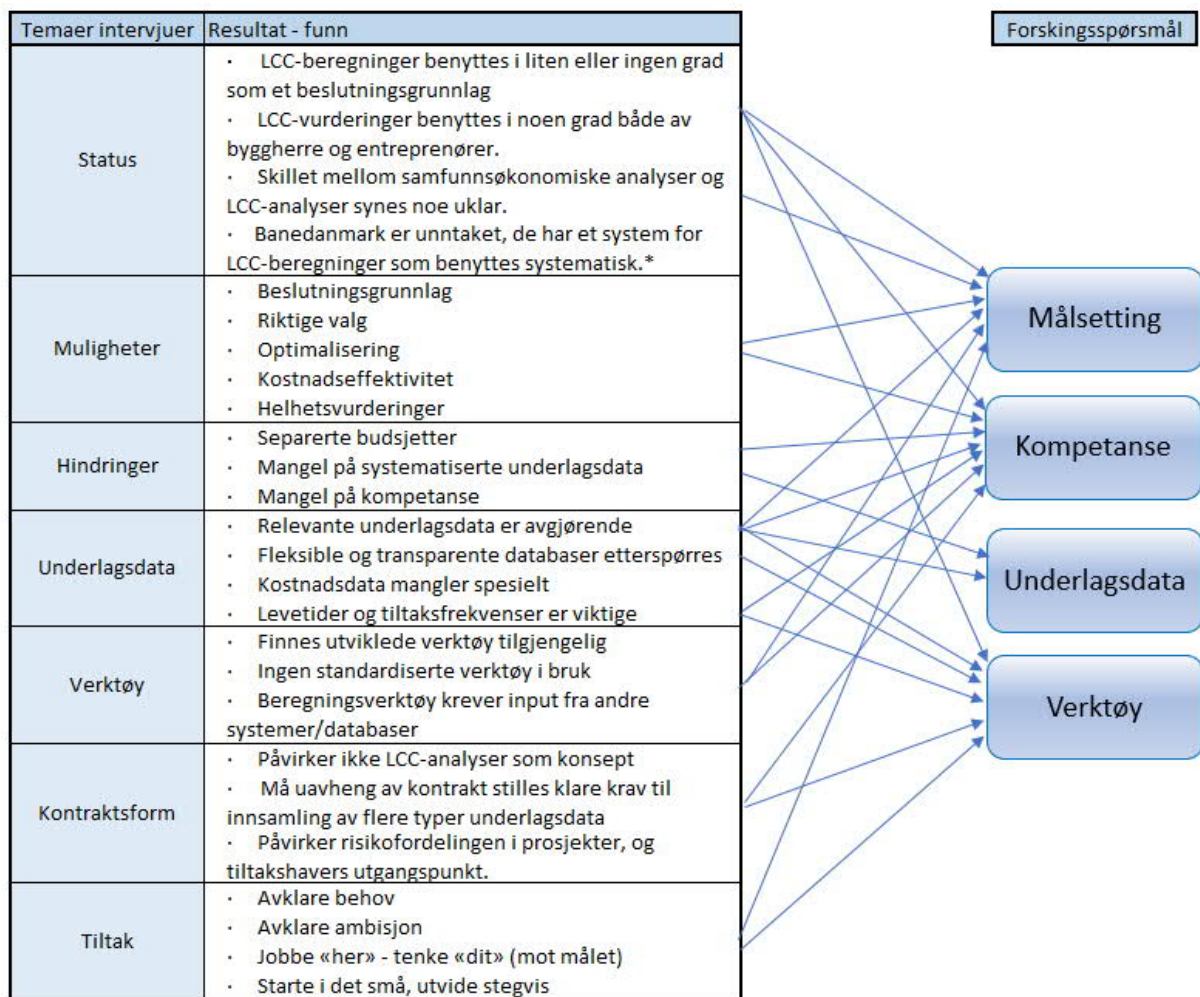
5 Diskusjon

Drøfting av resultatene fra intervjuene opp mot relevant teori, sett i sammenheng med problemstillingen og forskingsspørsmålene.

Diskusjonen av resultatene opp mot teorien presenteres her tematisk og følger inndelingen i kapittel 4, resultater fra intervjuene.

- Status og overordnede retningslinjer
- Muligheter
- Hindringer
- Underlagsdata
- Metoder og verktøy
- Tiltak

Figur 19 viser koblingen av resultatene fra intervjuene opp mot forskingsspørsmålene.



Figur 19 Sammenstilling av resultater opp mot forskingsspørsmål.

5.1 Status og retningslinjer for bruken av LCC-analyser

En ting som slår meg fra litteraturen, uansett om det studier fra før år 2000, fra 2010 eller nyere, jf. punkt 2.1, så uttrykkes gjennomgående en forventning om at *nå* eller *snart* vil bruken av LCC-beregninger innen veg- og brubygging bli alt viktigere og *ta av*. Dette har ikke skjedd. Ingen av intervjupersonene viser til en systematisk bruk av LCC-analyser innenfor sin organisasjon. Heller ikke noen studier viser det.

Banedanmark ser ut til å være et unntak. De har etablert en målsetning og utviklet modeller (programvare), delt opp i fagområder og de har klart å samle inn data systematisk som de benytter til å beregne LCC. De startet opp med en modell for spor, der de hadde en del erfaringsdata de kunne benytte, og så har de etter hvert utviklet modeller for konstruksjoner og KL (kontaktledning). En trinnvis implementering har vært en planlagt strategi, og som ser ut til å ha fungert. I stedet for å favne bredt og prøve å inkludere alle fag og detaljer med en gang har de valgt å starte med et segment, og videreutvikle modellene og datainnsamlingen stegvis.

Om ikke satt i system, så benytter de øvrige organisasjonene tidvis en eller annen form for vurderinger av levetidskostnader. Men kompetansen er til stor grad knyttet til samfunnsøkonomiske analyser, og det innebærer at fokus ligger på nytte i stedet for på kostnad. Det er ikke noe i veien for at metodikkene for samfunnsøkonomiske analyser og LCC-beregninger kan «harmoniseres». Det viser også Safi m. fl (2012) i Figur 9, at LCC kan beregnes i alle faser i et prosjekt, og også at hva som er riktig metode for det enkelte prosjekt og prosjektfase varierer. Uavhengig av en harmonisering eller ei så er det viktig at organisasjonene har kompetanse på begge metoder, og på forskjeller og likheter, både på hva som trengs av input og hva resultatene kan benyttes til.

Flere av studiene som er funnet og som beskriver utvikling av modeller og verktøy for beregning av LCC, innleder gjerne med å slå fast at bruken av LCC-analyser *ikke øker*, at den er *begrenset* eller at LCC-analyser *sjelden benyttes*, men uten å si noe om årsakene til dette. På lignende måte slås det fast at LCC-analyser er *viktige* og noen mener også at det er *helt nødvendig* å ta i bruk LCC-analyser i større grad. De nordiske landene gir føringer, enten i lov eller forskrift, om at det skal eller i hvert fall bør tas hensyn til LCC i offentlige anskaffelser. Det kan tolkes som at det politisk er en vilje til å ta i bruk LCC-analyser, noe som også bekreftes i utredningen *Bedre beslutningsgrunnlag, bedre styring – budsjett og regnskap i staten*, (NOU, 2015). Trafikverket i Sverige stiller internt krav til at det i alle prosjekter skal

utføres en levetidsbetraktning. Tilsvarende, om ei like konkret, stilles det også krav i Vegvesenets håndbøker. Men å kun stille krav eller gi føringer ser ikke ut til å øke bruken av levetidsvurderinger hvordan skal LCC-analyser tas i bruk? Det følger ikke med noen strategi med de gitte føringene. Det er det overlatt til prosjektene, på prosjektnivå, å finne ut av. Det kan da se ut som om kravene til å utføre LCC-analyser har en grad av frivillighet, da det ikke får noen konsekvenser å la være. En organisasjon eller en offentlig etat bør ikke basere seg på frivillighet, en ønsket adferd må settes inn i en sammenheng, den må systematiseres.

5.2 Muligheter med å benytte LCC-analyser

Alle er stort sett enige om at LCC-analyser gir muligheter; som grunnlag for bedre beslutninger, for en bedre kostnadsstyring og for å kunne optimalisere prosjekter. Også det at formålet med å utføre LCC-beregninger er å innhente kunnskap om kostnadsbildet til et anlegg gjennom hele levetiden, å få et helhetsperspektiv. Å vurdere levetidskostnader handler om å skaffe seg tilstrekkelig kunnskap for å kunne ta riktige og kostnadseffektive valg.

Kostnadsstyring og kostnadseffektivitet er viktig for beslutningsfattere, og da LCC-analyser omtales i EU-direktiv, lovverk og de enkelte etater stiller krav til å vurdere LCC i egen organisasjon, må det kunne antas at LCC-analyser er ønsket. Men er resultatene fra LCC-analyser reelt etterspurte? Higham mfl. (2014) viser til manglende etterspørsel som en identifisert årsak til lav bruk av LCC-analyser. For å ikke bare ønske og se muligheter, men også å etterspørre resultatene, er det nødvendig med en tydelig målsetting, og kompetanse. I litteraturen pekes det på viktigheten av kompetanse i flere ledd, for eksempel Safi (2012) og Ozbay (2004). Hvis bruken av LCC-analyser er ønsket så er det nødvendig å jobbe med kompetanseheving om LCC-analyser både på strategisk/taktisk og på operasjonelt nivå i organisasjonene.

Men, det er ingen selvfølge at det å bygge dyrere og mer holdbare løsninger automatisk gir et rimeligere vedlikehold. Tvert imot kan det hende at et hyppigere men enklere vedlikehold kan gi lavere total kostnad. Ved valg mellom ulike løsningsalternativer der formålet er å finne forskjellene mellom løsninger, kan man gjerne unnlate å ta med de momenter som er like for løsningsalternativene. Men da vil ikke den totale levetidskostnaden fremkomme, og det er ikke sikkert at det alternativet med laves total kostnad velges. Det er derfor viktig å vite hva som er ønsket informasjon; total kostnaden som et løsningsvalg genererer i løpet av sin levetid, eller kun forskjellen i kostnad mellom to alternativ.

5.3 Hindringer

De få studiene som er funnet og som sier noe om årsakene til at LCC-analyser ikke benyttes peker på kortsiktige budsjetteringsregimer som en av de største hindringene, jf. (NV, 2009), (UHM, 2017), dvs. at organisasjonenes budsjettssystemer ikke er tilrettelagt for å vurdere og planlegge kostnader over lengre tidsperioder (analyseperioder og levetider). Delte budsjetter for investering og drift og vedlikehold er også pekt på som en overveiende hindring. Dette samstemmer ikke helt med resultatene fra intervjuene, da intervjupersonene kun i liten grad peker på budsjettmessige hindringer. En årsak til dette kan være at intervjupersonene ikke har ansvar knyttet til overordnet budsjettering. Men, at det er viktig at kostnader for investering og drift og vedlikehold ses på i en sammenheng, kommer dog frem i intervjuene.

Levetidsberegninger gir kunnskap om hvilke kostnader som vil påløpe i de ulike fasene gjennom hele levetiden/analyseperioden og denne kunnskapen bør benyttes ved planlegging og budsjettering av både investeringskostnaden og fremtidige drift- og vedlikeholdskostnader.

En hindring som også kommer frem i studiene er manglende kunnskap om LCC-analyser, (Higham, 2014), (Ozby mfl., 2004). Det kan se ut til å stemme at det ikke er noen bred kompetanse i organisasjonene på verken hva LCC-analyser (egentlig) innebærer, hvordan de kan utføres og hvilken informasjon og nytteverdi LCC-analyser kan gi. Som nevnt tidligere har organisasjonene god kompetanse på samfunnsøkonomiske analyser, men at kompetansen på gjennomføring av LCC-analyser er lavere. Det betyr at det er vanskelig for organisasjonene å tilpasse bruken av LCC-analyser til de ulike fasene i et objekts levetid, jf. Figur 9, (Safi, 2012).

Et moment når det gjelder muligheten for å utvikle kompetanse i en organisasjon er forankring i ledelsen. Flere av intervjupersonene mener de har støtte hos ledelsen for å jobbe med LCC-analyser, og hos noen, spesielt på Trafikverket, er det gitt føringer (krav og veiledninger) fra ledelsen. Men, da bruken allikevel er begrenset kan det stilles spørsmål til om det mangler forståelse for og kunnskap om hva en beregning av levetidskostnader egentlig innebærer, og hva som kreves for at resultatet skal kunne bli relevant. Eller lever fortsatt i troen på at trafikketatene har samme kunnskapsnivå som den gangen erfaring og erfaringsdata «satt i veggene». Etter hvert som flere oppgaver er blitt konkurranseutsatt har de ulike trafikketatene i større eller mindre grad blitt bestillere, og kunnskapen om hva ting koster er blitt lavere.

5.4 Underlagsdata

For å få et troverdig resultat kreves relevante og troverdige inndata. De fleste trafikketatene samler inn erfaringsdata om de enkelte objekter, inspeksjoner, tilstandsregistreringer mv. Men det ser ikke ut til at dataene uten videre kan benyttes til LCC-analyser. For eksempel innsamling av mange typer objektdata i NVDB og Brutus.

Det fremkommer i intervjuene at mangelen på relevante og troverdige kostnadsdata er en stor hindring for at LCC-analyser skal kunne implementeres som et systematisk verktøy. Det er i dag ikke noen systematisk innsamling av kostnadsdata i Statens vegvesen, ei heller fremkommer noen systematisk innsamling i de øvrige nordiske landene. Kostnadsbanken som Statens vegvesen opprettet i 2006 benyttes ikke systematisk, men det er ikke lett å finne et enkelt svar på hvorfor det ikke legges inn data fra enhetspriskontrakter i kostnadsbanken. Det går ikke kun å skylde på nye kontraktsformer, innsamling av kostnadsdata har ikke fungert på flere år.

Men, det er ikke tvil om at nye kontraktsformer gir nye utfordringer for innsamling av kostnadsdata. Kontraktsformer som opererer med «rund sum» gir ingen kunnskap om hva enkelte element i et veganlegg koster. Det er ikke noe i veien for at vi kan be om kostnader på et lavere nivå også i kontrakter med «rund sum», for eksempel totalentrepriser i ulike former.

Hvordan vi bør bryte ned kontraktsgjenstanden og be om at entreprenøren legger inn priser på et lavere nivå er ikke gitt. Det kan stilles krav til at entreprenørene legger inn priser på prosessnivå, dvs. at de leverer et prisoppsett motsvarende (eller helst mindre detaljert) som i en enhetspriskontrakt. Men, da entreprenøren ikke har noen forpliktelser til disse prisene er det usikkert hvor relevant prisingen vil bli. Et annet alternativ er at byggherren ber om en pris (RS) per bru og regner ut en kvadratmeterpris. For at den kvadratmeterprisen skal kunne være relevant senere er det viktig at vi vet noe mer om akkurat denne brua, da mange ting spiller inn, for eksempel: type bru, lengde, antall spenn, fundamentering, belastning (ÅDT), klimasone, om den bygges tidlig (mer riggekost legges inn av entreprenøren) eller sent i anlegget mv. Hvis vi kan legge inn forutsetninger/objektdata på hver «brukostnad» (motsvarende opplistingen over) og dette utføres konsekvent, kan prisdataene kanskje være relevante til bruk senere, enda de ikke er generert fra enhetspriser.

Kunnskap om levetider og tiltaksfrekvenser er også avgjørende. Kostnadsdata og levetider/tiltaksfrekvenser henger tett sammen, og den ene blir nytteløs uten den andre. Her er

det kunnskap og vurderinger som i stor grad må hentes fra og overføres fra de som utfører overvåking og inspeksjoner. Det er spesielt viktig at innsamling av slike data (som i stor grad finnes hos enkelte individer) systematiseres.

I tillegg kan det antas at noen underlagsdata til en viss grad er ferskvare, uten at dette er funnet omtalt i forskingen. Kostnadsdata kan indeksreguleres, men etter noen år er det mekanismer som spiller in og som gjør at prisene antagelig gradvis mister relevans. Også andre typer data vil kunne bli foreldet da gjennomføringsmetoder, materialer og utstyr stadig er under utvikling. Systemer for innsamling av underlagsdata må kunne håndtere også dette.

Innsamling og forvaltning av underlagsdata er en formidabel og svært krevende oppgave. Det er derfor, som nevnt tidligere, viktig at den enkelte etat avklarer målsetting og ambisjonsnivå for bruk av erfaringsdata, for eksempel til bruk i LCC-analyser. Det må kartlegges hva dataene skal brukes til og utarbeides planer for i hvilket omfang de skal samles inn. Dette krever kompetanse og forståelse av denne kompleksiteten spesielt på høyere (strategisk og taktisk) nivå i organisasjonene. På lavere (operasjonelt) nivå er det viktig at hver enkelt ser nytten av (den krevende) datainnsamlingen, for eksempel ved at LCC-analyser blir et godt hjelpemiddel, og at hver enkelt føler eierskap til dataene.

5.5 Metoder og verktøy

Flere av metodene (modeller/programvare) for å gjennomføre LCC-analyser og som presenteres i litteraturen er beskrevet på et nokså detaljert nivå. Fra intervjuene varierer oppfatningen om hvilket ambisjonsnivå og hvilken detaljeringsgrad som skal legges til grunn ved beregning av levetidskostnader, til dels med bakgrunn i nivå, fase og fagområde. Dette gjenspeiler også at organisasjonene mangler en klar målsetting for bruken av LCC-analyser.

LCC-analyser på et detaljert nivå krever underlagsdata på et detaljert nivå, og det er ressurskrevende. Her er det viktig at ressursbruken tilpasses behovet for informasjon. Behovet for informasjon - hva analyseresultatene skal benyttes til – må kartlegges i den enkelte etat, slik at innsamling av data kan tilpasses dette. Det er ikke riktig bruk av ressurser å fremskaffe informasjon som ikke vil komme til anvendelse.

Det er i denne oppgaven ikke utført noen systematisk gjennomgang av hvilke ulike verktøy og programvarer som finnes tilgjengelig for å gjennomføre LCC-analyser. Det har heller ikke fremkommet, hverken i litteraturen eller i intervjuene, at det finnes noen formaliserte

arbeidsrutiner eller benyttes noen standardiserte verktøy på prosjektnivå i de ulike trafikketatene. Banedanmark er som omtalt tidligere et unntak.

Forskingen viser dog at det er utviklet mange ulike modeller og dataprogrammer som med gode underlagsdata og kan beregne LCC og gi relevant resultater. Men beregningsverktøy krever input fra andre systemer/databaser. Det betyr at hvis trafikketatene klarer å systematisere innsamling av underlagsdata er det store muligheter for at det finners passende dataverktøy som allerede er utviklet.

5.6 Tiltak

Det er gjengs oppfatning at det å implementere LCC-analyser i organisasjonene er en stor oppgave. Det kan oppleves at det er så mange ting å ta tak i at man ikke vet hvor man skal starte.

Ozbay pekte allerede i 2004 på at det må utarbeides bedre retningslinjer og rutiner og at det må utvikles databaser som sikrer kvaliteten på inndata (Ozbay m. fl., 2004). I intervjuene er også systematisering av underlagsdata uttalt som et viktig tiltak. Men i tillegg fremkommer i intervjuene at det behov og ambisjonsnivå for bruk av LCC-analyser må avklares. Når tiltak skal beskrives kommer vi tilbake til viktigheten av å ha en strategi og målsetting og av å plassere ansvar; hvem har ansvar for å definere mål, retningslinjer og rutiner og for å systematisere underlagsdata? I dag kan det virke som om det er prosjektene på operasjonelt nivå som leder an og som jobber med denne problemstillingen, uten en klar strategiforankret i ledelsen.

Når man leser forskingsartikler der modeller og verktøy blir introdusert, får man en oppfatning at disse verktøyene bare kan tas i bruk. Det kan se ut som forskerne tar for gitt at organisasjonene (fortsatt) har kompetanse og underlagsdata tilgjengelig og med god kvalitet. Denne oppfatningen kan det virke som beslutningshavere (politikere/myndigheter) og ledelsen i organisasjonene også har.

Virkeligheten oppleves ikke slik på prosjektnivå. Man kan tenke seg at ledere på ulike nivåer godkjenner prosjekter/piloter uten at det bli gjort en kartlegging og behovsanalyse av hvilket formål systemene skal fylle. Prosjektene drives frem av fagmiljøene og ledelsen mister kontakten med det som foregår. Fagmiljøene mener at grunnen til at systemene ikke tas i bruk er mangel på kompetanse/forståelse men kanskje er det utarbeidet altfor komplekse systemer

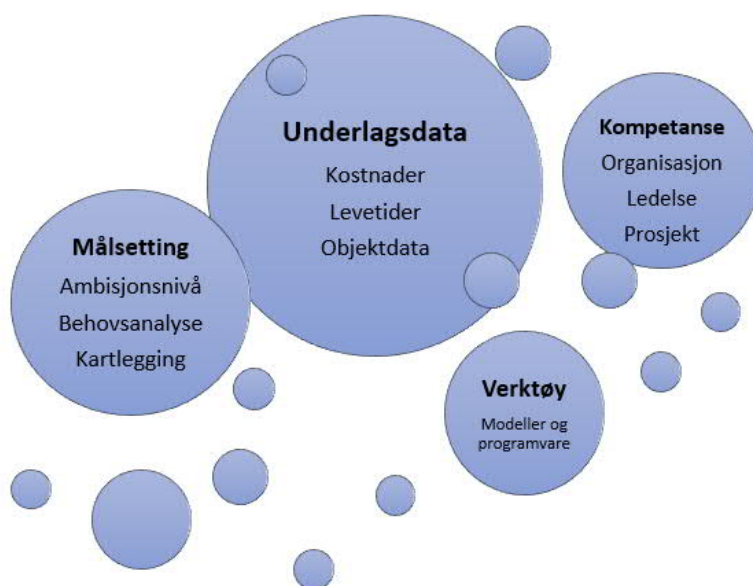
som ikke samsvarer med organisasjonens behov for beslutningsunderlag, og det blir ikke vurdert underveis hvordan systemene skal driftes.

Denne oppgaven gir ikke svar på hvilke tiltak som bør iverksettes for å implementere LCC-analyser, men identifiserer noen tanker om hva som kan være momenter å ta med seg på veien.

5.7 Oppsummering

Mangel på gode, relevante underlagsdata, og på et relevant format fremstår etter drøftingen som den største hindringen på den lave bruken av LCC-analyser. Størst på grunn av at den er mest kompleks og ressurskrevende å systematisere og få på plass. Det betyr ikke at problemstillingene rundt underlagsdata må løses først. Derimot må organisasjonene utvikle en strategi og målsetting for hva de ønsker å bruke LCC-analyser til, behov må kartlegges og ambisjonsnivå velges. En klar målsetting må på plass. Når målsettingen er på plass og mål på hvert nivå er formulert så ser man også hvilken kompetanse som kreves. Når det gjelder valg av metode og verktøy kan det være omfattende i seg, men relativt de andre faktorene så er det en mindre fremtredende hindring. Det finnes gode verktøy (programvarer) tilgjengelig til bruk for analyser på ulike prosjektnivå og for ulike prosjektfaser.

I Figur 20 vises skjematisk de viktigste årsakene til manglende bruk av LCC-analyser. Størrelsen på figurene indikerer hvor ressurskrevende den enkelte årsaken er å håndtere.



Figur 20 Skjematisk fremstilling av de viktigste årsakene til manglende praktisk bruk av LCC-analyser.

6 Konklusjon

Konklusjon av diskusjonene trukket opp mot den overordnede problemstillingen og besvarelse av forskningsspørsmålene.

Den overordnede problemstillingen for denne oppgaven har vært å **«Identifisere og belyse årsakene til manglende praktisk bruk av LCC-analyser innen bygging og forvaltning av samferdselsanlegg»**.

Problemstillingene rundt LCC-analyser er komplekse og det er vanskelig å gi et entydig svar på årsakene til den lave bruken i praksis. Arbeidet med denne oppgaven viser imidlertid at uklare og manglende målsettinger i organisasjonene, manglende kompetanse på gjennomføring av LCC-analyser, og manglende (relevante) underlagsdata er de fremtredende årsakene til den lave bruken av LCC-analyser. Mangel på relevante underlagsdata står frem som den mest krevende årsaken å håndtere. Når det gjelder verktøy (programvare) så finnes det programvare tilgjengelig, men når målsettingene ikke er definert og det mangler kompetanse og underlagsdata, er det vanskelig å ta i bruk å implementere programvare.

I de følgende oppsummeres funnene i oppgaven ved å svare ut forskningsspørsmålene.

Har organisasjonene en klar målsetting for sin bruk av LCC-analyser?

Studien viser at å ta i bruk LCC-analyser som et systematisk verktøy er ønskelig på alle nivåer i organisasjonene og de ser at er det en stor fordel, kanskje også avgjørende, å ha den kunnskapen og informasjonen som LCC-analyser gir, for å kunne fatte gode beslutninger.

Men når det gjelder å ha en klar målsetting er svaret nei. Det fremkommer tydelig at organisasjonene mangler en definert og uttalt strategi om hva LCC-analyser skal benyttes til, og på hvilken måte de skal benyttes. Det mangler en målsetting forankret i ledelsen og tydelig uttalt nedover i organisasjonene. Organisasjonene har i en årrekke brukt ressurser på utvikling av systemer og innhenting av data, men det fremkommer fra intervjuene at organisasjonene til tross for dette ikke har lyktes å dra nytte av ressursene som er lagt ned.

Behovet må kartlegges og det må velges et ambisjonsnivå for hvordan man ønsker å jobbe med LCC. En klar målsetting må også omfatte hvordan en implementering av LCC-analyser, skal gjennomføres. En klar strategi og målsetting er grunnleggende for at arbeidet med å implementere LCC-analyser systematisk skal lykkes, og er også grunnleggende for å få på plass de øvrige faktorene.

Har organisasjonene kunnskap om LCC-analyser?

Det finnes god kunnskap i organisasjonene på samfunnsøkonomiske analyser og på å beregne samfunnsnytte. Men resultatene viser at organisasjonene mangler kompetanse på gjennomføring av LCC-analyser, både i ledelsen og nedover i organisasjonene. LCC handler om total kostnader, kostnadsstyring og optimalisering av prosjekter, og for å kunne gjennomføre LCC-analyser kreves kompetanse på mekanismene som har betydelse for kostnadene i et prosjekts hele levetid. Det kreves også, både for å gjennomføre LCC-analyser og for å kunne benytte seg av resultatene fra LCC-analyser, kompetanse på gjennomføring av prosjekter; hvordan bygge, drifte og vedlikeholde.

Finnes det underlagsdata (inputdata) å benytte i LCC-analyser?

Mangel på underlagsdata fremstår allikevel som den totalt sett største hindringen, da den vil kreve mest ressurser å ta fatt i. Det vises tydelig at organisasjonene ikke har lyktes med å systematisk samle inn og ta vare på relevante underlagsdata, data som tidligere fantes «i hodene» til fagfolk, spesielt gjelder dette kostnadsdata. Hvis LCC-analyser skal være et verktøy for beslutninger så må det på plass systemer for å samle inn riktige og relevante underlagsdata. Datafangst er meget ressurskrevende og en klar målsetting for hva dataene og LCC-analyser skal benyttes til er en forutsetning for å lykkes med å utvikle og forvalte systemer og databaser. Det er ikke kostnadseffektivt å bruke ressurser på arbeid som verken er etterspurt eller benyttet. Og, data må kunne samles inn uavhengig av hvordan etatene er organisert og hvilken type entrepriser som benyttes.

Finnes det verktøy for å gjennomføre LCC-analyser?

Ja, det finnes tilgjengelig verktøy (programvare) for å beregne levetidskostnader, alt fra enkle excel-ark til avanserte statistiske modeller. Her har utviklingen kommet langt, men organisasjonene er ikke helt klare for å systematisk kunne ta i bruk de ulike verktøyene. Derfor er det ikke her organisasjonene bør begynne arbeidet. Men når målsettingene er definert, relevante underlagsdata er tilgjengelig og kompetansen er på plass; da kan man finne ut hvilke metoder og verktøy som er riktig å bruke på ulike prosjektnivå og i de ulike fasene.

Oppsummering

Arbeidet med LCC bærer preg av å mangle styring, det følger ingen plan. Og de nokså vage overordnede føringene setter organisasjonene i villrede da de ikke vet hvordan de forventes å beregne og håndtere levetidskostnader. Den grunnleggende diskusjonen er heller ikke tatt og landet; hvordan og til hva skal levetidskostnader benyttes, og på hvilke nivåer?

Engasjerte enkeltpersoner har jobbet med utvikling av prosjekter som de har brent for og har nok ledet utviklingen. Det er gjort mye bra arbeid, men det fører ikke til at LCC tas i bruk på en systematisk måte, arbeidet forblir fragmentert nede i organisasjonen.

Problemstillingen rundt implementeringen av LCC er i større grad et organisatorisk problem enn et teknisk problem. Dette henger sammen med en manglende målsetting for bruken av LCC-analyser, og en usikkerhet rundt hvem som har ansvaret. Det vil kreves både vilje og utholdenhet helt i toppledelsen for å lykkes. Og, er det tatt stilling til de reelle kostnadene ved å utvikle og forvalte et system som håndterer LCC-analyser?

For å motivere avdelinger bør interne budsjetteringskriterier legges til rette for at det blir lønnsomt å tenke total kostnad og LCC, og at man ikke kun blir målt på «egne kostnader». For eksempel ved at innsparte kostnader på vedlikehold kan gå til økte investeringsrammer.

Viktige forutsetninger for å lykkes:

- LCC utviklingsprosjekter må settes i system. Det må formuleres visjonære mål for hele utviklingen og konkrete mål for de enkelte delprosjekt som startes, og det må sørges for at de enkelte delprosjektene evalueres.
- Resultatene av LCC-analyser må være etterspurt i brukernes beslutningsprosesser og budsjettprioriteringer.
- Datafangst må tilpasses behovet; hvilke data trenger vi og på hvilket format? Ikke kostnadseffektivt å bruke ressurser på å samle inn data som ikke benyttes.

7 Forslag til videre arbeid

Oppgaven viser at både målsetting, kompetanse og underlagsdata må på plass for å lykkes med å systematisere arbeidet med LCC-analyser. Jeg ønsker å understreke behovet for kompetanse og å beholde grunnleggende kompetanse i organisasjonene.

Skal Statens vegvesen lykkes med å implementere LCC som et systematisk beslutningsverktøy kreves at organisasjonen beholder høy kompetanse innen bygging og forvaltning av veger. En kompetanse som ikke må tas for gitt. I dag pågår en oppsplitting av vegnettet i flere vegeiere og dermed i mindre fagmiljøer. Denne omorganiseringen, i tillegg til nye kontraktsformer der oppdragsgiver og byggherre blir mer rene bestillere, kan lede til at Statens vegvesen, de nye fylkeskommunene og andre vegeiere, havner på sidelinjen og ikke vil kunne matche kompetansen til entreprenører og rådgivere. Dette kan det allerede anes konsekvensen av, blant annet ved at Statens vegvesen gradvis mister kompetanse på hva det koster å bygge og drifte vegnettet.

En god bestiller må ha kompetanse på det som skal bestilles. God kostnadsstyring krever at en bestiller har kompetanse på hva som skal bestilles og hvordan sikre at bestilt produkt blir levert. Det betyr at menneskene i organisasjonen må ha gode kunnskaper innen bygging, drift- og vedlikehold. I tillegg bør Statens vegvesen fortsette å være en pådriver for forskning og utvikling innen veg- og trafikk.

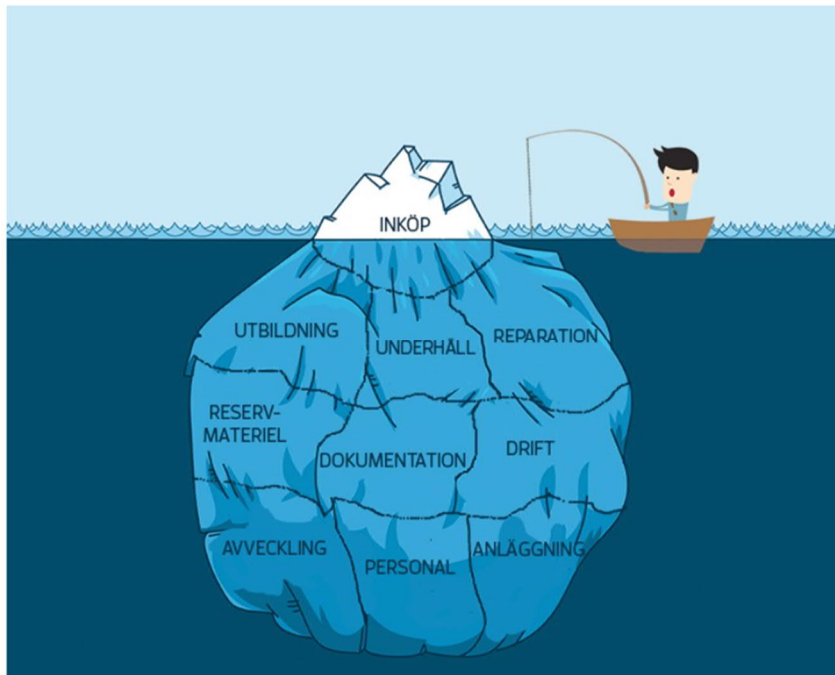
Videre studier om LCC-analyser innen samferdsel kan være å studere og kartlegge:

- visjoner og mål for bruk av LCC-analyser i organisasjonenes toppledelse.
- beslutningsprosesser og budsjetteringsrutiner på ulike nivåer og se LCC-analyser utfra et systemteknikk-perspektiv (system engineering).
- den faktiske nytteverdien av LCC-analyser som beslutningsgrunnlag.

Denne oppgaven har omhandlet LCC, levetidskostnader, den har ikke tatt for seg livsløpsanalyser (LCA). Klima og bærekraft er på dagsorden og Norge har, bla gjennom Parisavtalen, forpliktet seg internasjonalt til å redusere klimagassutslipp, også fra bygging og forvaltning av samferdselsanlegg. Både LCC og LCA handler grunnleggende om kostnader, og det er åpenbart at LCC og LCA på sikt må harmoniseres, LCA må bli en naturlig del av en LCC-analyse.

En systematisk innføring av LCC-analyser ligger nok dessverre et stykke inn i fremtiden, men det kan ikke være et alternativ å gi opp. Samfunnet må kunne stole på at Statens vegvesen, de nye fylkeskommunene og andre vegeiere vil fortsette å være kompetente bestillere med kontroll på kostnader. Det må settes mål, bygges opp kompetanse og parallelt systematisk jobbes med datafangst av relevante underlagsdata.

Figur 21 illustrerer kompleksiteten til levetidskostnader ved å bruke et isfjell som metafor.



Figur 21 Et isfjell som en metafor til levetidskostnader.

8 Referanser

- Andersen, Gisle** (2008). Forskningsprosessen: et veiledningshefte for elever i videregående skoletrinn. Bergen, Holbergprisen i skolen. www.holbergprisen.no
- Amini, Amir A., Mashayekhi, Mehdi, Ziari, Hassan og Nobakht, Shams** (2012). Life cycle cost comparasion of highways with perpetual and conventional pavements. International Journal of Pavement Engineering, 13:6, 553-568, DOI: 10.1080/10298436.2011.628020.
- Dalland, Olav** (2018). Metode og oppgaveskriving, 6 utgave. Gyldendal akademisk. ISBN: 9788205500709
- Ekroll, Henning Carr** (2018). Skattepengene som forsvant - Hvordan kaste bort 1,9 milliarder kroner på ingenting. ISBN 9788203297489.
- Emblesvåg, J** (2003). Life-cycle costing: Using Activity-based costing and monte carlo methods to manage future costs and risks. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, USA.
- EU** (2014). Europaparlamentets och rådets direktiv 2014/24/EU (Upphandlingsdirektivet) av den 26 februari 2014 om offentlig opphandling.
- Everett, Euris Larry og Furseth, Inger** (2012). Masteroppgaven, 2. utgave. Universitetsforlaget, 2012. ISBN: 978-82-15-01949-9.
- FOA** (2016). Forskrift om offentlige anskaffelser, FOR-2016-08-12-974, 18.08.2016
- Flanagan, R., Norman, G., Meadows, J. og Robinson, G.** (1989). Life Cycle Costing: Theory and Practice. BSP Professional Books, Oxford, UK.
- Forskningsetiske komiteene** (2019.04.06). <https://www.etikkom.no/>
- Forsman, Joakim** (2009). LCC ör vägbygnad – En litteraturstudie. Luleå tekniska universitet, 2009. ISBN 987-91-7439-079-7.
- Greek, Marit, Jonsmoen, Kari Mari, Nilsen, Ingunn Margrete** (2014). Ta ordet, s. 5,6, Gyldendal Akademisk, 2014. ISDN 978-82-0546-064-5.

- Haanæs, Sverre, Holte, Eilif, Larsen, Stein Vegar** (2005). Concept rapport nr. 3. Beslutningsunderlag og beslutninger i store statlige investeringsprosjekt, Concept-programmet, NTNU, Trondheim, 20. oktober 2005. ISSN 0804-5585.
- Hassan, M. Hamed** (2018). Strategiutøvelse ved universiteter – en kompleks affære: En studie av hvordan Universitetet i Agder har arbeidet med Strategi 2016-2020. Masteroppgave Universitetet i Agder, 2018.
- Harbuck, R.H, Brinkerhoff, P.** (2009). Life cycle cost analysis for Transportation projects, AACE International Transactions, 2009.
- Higham, Anthony, Fortune, Chris, James, Howard** (2014). Life cycle costing: evaluating its use in UK practice.
- Hedin, Anna** (2011). En liten lathund om kvalitativ metod med tonvikt på intervju. Uppsala universitet, 2011-08-25.
- Holmvik, Nina og Wallin, Hampus** (2007). Användning av livscykelanalys och livscykelkostnad för vägkonstruktion inom Norden. Examensarbete, Lunds Tekniska Högskola, Sverige. ISSN 1653-1922.
- Høines, Susanne og Murady, Hamed** (2016). Kalkulasjonsrente på offentlige investeringer. Masteroppgave, Høgskolen i Molde, 27.05.2016.
- IISD** (2009). Life Cycle Costing in Sustainable Public Procurement: A Question of Value. International Institute for Sustainable Development (IISD), Winnipeg, Canada, December 2009.
- ISO** (2008). ISO/DIS 15686-5:2008 Buildings and constructed assets - service life planing. International organization for standardization. ISO copyright office, Genève, Schweiz.
- Iversen, Arne** (2016). Datasystemer for styring og oppfølging av drifts- og vedlikeholdskontrakter på veg, Masteroppgave NTNU, 2016)
- Jacobsen, Dag Ingvar** (2005). Hvordan gjennomføre undersøkelser? Innføring i samfunnsvitenskapelig metode, 2. utgave. Høgskoleforlaget. ISBN: 9788276346633.

- Kishk, M., Al-Hajj, A., Pollock, R., Aouad, G., Bakis, N. och Sun, M.** (2003). Whole life costing in construction: a state of the art review. RICS Foundation, Electronic Reference PS0420, London, UK.
- Kvale, Steinar og Brinkmann, Svend** (2015). Det kvalitative dybdeintervju. Oslo: Gyldendal Akademisk, 2 utg. ISBN: 9788205463547.
- Levin, P., Lilliehorn, P. og Sandesten, S.** (2008). Livscykelekonomi vid planering, byggande och förvaltning. Rapport, Boverket, Karlskrona, Sverige.
- LOA** (2016). Lov om offentlige anskaffelser, LOV-2016-06-17-73, 17.06.2016.
- Loong, K Y og Miller, J E** (1989). Road pavement design and maintenance - a life cycle cost approach, TRANSP0 '89: International Conference & Exhibition on Road Transport, Beijing, China, 1989
- LOU** (2016). Lag om offentlig upphandling, 2016:1145, 2017-01-01, Sverige.
- Miles, Matthew, Huberman, Michael** (1994). Qualitative Data Analysis, p 40. SAGE Publications Ltd., London, UK. ISBN =-8039-5540-5.
- Minken, Harald** (2015). Samfunnsøkonomisk vurdering av innsats innen drift og vedlikehold, TØI-rapport 1460/2015, ISSN 0808-1190, Transportøkonomisk institutt.
- Multiconsult** (2009). Kampesæter Anette, Bjørberg, Svein og Listerud, Christian A. Levetider i praksis – prinsipper og bruksområder, Multiconsult. Oslo, desember 2009.
- NV** (2009). Tar den offentlige sektoren miljøhensyn ved upphandling? Rapport 5997, Naturvårdsverket, oktober 2009. ISBN 978-91-620-5997-2
- NOU** (2012). Samfunnsøkonomiske analyser, Norges offentlige utredninger 2012:16. Finansdepartementet, 3. oktober 2012.
- NOU** (2015). Bedre beslutningsgrunnlag, bedre styring – budsjett og regnskap i staten, 2015:14. Finansdepartementet, 1. desember 2015.
- NS3454** (2013). Livssyklus kostnader for byggverk. Prinsipper og klassifikasjon, NS3454:2013.
- Ozbay, K., Jawad, D., Parker, N.A., Hussain, S.** (2004). Life Cycle Cost Analysis: State-of-the-Practice vs. State-of-the-Art. 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2004, National Academy of Science, Washington D.C.

- Pettersen, Roar C.** (2016). Oppgaveskrivingens abc. Universitetsforlaget, 2016. ISBN: 978-82-1502-676-3.
- Thagaard, Tove** (2009). Systematikk og innlevelse - en innføring i kvalitativ metode. Fagbokforlaget, 2019. ISBN: 978-82-4500-738-1.
- Safi, Mohammed, Sundquist, Håkan, karoumi, Raid, Racutanu, George** (2012). Integration of Life-Cycle Cost Analysis with Bridge Management System. Journal of the Transportation Research Board. No 2292.
- Saunders, M. N. K, Lewis, P. Og Thornhill, A.** (2009). Research Methods for Business students, vol.5. Pearson Education Limited, Harlow, Essex.
- Shim, Hyung Seop og Lee, Seung Hyun** (2016). Developing a probable cost analysis model for comparing bridge deck rehabilitation methods. KSCE Journal of Civil Engineering January 2016, Volume 20, Issue 1, pp 68–76.
- SINTEF Byggeforsk** (2017). 600.004 Byggforvaltning. Begreper og definisjoner.
- SIKA** (2005). ”Den samhällseconomiska kalkylen – en introduktion för den nyfikne”, SIKA Rapport 2005:5, Stockholm, Sverige.
- SNL** (2014). Store norske leksikon, Stoltz, Gerhard. (25. november 2014). Hentet 9. juni 2019 fra <https://snl.no/konsumentoverskudd>.
- SNL** (2015). Store norske leksikon, Tranøy, Knut Erik og Tjønneland, Eivind. (15. januar 2015) <https://snl.no/analyse> [Hentet 21. april 2019].
- SNL** (2018). Store norske leksikon, Pettersen, Tove. (20. februar 2018). I. Hentet 28. april 2019 fra <https://snl.no/fortolkning>.
- SNL** (2018a). Store norske leksikon. Svartdal, Frode. (2018, 18. mai). Hentet 1. mai 2019 fra <https://snl.no/reliabilitet>.
- SNL** (2018b) Store norske leksikon. Dahlum, Sirianne. (2018, 20. februar). Hentet 9. juni 2019 fra <https://snl.no/validitet>.
- SOU** (2013). Goda affärer - en strategi för hållbar offentlig upphandling, NOU 2013:12. Slutbetänkande av Upphandlingsutredningen 2010, Stockholm, mars 2013. ISBN 978-91-38-23893.

- Statens vegvesen** (2013). Nytte-kostnadsanalyser for infrastrukturiltak – endret analyseperiode og kalkulasjonsrente. Notat, Vegdirektoratet (2010/002182-461).
- Statens vegvesen** (2015). Håndbok N400 Bruprosjektering. ISBN: 978-82-7207-680-0.
- Statens vegvesen** (2016). Håndbok N500 Vegtunneler. ISBN:978-82-7207-697-8.
- Statens vegvesen** (2017). Håndbok V771 Veileder knyttet til valg av kontraktsstrategi. ISBN: 978-82-7207-713-5.
- Statens vegvesen** (2018). Håndbok V712 Konsekvensanalyser. ISBN: 978-82-7207-718-0.
- Statens vegvesen** (2018a). Håndbok N200 Vegbygging. ISBN: 978-82-7207-723-4.
- Swärd, Jan-Erik og Pyddoke, Roger** (2017). Prinsipdiskussion kring LCC-kalkyler för väginvesteringar, VTI notat 28-2017, Stockholm, Sverige.
- Thureson, Disa, Eliasson, Jonas** (2016). Does uncertainty make cost-benefit analyses pointless? Centre for Transport Studies, Stockholm. CTS Working Paper 2016:8.
- Tjora, Aksel** (2017). Kvalitative forskningsmetoder i praksis, 3. utgave. Gyldendal Nors Forlag, Oslo 2017. ISBN: 9788205500969.
- Trafikverket** (2017). Stöd för arbete med livscykelbedömningar och LCC – vid planering och projektering av vägar och järnvägar, version 1.1. Trafikverket, Sverige.
- Trafikverket** (2018). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn, ASEK 6.1, 2018-04-01.
- UiO** (2019). <https://www.uio.no/studier/emner/sv/iss/SVMET1010/h05/Kvalogkvant.pdf>
[Hentet 14. april 2019].
- UHM** (2017). Upphandlingsmyndigheten, Sverige.
<<https://www.upphandlingsmyndigheten.se/omraden/lcc/strategi/begransad-anvandning/>>
[Hentet 31. Mars 2019].
- Vägverket** (1999). Rönnebrant, Robert, Troive, Susanne. Förstudie till FoU-ramprosjekt. LCC-modeller (bro). Vägverket, avdelningen för bro och tunnel, Borlänge, 1999-10-04.
- Åberg, Rodney** (2013). Pedagogisk Forskning i Sverige 2001 årg 6, nr 4, ISSN 1401-6788. Publisert (2013-07-09).

Welde Morten og Odeck, James (2011). Do planers get it right? The accurancy of travel demand forecasting in Norway, EJTIR (European Journal of Transport and Infrastructure Research), Issue 11(1), pp. 80-95. ISSN:1567-7141.

Østfoldforskning, (2011), Kunnskapsplattform for beregning av klimabelastning fra bygg og byggematerialer – Litteraturstudie.

Vedlegg

Vedlegg 1 Definisjoner

Analyse	Analyse betyr nøyaktig undersøkelse av noe som er sammensatt av flere bestanddeler for å forklare et gitt problem eller en gitt utvikling, (SNL, 2015).
Diskonteringsrente	Et risikojustert avkastingskrav (rentekrav). Dvs. en risikofrie rent (her kalkulasjonsrenten) tillegges et risikopåslag som skal ta høyde for bla inflasjon.
Direktiv	Et direktiv er en type bindende unionsrettsakt som kan vedtas av EUs institusjoner. I motsetning til forskrifter blir bestemmelsene i et direktiv bare bindende for andre fysiske eller juridiske personer etter at det er gjennomført i nasjonal lovgivning
Fortolkning	Den mening en person finner i feks. en tekst, et kunstverk, et skuespill, en handling eller i et utsagn. (SNL, 2019)
IRI	Uttrykk for jevnhet i vegens lengderetning slik denne innvirker på kjørekomforten i et standardisert kjøretøy (personbil). IRI (International Roughness Index) uttrykkes normalt i mm/m. (Statens vegvesen, 2018a)
Kalkulasjonsrente	En risikofri rente som motsvarer avkastningen (rentekravet) som kan forventes av avkastning på statsobligasjoner i Statens pensjonskasse, fastsettes av Finansdepartementet.
Kontraktsgjenstand	Den produkten eller det resultatet entreprenøren skal produsere.
Konsumentoverskudd	Nytteoverskuddet for konsumenten som oppstår når den summen en person er villig til å betale for en viss mengde av et gode er større enn den sum han faktisk betaler, (SNL, 2014)
LCA	Livsløpsanalyse, en metode for å beregne miljøpåvirkningen på omgivelsene fra et produktsystem, for

	eksempel et vegprosjekt, under hele systemets livsløp. Ofte beregnes og måles klimagassutslipp (CO2-utslipp).
LCC	Fra eng. life-cycle cost. En sammenstilling av alle kostnader som genereres i hele levetiden for et prosjekt eller objekt
LCCA	LCC-analyse, fra eng. life-cycle cost-analysis.
Metodetriangulering	Bruk av to eller flere metoder for å belyse en problemstilling.
NVDB	Nasjonal veg data bank. Database for innsamling av objektdata knyttet til offentlige veger.
RAMS	
Reliabilitet	Reliabilitet brukes om konsistens eller stabilitet i målinger. Er en måling stabil ved gjentakelse under samme betingelser har målingen høy reliabilitet. Varierer en måling fra gang til gang under samme betingelser, er målet lite reliabelt. (SNL, 2018a)
Representativt utvalg	Et utvalg som er karakteristisk eller typisk.
Strategisk utvalg	Valg av (intervjupersoner) som har egenskaper eller kvalifikasjoner som er strategiske i forhold til problemstillingen, Thagaard, (2009).
Trafikantkostnader	RAMS (Reliability, availability, maintainability, safety) er et samlebegrep for et fagområde innen teknisk sikkerhet På norsk: Pålitelighet, Tilgjengelighet, Vedlikeholdstilpasning, Sikkerhet.
Upphandling	Svensk for anskaffelse.
Upphandlingsmyndigheten	Svensk myndighet underlagt Finansdepartementet. I Norge er ansvaret for Offentlige anskaffelser lagt til DiFi, underlagt Kommunal og moderniseringsdepartementet.
Validitet	Validitet, gyldighet; i hvilken grad man ut fra resultatene av et forsøk eller en studie kan trekke gyldige slutninger om det man har satt seg som formål å undersøke.
Vegelement/vegobjekt	Deler av en veg; vegdekke, vegoverbygning, bru, tunnel, drenering og vegutstyr.

ÅDT	Årsdøgnetrafikk – et gjennomsnitt av daglig trafikkmengde
-----	---