



Lønnsomhet av tiltak for klimatilpasning

Vurdering av kunnskapsgrunnlag

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 659



Tittel

Lønnsomhet av tiltak for klimatilpasning

Undertittel

Vurdering av kunnskapsgrunnlag

Forfatter

Øyvind N. Handberg, Menon Econ
Torbjørn Selseng, Vestlandsforskning m fl

Avdeling

Vegutforming

Seksjon

Klima og geofag

Prosjektnummer

L10254

Rapportnummer

Nr. 659

Prosjektleder

Gordana Petkovic

Godkjent av

Roald Aabøe

Emneord

Klimatilpasning, Klimarisiko, Kost-nytte

Sammendrag

Rapporten presenterer og drøfter hvilke kunnskaper Statens vegvesen har, og hvilken kunnskap som mangler, for å vurdere samfunnsøkonomisk lønnsomhet under klimarisiko. Klimaendringene vil påvirke vegvesenets kostnader for vedlikehold, reparasjoner og gjenoppbygging av deler av veinettet i Norge, og det vil påvirke trafikanter, beboere langs veinettet og andre. Å ikke vurdere disse virkningene gir et mangelfullt beslutningsgrunnlag og kan føre til suboptimal planlegging.

Title

Economic benefits of climate change adaptation measures

Subtitle

Assessing the knowledge base

Author

Øyvind N. Handberg, Menon Econ
Torbjørn Selseng, Vestlandsforsk. et al

Department

Road Design

Section

Geotechnics and Climate Adaptation

Project number

L10254

Report number

No. 659

Project manager

Gordana Petkovic

Approved by

Roald Aabøe

Key words

Climate change, Climate risk, Cost-benefit analysis

Summary

The report presents and discusses the existing and lacking knowledge base for dealing with socio-economic aspects of managing climate risk and adaptation to climate change in the NPRA. Climate change will affect the costs for maintenance of roads, repairs and reconstruction of road sections. It will affect road users, residents along the road network and others. Not considering these impacts means making decision on a deficient basis, which may lead to suboptimal planning.



NOTAT

KUNNSKAP OG KUNNSKAPSHULL FOR Å VURDERE LØNNSOMHET AV KLIMATILPASNINGSTILTAK I VEISEKTOREN



MENON-PUBLIKASJON NR. 36/2020

Av Øyvind N. Handberg, Torbjørn Selseng, Carlo Aall og Annegrete Bruvoll



Forord

På oppdrag for Statens vegvesen har Menon og Vestlandsforskning utarbeidet dette notatet som går gjennom problemstillinger, eksisterende kunnskap og kunnskapshull på veien mot å kunne gjøre lønnsomhetsvurderinger av tiltak under klimarisiko. Notatet er skrevet av Torbjørn Selseng, Carlo Aall og Øyvind N. Handberg. Annegrete Bruvoll har vært kvalitetssikrer.

Vi takker Statens vegvesen ved Gordana Petkovic for gode diskusjoner, nyttige innspill og et svært godt samarbeid.

Mars 2020
Øyvind N. Handberg
Prosjektleder

Innhold

SAMMENDRAG	3
1 INNLEDNING	5
2 KLIMARISIKO	6
2.1 Risiko = Konsekvens * sannsyn	7
2.2 Risk = vulnerability, exposure & hazards	7
2.3 Risiko = konsekvens & usikkerheit	8
2.4 Risiko = konsekvens * sannsyn (& diskusjon og dialog)	12
3 KLIMATILPASNINGSTILTAK	14
3.1 Fallgruver ved å nytta ein «smal» definisjon	15
3.2 Klimatilpassingstiltak i Vegvesenet	16
4 KUNNSKAPSHULL – KOSTNADER	18
4.1 Drift- og vedlikeholdskostnader	18
4.2 Reparasjon- og gjenoppbyggingskostnader	19
4.3 Indirekte kostnader	20
4.4 Tiltakskostnader	22
4.5 Overgangsrisiko	22
5 KUNNSKAPSHULL – METODIKK	24
5.1 Korleis ta omsyn til usikkerheit?	24
5.2 Systemgrenser og skala: startar og sluttar SVV sitt ansvarsområde på vegskulder?	26
5.3 Tiltaksanalyser – ulike tilnærmingar	28
6 VEGEN VIDARE	35
6.1 Det vide perspektivet	35
6.2 Det mellomvide perspektivet	36
6.3 Det mellomsmale perspektivet	37
6.4 Det smale perspektivet	38
REFERANSELISTE	39

Sammendrag

Dette notatet presenterer og drøfter hvilke kunnskaper Statens vegvesen har, og hvilken kunnskap som mangler, for å vurdere samfunnsøkonomisk lønnsomhet under klimarisiko. Klimaendringene vil påvirke vegvesenets kostnader for vedlikehold, reparasjoner og gjenoppbygging av deler av veinettet i Norge, og det vil påvirke trafikanter, beboere langs veinettet og andre. Å ikke vurdere disse virkningene gir et mangelfullt beslutningsgrunnlag og kan føre til suboptimal planlegging. Formålet med notatet er å drøfte relevante aspekter på veien til å kunne vurdere virkningene og bruke dette for å vurdere lønnsomhet og prioritere tiltak.

Begrepet «klimarisiko» er viktig i denne konteksten av to grunner: For det første, for å anslå lønnsomheten til et tiltak må en anslå effekten av tiltaket. For et klimatilpasningstiltak, avhenger effekten av tiltakets evne til å påvirke klimarisikoen. For det andre, er det manglende konsensus om begrepsdefinisjonen. Inspirert av blant annet Aven (2018), argumenterer vi for at «klimarisiko» bør fokusere på konsekvens og usikkerhet. Usikkerhet er sentralt i alle spørsmål knyttet til klimaendringer – klimaet endrer seg på komplekse og ikke-lineære måter. Usikkerheten rundt konsekvensene av klimaendringene kan grunne i manglende kunnskap, tilfeldig variasjon i de fysiske prosessene og samspillet mellom samfunn og klima.

Et annet sentralt begrep er «klimatilpasning», hvis definisjon kan påvirke hvilke tiltak som gjennomføres og hvordan de gjennomføres. Dersom Statens vegvesen, som sektor-etat, fokuserer utelukkende på naturskader på vei og tilhørende infrastruktur, vil tiltakene bære preg av det perspektivet. En slik «smal» definisjon av klimatilpasningstiltak kan i noen tilfeller føre til at sektorene gjør hverandre sårbare, for eksempel i arealspørsmål. En «smal» definisjon gjør også at en overser tiltak utenfor systemgrensene en vurderer («utenfor veiskulderen»). Dette kan være tiltak som kan gjennomføres mer effektivt eller rimeligere av andre aktører eller innen andre aktørers ansvarsområder. Vi viser til et eksempel fra flommen i Gudbrandsdalen hvor store kostnader ved både forebygging og gjenoppbygging kunne vært unngått ved målrettede tiltak på tvers av aktører og sektorer. Det mangler metoder for å fange opp og gjennomføre tiltak som krever sektorovergripende forståelse, men Naturfareforum er et eksempel på en arena hvor denne typen problemstillinger arbeides med.

Avhengig av systemgrense, peker vi på fem tema hvor det er nødvendig med (bedre) kostnadsanslag for å vurdere lønnsomheten i tiltak under klimarisiko. Vi viser til at det er særlig mangler for kostnader som påløper trafikanter og andre, som beboere langs vei (indirekte kostnader). Flere av disse kostnadene kan øke i relevans med klimaendringer, som nedbygging av dyrket mark, skog og andre naturressurser. Med økt omfang av og økt fokus på naturfare langs veinettet, kan det også vurderes om grad følelse av utrygghet blant trafikantene bør inn i vurderingene. Det er også mangler i kunnskapsgrunnlaget for anslag på drift- og vedlikeholdskostnader. Mer intens nedbør med økt belastning på asfalt, stikkrenner, grøfter og annen infrastruktur er særlig relevant å utforske nærmere og det er pågående arbeider for å forbedre anslagene. For tiltakskostnader og for reparasjon- og gjenoppbyggingskostnader eksisterer det erfaringstall. Det er imidlertid usikkert i hvilken grad disse erfaringstallene påvirkes av klimaendringene, f.eks. ved økt intensitet av naturfarehendelser. Bruk av erfaringstall er også mindre egnet for tiltak som i mindre grad er utprøvd, som for eksempel naturbaserte løsninger.

Framskrivninger av konsekvensene av klimaendringene vil alltid være heftet med usikkerhet, og en må forholde seg til denne usikkerheten, også i planlegging av investeringer og tiltak. Vi viser til tre overordnede strategier for å hensynte usikkerhet:

- 1. Førre-var-prinsippet og forsiktighet.** For klimatilpasning handler førre-var-prinsippet om å gjennomføre tiltak som styrker resiliens og robusthet. Dette skaper system og infrastruktur som tåler ulike former for endringer og stress, både kjente og ukjente, og har evna til å tilpasse seg disse underveis.

2. **Diskursiv håndtering.** Diskursiv håndtering går ut på å inkludere berørte parter, som eksempelvis private og offentlige aktører og representanter for sivilsamfunnet. Dette bidrar til forankring og til å skape en entydig forståelse av usikkerheten.
3. **Vente-og-se.** I enkelte tilfeller kan det være fornuftig å vente med å gjennomføre tiltak. Det gjelder særlig i tilfeller hvor de lokale ressursene er begrensede, og det mangler politisk vilje eller hvor det mangler relevante tiltak og virkemiddel.

Både innen klimatilpasningsfeltet og i andre sektorer har en planlagt investeringer og gjennomført tiltak under usikkerhet. Å benytte realopsjonsteori har vært diskutert og i noen grad benyttet for å vurdere offentlige investeringer i Norge. I en slik tilnærming regner en på verdien av fleksibilitet i investeringsprosjektet. Her vil en altså i større grad legge opp til og utnytte fleksibilitet for å tilpasse seg endrede forhold, for eksempel ved oppdatert kunnskap om risikoen for en gitt type hendelse. Dette kan eksempelvis kombineres med en tilpasningsplan («adaptation pathway») som vurderes og revideres fortløpende, supplert med nytte-kostnadsanalyser. Slike tilnærminger er i mindre grad undersøkt og brukt i Statens vegvesen.

På veien til å vurdere lønnsomheten av klimatilpasningstiltak vil det være relevant å først se arbeidet i et vidt perspektiv hvor en har en bevisst strategi for å håndtere usikkerhet og hvordan forholde seg til tilgrensende sektorer og ansvarsområder (systemgrenser). Å gjøre avklaringer i et slikt vidt perspektiv vil legge føringer for hvilke kunnskapshull som bør fylles og hvilken metodikk som benyttes for å gjøre kunnskapen om til beslutningsrelevante grunnlag for Statens vegvesen. Metodikken må ha som mål å komme fram til de mest lønnsomme tiltakene, der alle potensielle nyttevirksomheter vurderes i sammenheng. I tillegg til overnevnte avklaringer, må presisjon og fleksibilitet i verktøyet avstemmes mot gjennomførbarhet og konsistens med øvrige verktøy i transportsektoren før en kan bestemme seg for en metode og utvikle og implementere denne.

1 Innledning

Klimaendringene vil med all sannsynlighet medføre økte direkte kostnader for vedlikehold, reparasjoner og gjenoppbygging av deler av veinettet i Norge, samt økte kostnader for trafikanter og andre. Det vil også kunne påløpe mulige kostnader for klimatilpasningstiltak, rettet mot å redusere disse kostnadene.

Kunnskapsgrunnlaget for å vurdere hvordan klimaendringer vil påvirke disse kostnadene er mangelfullt. Det mangler også verktøy for å kunne operasjonalisere og avveie kostnadene. Slike verktøy er nødvendige for å vurdere lønnsomheten i potensielle klimatilpasningstiltak og eventuelt prioritere tiltakene.

Dette notatet presenterer og drøfter hvilke kunnskaper Statens vegvesen har, samt hvilke behov en har, for å gjennomføre tiltaksanalyser der klimaendringene er ivaretatt. Notatet er strukturert som følger: Kapittel 2 drøfter klimarisiko og gir en forståelse for hva vi står overfor og dermed hvilke utfordringer vi bør møte. Kapittel 3 drøfter mulige klimatilpasningstiltak for å møte disse utfordringene. I disse to innledende kapitlene åpner vi opp for en bred forståelse av veisektoren og mulige tiltak som kan iverksettes, også utenfor Statens vegvesens mandat. Kapittel 4 oppsummerer relevant kunnskap og kunnskapshull innen fire ulike kostnadstyper: drift- og vedlikeholdskostnader, reparasjon- og gjenoppbyggingskostnader, indirekte kostnader og tiltakskostnader. Til slutt i kapitlet drøftes potensielle kostnader knyttet til overgangsrisiko. Kapittel 5 drøfter tilnærminger og manglende metoder for å gjøre kunnskapen om til beslutningsrelevante grunnlag for Statens vegvesen. Til slutt drøfter kapittel 6 mulige veier videre, altså hvilke avklaringer rundt tilnærming, kunnskapshull og videreutvikling av metoder som kan være fordelaktig å prioritere, samt hvordan en kan strukturere dette.

2 Klimarisiko

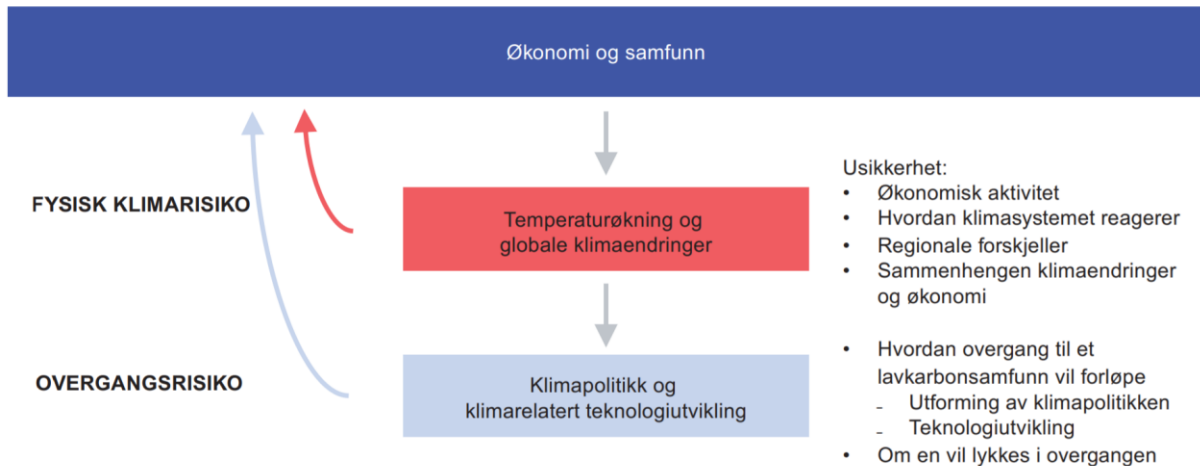
Det er ønskeleg å starta med å definera og diskutera omgrepet klimarisiko. Det er i hovudsak to grunnar til det: Den eine grunnen er at når ein skal vurdera effekten av eit tiltak, herunder lønsamheita, er det, på eit grunnleggande plan, nødvendig å ha ei forståing av kor stor effekt tiltaket kan ha på risikoen (Aven 2018). Klimarisiko er her forstått som hendingar eller utvikling som gir avvik¹ frå eit tenkt forløp, heilt eller delvis grunna klimaendringar. Ideelt sett bør difor alle utrekningar knytt til lønsamheita av klimatilpassingstiltak i vegsektoren innehalde ei vurdering av korleis tiltaket, eller fråværet av tiltak, vil påverka klimarisikoen. Den andre grunnen er at klimarisiko vert operasjonalisert på ulike måtar i litteraturen. Nokre av desse godt etablerte risikometodikkane manglar essensielle element for å vera nyttige hjelpemiddel når ein skal forstå og analysa risiko knytt til klimaendringar (Aven 2018). Difor er det ønskeleg å starta dette notatet med å diskutera og oppklara kva som skil dei ulike forståingane av klimarisiko frå kvarandre.

Som eit overbygg for klimarisikoomgrepet, er det nyttig å ta utgangspunkt i Klimarisikoutvalet (NOU 2018: 17), vist i Figur 2.1, som skil mellom overgangsrisiko og fysisk klimarisiko. Den *fysiske klimarisikoen* omfattar auka ekstremvêr og akutte naturskadehendingar som gjer skade på infrastruktur, eller gradvise kroniske endringar som havnivåstiging og rote. *Overgangsrisikoen* omfattar korleis overgangen til eit lågutsleppssamfunn kan påverka sektoren, og er knytt til politiske, teknologiske og marknadsstyrte mekanismar som endrar føresetnadane undervegs. Eit relevant referansepunkt for overgangsrisiko er utviklingsbana som fører til at Noreg oppnår måla i Parisavtalen. Det finst mange forskjellige utsleppsbaner som i prinsippet kan føra til måloppnåing, samtidig som det er fullt mogeleg at me ikkje når målet i det heile. Risiko, eller avvik, knytt til målet, kan både vera at vegen mot målet vert avgjerande annleis enn det ulike aktørar legg til grunn, eller at me ikkje når det. Til dømes kan endringar i klimapolitikken føra til endra rammevilkår for private verksemder og individ, som igjen endrar bruken av transportinfrastruktur, eller marknaden kan gjera det på eige initiativ gjennom tilbod- og etterspurnadsmekanismar. Teknologiske framsteg som bidreg til omstilling til ein lågutsleppsøkonomi som vil kunna ha stor innverknad på mobilitet, og utvikling av batteriteknologi og autonome transportmiddel kan endra eksisterande transportmønster. I tillegg kan investeringar i ny teknologi, og utprøving av ny teknologi, som ikkje viser seg å vera vellykka, og kostnader knytt til overgangen òg utgjera ein risiko. Både overgangsrisiko og fysisk risiko kan ramma primært i andre land, men likevel utgjera ein risiko i Noreg gjennom til dømes verdikjeder, handel, konflikhtar og migrasjon. Dette vert gjerne kalla grenseoverskridande risiko.

I tillegg til overgangsrisiko og fysisk risiko, er *ansvarsrisiko* eit tredje element som kan påverka både privat næringsliv, offentleg forvaltning og hushaldingar. Ansvarsrisiko er knytt til ansvarsfordelinga av dei potensielle konsekvensane av klimaendringar. Til dømes kan søksmål retta mot karbonintensiv verksemd eller forvaltingsorgan som ikkje klarar å gjennomføra tilstrekkeleg klimatilpassing bli meir vanleg i framtida.

¹ Avvika kan gå i både positiv og negativ retning. I dette notatet fokuserer me på negative avvik ettersom Statens Vegvesen sitt oppdrag først og fremst handlar om å ta omsyn til desse.

Figur 2.1 Klimarisiko - sentral samanhengar. Henta frå NOU (2018: 17, s. 16)



2.1 Risiko = Konsekvens * sannsyn

Risikoomgrepet har, som nemnt, ulike tydingar i litteraturen. Kva klimarisiko er meir grunnleggjande, kjem difor an på kva kjelde ein nyttar. I dei enklaste definisjonane av omgrepet er klimarisiko forstått som konsekvens gonger sannsyn i framtida gitt ei forventta endring i klimaet innanfor ein gitt tidshorisont (Bles mfl. 2015). Altso, kva er konsekvensen *dersom* ei hending inntreff innanfor ei gitt tidsramme i framtida, og kva er sannsynet for *at* hendinga inntreff innanfor denne tidsramma. Til dømes, kor mykje og kva type skade vil hendinga føra til, og kor ofte kjem det til å skje? For å anslå effekten av eit tiltak, gjer ein sidan ei vurdering av kor mykje tiltaket reduserer konsekvensen og/eller sannsynet i framtida. Har ein gode anslag på desse to eigenskapane, kan ein samanlikna det med konsekvensen og sannsynet i dag, og dermed få eit anslag på kor mykje risikoen endrar seg i framtida med og utan eit tiltak.

Konsekvensen og sannsynet knytt til ei hending som skjer i dagens klima kan byggje på observasjonar, i alle fall til ein viss grad. Men framtida er ikkje like enkel. På den eine sida er forma, tempoet og fordelinga av klimaendringane, og dei globale og lokale konsekvensane, uråd å slå nøyaktig fast. På den andre sida er ikkje klimaet aleine om å endra seg i framtida. Samfunnet endrar seg samstundes, og endringa i samfunnet har påverknadskraft på klimaendringane og omvendt.

Det er difor naturleg å starta med FNs klimapanel sin definisjon av klimarisiko, som tek for seg begge desse dimensjonane.

2.2 Risk = vulnerability, exposure & hazards

FNs klimapanel sitt omgrepsapparat for risikovurdering av konsekvensar av klimaendringar kjem frå klimapanelet sin spesialrapport om klimatilpassing (Field mfl. 2012), og har danna grunnlaget for forståinga av den fysiske klimarisikoen i FNs klimapanel sin femte hovudrapport (Field mfl. 2014), vist i Figur 2.2. Dei skildrar risiko som ein funksjon av *vulnerability*, *exposure* og *hazards* (me nyttar her dei engelske omgrepa ettersom deira norske omsetjingar kan føra til noko avvikande forståing).

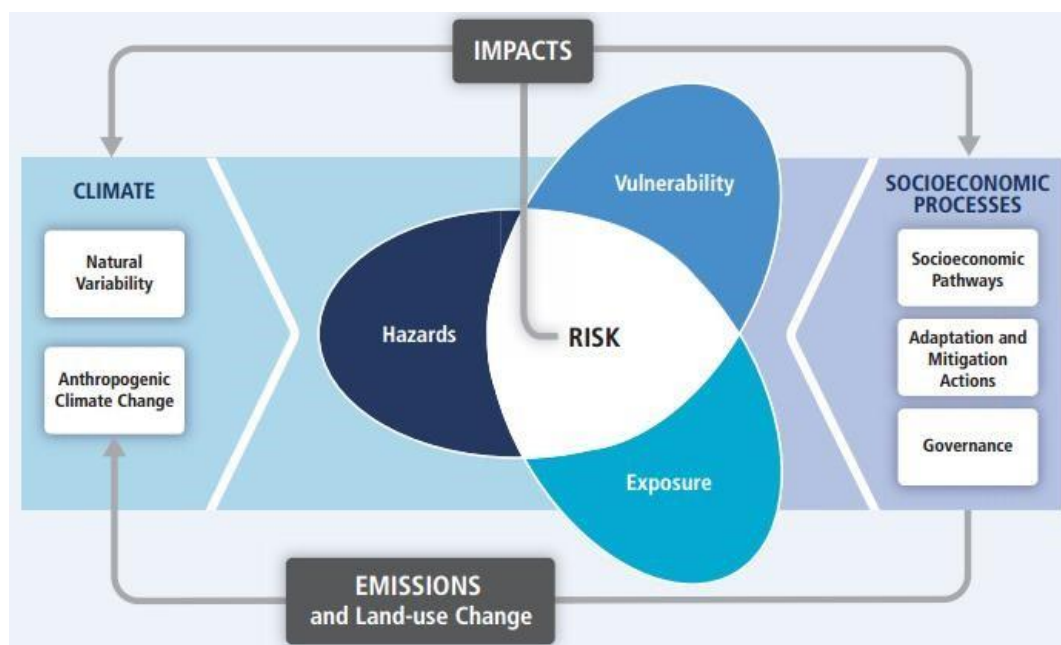
Vulnerability er knytt til systemet, til dømes infrastrukturen, eller samfunnet sin tilbøyelegheit til å oppleve ein negativ påverknad frå truslane. *Vulnerability* er eit resultat av veldig mange faktorar, men som regel knytt til dei sosioøkonomiske prosessane som føregår og korleis samfunnet har konstruert, eller held fram med å konstruera sårbarheit, enten gjennom å bygga eller organisera seg sårbare, eller å lata vera, eller ha manglande evne til å

tilpassa seg til eit ytre stress. Denne definisjonen skil seg frå definisjonen i FNs klimapanel sin fjerde hovudrapport, der vulnerability er ein funksjon av «exposure, sensitivity and adaptive capacity», og der vulnerability i mykje større grad tek for seg den klimaskapte sårbarheita enn den samfunnsskapte (Parry mfl. 2007).

Exposure er knytt til innhaldet av element i det området ein trussel inntreff. Dersom eit steinskred treff ein stad der det er verken folk eller infrastruktur, vil risikoen for skade på folk og infrastruktur vera ikkje-eksisterande. I analysar av transportinfrastruktur er sjølve eininga for analysen og eksistensen av transportinfrastruktur ein føresetnad. Likevel kan eksponeringa variera. Eit døme er bruken av vegen og talet på trafikantar, som truleg vil endre seg i løpet av vegen si levetid.

Hazards referer til mogelege, framtidige hendingar, som følgje av klimaendringane, som kan ha uheldig påverknad på dei eksponerte elementa. Klimaendringane har ei direkte innverknad på sannsynet for at desse hendingane oppstår, og konsekvensane.

Figur 2.2 FNs klimapanel sitt rammeverk for klimarisiko (Field mfl. 2014, s. 3)



2.3 Risiko = konsekvens & usikkerheit

For alle dei tre elementa som til saman utgjer klimarisiko i FNs klimapanel sin definisjon, er det knytt ibuande usikkerheit ettersom klimaendringane og samfunnsendringane ligg i framtida. IPCC handterer graden av usikkerheit ved å uttrykke dei med sannsyn og med «level of confidence». Det eine problemet, ifølgje Aven (Aven 2018) er at det manglar ein definisjon av sannsynsogrepet, noko som er heilt nødvendig for å bruka det og kommunisera kva det betyr. For det andre, blir sannsyn og «level of confidence» ikkje brukt i lag, til dømes «The threshold for the loss of the Greenland ice sheet over a millennium or more, and an associated sea level rise of up to 7 m, is greater than about 1°C (low confidence) but less than about 4°C (medium confidence) of global warming with respect to pre-industrial temperatures.». Som Aven (Aven 2018) peikar på kan utsagnet lesast som at det er liten tillit til at det er sant: «Hva betyr det? Tror man på utsagnet i det hele tatt? Hvorfor fremsettes påstanden?» Problemet her er at påstanden ikkje står saman med sannsynet for at påstanden er sann.

Aven (Aven 2018) er difor oppteken av at risiko må ta utgangspunkt i konsekvens og usikkerheit. Ei skildring av risikoen for ei hending eller effekt, ifølge han, må spesifisera konsekvensane «som risikofaktor/-kilder, hendelser og effekter», og usikkerheita knytt til om hendinga oppstår. Usikkerheita vert ofte feilaktig kommunisert som eit intervall i sannsyn, slik som i dei enklaste definisjonane av risikoomgrepet. Ein kan til dømes seia at det er >10 prosent eller 5-15 prosent sannsyn for at hending A vil inntreffa. Men sjølv om ein brukar intervall til å uttrykka sannsynet, vert likevel ikkje usikkerheita reflektert. Det er i staden berre eit uttrykk for manglande presisjon (Aven 2018).

For at usikkerheita skal bli reflektert må både sannsynet og kunnskapen det byggjer på, samt styrken på denne kunnskapen, uttrykkast. Dette er forståinga klimarisikoutvalet òg legg til grunn (NOU 2018: 17). Aven (Aven 2018) brukar formelen $P(A|K)$ for å uttrykka sannsynet (P) for at ei hending (A) oppstår gitt den kunnskapen (K) sannsynet byggjer på. Brukar ein sannsyn for å uttrykka usikkerheit, må ein dermed alltid leggja til kva kunnskapsgrunnlag den byggjer på. For å uttrykka kor god bakgrunnskunnskapen er, føreslår Aven (Aven 2018) å stilla ei rekke sentrale spørsmål: «

- Hvilke data er lagt til grunn? Hvor gode er de?
- Hvilke forutsetninger er lagt til grunn? Hvor realistiske er de?
- Hvilke ekspertvurderinger er gjort? Hvor gode er de? Er ekspertene enige? Foreligger det motforestillinger? I hvilken grad kommer ekspertene fra ulike 'skoler'?
- Hvor god fenomenforståelse har en?
- Hvor gode er de modeller som brukes?
- Hvor nøye har en gransket godheten av de vurderinger som har vært gjort?» (Aven 2018)

Ein siste dimensjon som trengs for å uttrykka usikkerheit, er overraskingar eller «sorte svaner» (Aven 2014). Svarte svanar er ekstreme hendingar eller effektar som oppstår på tross av etablert kunnskap og tilgjengeleg informasjon, og vil koma som ei overrasking relatert til vår kunnskap. Å skildra risikoen knytt til svarte svanar let seg per definisjon ikkje gjera, og nettopp difor er det nødvendig å vera klar over at dei finst (Aven 2018).

Ein får dermed tre nivå som krevst for å uttrykka usikkerheit i ei risikoskildring, som vist i Figur 2.3.

Figur 2.3 Dei tre hovudpillarane for å uttrykka usikkerheit (Aven 2018, s. 148)



På same måte som Aven (2018) er oppteken av å «diagnostisera» bakgrunnskunnskapen, forsøker Aall (Aall 2011a) å differensiera usikkerheita for å lokalisera kor og kva type bakgrunnskunnskap som manglar, for dermed å gjer e det enklare for kommunar å forstå og i neste omgang handtera usikkerheit i arbeidet med klimatilpassing. Aalls inngang til handteringa av usikkerheit knytt til klimarisiko, er at «det er viktig å ha klart for seg at det er knyttet stor usikkerheit til feltet; samtidig er det viktig å ikke bli handlingslammet ut frå en oppfatning av at 'alt' er usikkert» (Aall 2011a). Vidare byggjer typologien under på ei forståing av at det er like viktig å analysere samfunnsendringar som klimaendringar for å forstå klimarisiko. Over har vi diskutert spørsmålet om korleis me kan analysere risiko ut frå endringar av ein *ekstern* – i høve samfunnet – påverknad, altså 'klimaendringar'. Ei alternativ tilnærming – eller kanskje heller ei supplerande tilnærming – er å analysere korleis endringar *internt* i samfunnet kan produsere risiko; ei tilnærming som er fanga opp i omgrepet «risk society» (Beck, 1992).

Aall (Aall 2011a) byggjer på to studiar (Walker mfl. 2003; Mehta mfl. 2001) og føreslår ein typologi med to dimensjonar, der den første aksens gjeld *lokalisering* av usikkerheit, det vil seie kor i tre ulike delsystem usikkerheita oppstår:

- Klima. Korleis klimaet responderer på ei endring eller forårsakar endringar.
- Natur. Korleis til dømes økosystema responderer på ei endring eller forårsakar endringar.
- Samfunn. Korleis dei menneskeskapte systema responderer på ei endring eller forårsakar endringar.

Den første av dei tre delsystema er dekkja av den tradisjonelle klimaforskinga, medan den andre er dekkja av det som ofte vert kalla 'impact-forsking'. I begge tilfelle er forskinga dekkja av naturvitskaplege forskningstradisjonar. Det tredje delsystemet er dekkja av samfunnsforskinga, der ulike tilnærmingar til scenarieforsking er eit viktig tilfang. I prosjektet «Storm, skred, flom og oljeutslipp - ansvar, myndighet, roller og finansiering av sikringstiltak og skadeforebyggende arbeid» for KS i 2008 blei det utvikla ein metode for å analysere korleis samfunnsutviklinga lokalt kan påverke lokalsamfunnet si eksponering for negative verknader av klimaendringar (Selstad 2008). Metoden peikte på fem samfunnsdrivarar som avgjerande: Befolkningsutvikling (storleik og samansetnad); Næringsutvikling (tal arbeidsplassar, type næringar og måten næringane blir utøvd på); Fysisk infrastruktur (type, utforming, omfang, vedlikehald); Mobilitet (omfang og fordeling på transportmiddel); og Mentalitet (dominerande verdiar og tenkemåtar som styrer handlingane lokalt). Basert på den omfattande forskinga det siste tiåret på faktorar som er avgjerande for lokal klimatilpassing er det truleg rett å inkludere ein sjettede faktor: Institusjonell kapasitet (t.d. stillingsressursar, kompetanse, kunnskapsperspektiv, rutinar, økonomiske ressursar).

I tillegg til desse generelle trekk ved samfunnsutviklinga inneheld modellen to eksterne faktorar: Strategiske handlingar (t.d. eit vedtak i Stortinget om å avvikle olje- og gassnæringa) og kritiske hendingar (t.d. ei stor naturskadehending). Til det siste, så er det dokumentert i fleire studie at det ofte er først etter at eit lokalsamfunn har opplevd ei større naturskadehending at arbeidet med klimatilpassing vert starta, sjølv om ein lokalt har visst om risikoen, m.a. i ei analyse av oktoberflaumen på Vestlandet i 2014 gjort for NVE, Jernbaneverket og Statens vegvesen (Dannevig mfl. 2016).

Den andre aksen i den føreslegne typologien for å analysere klimausikkerheit dreiar seg om *typen* usikkerheit som legg meir vekt på den kvalitative enn den kvantitative skilnaden i usikkerheit:

- Grunnleggande usikkerheit. Dette gjeld tilfelle der ein ikkje kjenner til dei grunnleggande årsaksforholda som er i spel. Dette kan vera usikkerheiter knytt til forhold som manglar grunnleggande kunnskap, eller som er styrt av meir eller mindre reine tilfeldigheit.
- Modellusikkerheit. Dette gjeld tilfelle der me kjenner til årsaksforholda, men ikkje har gode nok modellar til å fanga dei opp på ein tilfredsstillande måte.
- Skalausikkerheit. Dette gjeld tilfelle der den grunnleggande kunnskapen og modellane er tilfredsstillande på eitt skalanivå, men ikkje på eit anna.
- Datausikkerheit. Dette gjeld tilfelle der med manglar gode nok lokale data eller god nok forståing av dei lokale dataa til å gjennomføra tilfredsstillande nedskrivningar.

Klimarisikoutvalet (NOU 2018: 17) skil i staden mellom to typar usikkerheit:

- Epistemisk usikkerheit. Dette er knytt til kunnskapsgrunnlaget for ei analyse eller vurdering. Den epistemiske usikkerheita kan skuldast til dømes lite relevante data eller manglande forståing av årsakssamanhengar
- Stokastisk usikkerheit. Dette er knytt til tilfeldig variasjon, og kan skildrast ved hjelp av sannsynsmodellar og mål som varians og standardavvik.

Trass i at både Aall (Aall 2011a), Aven (2018) og Klimarisikoutvalet (NOU 2018:17) lanserer metodar for å fastslå, og dermed potensielt redusera, usikkerheit, understrekar alle tre bidraga at usikkerheita knytt til klimarisiko i mange tilfelle vil vera so vesentleg at ein vert nøydd til å ta avgjersler under, og på tross av, usikkerheit ettersom konsekvensane er altfor store til å venta med avgjerslene. Schneider og Kuntz-Deriseti (2002) peikar på to hovudstrategiar for korleis samfunnet kan handtera klimausikkerheit:

1. Samfunnet må redusera usikkerheita til eit nivå som gjer det mogeleg å velja relevante og effektive tiltak (òg kalla 'predict-then-act' tilnærminga til klimatilpassing)
2. Samfunnet må gjennomføre klimatiltak også i situasjonar med stor usikkerheit.

Aven (2016) på sin side viser til tre hovudstrategiar for handtering av risiko, der særskilt punkt 2 og 3 er relevant når usikkerheita er stor.

1. Risikoinformert handtering. Risikovurderingar og andre former for analysar, som kost-nytteanalysar, blir brukt for å informera avgjerdstakarar om korleis og kor mykje eit tiltak kan redusera risiko og utgjera ei innsparing på lang sikt.
2. Føre-var og forsiktighet. Anvendning av føre-var-prinsippet, som uttrykker at vitskapelege usikkerheitar ikkje skal stå i vegen for handling dersom konsekvensane ved å ikkje handla er store. Prinsippet står sentralt i global og nasjonal utsleppspolitik. For klimatilpassingsfeltet handlar det om å bygga

robustheit og resiliens, nemleg system og infrastruktur som toler ulike former for endringar og stress, både kjente og ukjente, og har evna til å tilpasse seg desse undervegs.

3. Diskursiv handtering. Dialog og deltaking, der ein inkluderer berørte partar og forsøker å bygga truverd og tillit, og redusere usikkerheit og tvitydigheit.

I dei fleste tilfelle, skriv Aven (2016), er ein kombinasjon av dei tre strategiane å føretrekka. Når usikkerheitene er særskilt store kan «adaptiv risikostyring» vera nødvendig, der ulike «beslutningsalternativer vurderes, en velges og observasjoner gjøres, læring oppnås og justeringer og tilpasninger foretas» (Aven 2018).

Klimarisikoutvalet (NOU 2018:17) har òg lansert retningslinjer for å handtera klimarisiko gjennom akronymet BRARISK: «

- **Bredde:** Bruk en helhetlig prosess i analyser av trusler, muligheter og risikofaktorer
- **Rammeverk:** Se klimarisiko i sammenheng med andre risikoer og risikorammeverk
- **Appetitt:** Ønsket risikonivå må bygge på en bred vurdering av nytte, kostnader og tåleevne
- **Robusthet:** Legg vekt på robusthet i tråd med forsiktighets- og føre var-prinsippene
- **Insentiver:** Klare sammenhenger bør etableres mellom beslutninger og konsekvenser
- **Standardisering:** Risikovurderinger bør utføres mest mulig likt på tvers av ulike områder
- **Kommunikasjon:** Risikohåndteringen bør bygge på samarbeid, informasjonsdeling og åpenhet» (NOU 2018: 17)

Dei legg òg særskilt vekt på bruken av scenario i risikoanalyse og -styring. Ettersom usikkerheita er omfattande i mange ledd og tidsavstanden mellom utslepp og konsekvensar er vesentleg, vert det ofte ikkje mogeleg å talfeste verknaden av klimaendringane ved hjelp av modellering. «Scenarioanalyser er derfor nødvendige for å gi et rikere bilde av usikkerheten» (NOU 2018: 17). Klimarisikoutvalet føreslår tre stiliserte scenario:

1. «Vellykket klimapolitikk: Dette scenarioet har en vellykket klimapolitikk som gir en rask omstilling mot lavutslippssamfunnet. Ingen vesentlige selvforsterkende mekanismer i klimasystemet utløses, slik at klimaendringene er moderate og de økonomiske konsekvensene på verdensbasis relativt små. Overgangen til et lavutslippssamfunn kan imidlertid by på utfordringer for ulike aktører.
2. Sen omstilling: I scenario 2 finner det sted en sen innstramming av klimapolitikken – etter en periode med ytterligere oppvarming. Samtidig er vi «heldige» – og ingen selvforsterkende mekanismer i klimasystemet utløses. Klimaendringene og de økonomiske konsekvensene blir vesentlig større enn i scenario 1. Risikoen øker for at norsk økonomi rammes indirekte gjennom klimaendringer i andre land som følge av økt konfliktnivå, svekkelse av internasjonalt samarbeid og endringer i globale migrasjonsmønstre. I tillegg vil senere og kraftigere innstramming i virkemiddelbruken øke risikoen for finansiell ustabilitet.
3. Dramatiske klimaendringer. Dette er et scenario med politisk svikt og/eller at selvforsterkende mekanismer i klimasystemet utløses. Det gir lite mening å talfeste økonomiske konsekvenser av slike katastrofale klimaendringer. Råd om risikohåndtering vil i mindre grad være til nytte, og det relevante tiltaket er kun en virkningsfull klimapolitikk som reduserer sannsynligheten for å havne i scenario 3.» (NOU 2018: 17)

2.4 Risiko = konsekvens * sannsyn (& diskusjon og dialog)

Slik Aven (2016) peikar på i sine tre hovudstrategiar for risikohandtering, er det nødvendig med dialog og deltaking for å handtera risiko på ein gode måte i mange tilfelle. Det enkelte metodar for risikoanalyse difor gjer,

er å produsera analysen ilag med fagfolk, ekspertar og brukarar, og på den måten forsøka å ta implisitt omsyn til usikre variablar gjennom deltakarane sine subjektive vurderingar. QuickScan (Bles mfl. 2015) er eit eksempel på dette. Det er ei sokalla kvasi-kvantitativ analyse av klimarisiko, der fagfolk som kjenner typografi, landskap, infrastruktur, vegbygging, klima, beredskap og naturfarer kjem saman for å gjera vurderingar om korleis klimaet kan påverka risikoen for vêrrelaterte hendingar i framtida innanfor eit rammeverk som produserer kvantitative utdata for endringa i risiko. Selseng mfl. (2019) har testa analyseverktøyet i Noreg for Statens Vegvesen, og konkluderer med at det har innebygd avgrensa validitet ettersom det tek utgangspunkt i den tradisjonelle konsekvens gonger sannsyn-definisjonen av risiko og dermed manglar både samfunnsendringar og usikkerheit. Men desse avgrensingane vert likevel noko forminska av at verktøyet nyttar «kvalitative ekspertvurderingar som hovudinput og dermed eit potensial for å inkludera eit nesten uavgrensa sett med variablar gjennom kvar enkelt deltakarar si eiga vurdering» (Selseng mfl. 2019). Desse implisitt inkluderte variablane er likevel ikkje råd å etterprøva eller måla kvaliteten av, noko som gjer QuickScan først og fremst egna som eit verktøy for å gjera initielle kartleggingar av potensiell risiko.

3 Klimatilpassingstiltak

Som me nemner i førre i kapittel vil eit klimatilpassingstiltak, på eit grunnleggande plan, vera tiltak som reduserer klimarisikoen. Dersom usikkerheita er for stor til å kunne gi eit godt risikovurderingsgrunnlag, vil tiltak som reduserer sårbarheit og aukar resiliens mot konsekvensar av klimaendringar vera relevante tiltak. Motivet for å gjennomføra tiltaket treng likevel ikkje å vera knytt til klimarisiko eller -sårbarheit direkte, men kan like gjerne vera å halda langsiktige kostnader nede ved å unngå slitasje og forkorta levetid som følgje av klimaendringar. Eit tiltak treng ikkje vera eit fysisk inngrep i eller rundt infrastrukturen. Det kan like gjerne vera innhenting og forbetring av informasjon, nye rutinar og strengare beredskap.

Ein modell utvikla for KS i 2011, i prosjektet «Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur» (Aall 2011b) tar utgangspunkt i tilrådingane frå NOU 2010 om klimatilpassing – at inngangen til å tilpasse samfunnet til morgondagens klima er (først) å tilpasse til dagens klimasisuasjon. Modellen skil vidare mellom å førebu til tilpassing og faktisk tilpasse, og opererer difor med fire hovudgrupper - og innanfor dette – ni generiske kategoriar av klimatilpassing (sjå tabellen under).

Tabell 3.1 Hovudkategoriar av klimatilpassingstiltak (Aall 2011b, s. 16)

	Tilpassing til <u>dagens</u> klima	Tilpassing til <u>morgondagens</u> klima
Førebuing til tilpassing	<ul style="list-style-type: none">• Styrke institusjonell kapasitet• Analysere klimarisiko	<ul style="list-style-type: none">• Styrke institusjonell kapasitet• Analysere klimarisiko• Informere om klimarisiko• Vente-og-sjå
Faktisk tilpassing	<ul style="list-style-type: none">• Styrke vedlikehald av infrastruktur	<ul style="list-style-type: none">• Effektinnretta tiltak• Årsaksinnretta tiltak

I kapittelet over har vi omtalt ulike sider ved klimarisiko, så vi nemner ikkje meir om det å analysere eller kommunisere klimarisiko. Vidare avgrensar vi oss til å omtale tilpassing til morgondagens klima.

Styrking av den *institusjonelle kapasiteten* kan vere ein naudsynt føresetnad for å gjere aktive tilpassingstiltak, og kan skje på ulike område:

- Politisk nivå, dvs. styrke kompetanse og kapasitet hos dei folkevalde institusjonane som skal gjere vedtak om klimatilpassing
- Administrativt nivå, dvs. styrke kompetanse og kapasitet hos dei administrative institusjonane som skal førebu og gjennomføre vedtak om klimatilpassing
- Prosedyrar og rutinar, t.d. innarbeide krav om å vurdere overvasshandtering ved oppstart – ikkje slutt punktet – i arealplansaker
- Kunnskapsperspektiv, t.d. ta inn alternative metodar for overflatebehandling av vatn

Det kan vere fleire grunnar til å argumentere for ein «*vente-og-sjå*» tilnærming til det å gjennomføre faktiske tilpassingstiltak:

- Ved grunnleggjande mangel på kunnskap, t.d. om korleis klimaendringar kan påverke vindsituasjonen lokalt.

- Ved grunnleggjande mangel på ressursar lokalt, t.d. manglande statlege løyvingar til sikringstiltak mot flaum (men ein slik argumentasjon kan også vere eit uttrykk for manglande vilje til politisk prioritering).
- Ved mangel på verkemiddel, t.d. å innarbeide omsyn til nye formar for skred- og flaumfarar i allereie etablert fysisk infrastruktur med gjeldande reguleringsplan.
- Ved forventningar om lovendingar eller endra retningslinjer, t.d. prosessane som har vore dei siste åra om det vil bli innført forbod mot grøfting av myr.

Når det gjeld den *faktiske klimatilpassinga* skil vi mellom effekt- og årsaksinnretta tiltak, og mellom operasjonelle og strategiske tiltak. Dei operasjonelle tiltaka gjeld i hovudsak fysiske tiltak med direkte økonomiske konsekvensar, medan strategiske tiltak omfattar ulike formar for reguleringar, som t.d. juridisk bindande formar for arealplanlegging eller innføring av avgifter. Effektinnretta tiltak prøver å redusere den negative effekten av klimarelaterte hendingar, t.d. installere vatningsanlegg til vern mot tørke eller skredvollar til vern mot skred. Årsaksinnretta tiltak prøver å hindre at negative effektar av klimaendringar oppstår. Den grunnleggjande årsaksinnrettinga er sjølvstøtt å redusere utslepp av klimagassar, men i denne samanhengen – som gjeld klimatilpassing - er det tiltak som søker å redusere sårbarheita, t.d. styre utbyggingsmønsteret vekk frå flaumutsette område.

3.1 Fallgruver ved å nytta ein «smal» definisjon

Kva som er eit fornuftig tiltak for å redusera klimarisiko kjem an på kva skala ein nyttar og systemgrense ein legg til grunn. Legg ein Statens Vegvesen sitt mandat til grunn vert klimatilpassingstiltak naturleg avgrensa til transportinfrastrukturen og behovet for at den skal vera trygg og open. Sameleis vil ei slik avgrensing føra til at truslar og tiltak blir vurderte i lys av den potensielle risikoen eller nytten det måtte ha for oppgåvene Statens vegvesen skal løysa. I dette notatet fokuserer me mest på den «smale» definisjonen av klimatilpassingstiltak, altså forstått innanfor vegvesenet sitt mandat. Det er difor naudsynt å nemna korleis ein «smal» definisjon avgrensar vurderingane og avgjerslene som vert tekne, noko som potensielt kan føra til negative ringverknader og kostbare unødvendige investeringar:

Tek ein utgangspunkt i ein «smal» definisjon kan ein gå glipp av tiltak som har synergieffektar for andre sektorar og aktørar, og ein kan enda opp med å gjera tiltak som forverrar situasjonen for andre. Eit klimatilpassingstiltak i éin sektor kan nemleg fungere som det motsette i ein annan dersom sektoren berre legg sine egne behov og problem til grunn. Vegbygging kan vera kimen til ein slik konflikt mellom sektorar. Dersom vegvesenet tek ei avgjersle om å flytta eller byggja ein ny veg for å redusera risikoen for naturfare eller andre konsekvensar av klimaendringar, fører det til nedbygging av areal der den nye vegen skal leggjast. I mange tilfelle vil landbruksareal vera mest hensiktsmessig dersom anna areal er utbygd². Det innanlandske landbruksarealet er, på si side, ein føresetnad for å sikra matvaretryggleik i framtida ettersom klimaendringar truleg fører til ei svekking av den globale produksjonskapasiteten og dermed Noregs moglegheit til å importera mat (Prytz mfl. 2018). På den måten kan ein ny veg som vert bygd på bakgrunn av ei sektorvis klimarisiko- og samfunnsøkonomisk lønsomheitsvurdering føra til det norske samfunnet samla sett vert meir sårbart for klimaendringar og det samfunnsøkonomiske reknestykket snudd på hovudet.

Eit anna døme på potensielle fallgruver ved å nytta ein «smal» definisjon av klimatilpassingstiltak er at systemgrensene ein set i risikoanalysen raskt vert avgrensa slik at ein overser eller går glipp av effektive og billige

² <https://www.nrk.no/sognoqfjordane/denne-ordforaren-vil-ha-smalare-europaveg-1.14701111>.

tiltak. I rapporten «Føre-var, etter-snar, på-stedet-hvil?» (Aall mfl. 2015), ser forskarane på seks spesifikke case i Gudbrandsdalen som vart skada av flaumhendingsar i 2013 og 2014 og sidan gjenoppbygde av Statens Vegvesen og Jernbaneverket. I alle case går dei so langt oppstraums som råd for å sjå kor vatnet først byrja å skapa problem. Ved å studera både kommunale og private vegar og areal, i tillegg til transportinfrastrukturen, finn dei ut at dei kostbare skadane på jernbane og veg kunne vore unngått ved hjelp av ørsmå investeringar og målretta vedlikehald lenger oppstraums. Sameleis, dersom skadane skulle vore førebygd nedstraums, altso ved å sikra transportinfrastrukturen for flaum og skred, ville kostnadane vore dramatisk høgare enn om tiltaka vart gjort oppstraums. Denne problematikken er sidan innlemma i samarbeidsarenaen Naturfareforum, der Vegvesenet og fleire forvaltingsorgan er med, som eit vidare satsingsområde³.

Korleis problemstillingar knytt til systemgrenser og skala kan løysast reint metodisk, går me nærare inn på i kapittel 5.2

3.2 Klimatilpassingstiltak i Vegvesenet

Går me attende til den smalare definisjonen av klimatilpassingstiltak vil det for Statens vegvesen i mange tilfelle vera snakk om forsterka variantar av dei same tiltaka som allereie vert gjennomført. Statens vegvesen har hatt ei tydeleg bestilling frå staten frå klimatilpassingstiltak i knapt eit tiår allereie. Frå NOU 2010:10 kan ein lesa at dei tilrår å «integre klimaomsyn i alle planprosessar, utgreiingar og analysar av transportsystemet» og «utføre kartlegging og merking av sårbarheit for spesielt utsette konstruksjonar eller strekkingar i forhold til ulike typar hendingsar» (NOU 2010:10). Tilrådingane er reflektert i dei påfølgjande NTP-ane. I Nasjonal Transportplan 2010-2019 står det at det er «nødvendig å gjøre infrastrukturen mer robust for klimaendringar samt å styrke beredskapen mot uønskede hendelser» (St.meld. nr. 16 2008), medan Nasjonal transportplan 2018-2029 legg opp til ei monaleg styrking av arbeidet med å redusera sårbarheita mot klimaendringar og påpeikar at dei forventede klimaendringane skal leggjast til grunn for all planlegging, utbygging, drift og vedlikehald av infrastrukturen i planperioden (Meld. St. 33 2016).

Statens vegvesen har hatt eigne FoU-prosjekt og prosessar gåande samtidig med dei statlege. Av dei nyare dokumenta kan prosjekta «Klima og Transport» (Statens vegvesen 2013) og «Strategi for samfunnssikkerhet»⁴, publisert i 2017, som har som mål at klimaendringar skal vera ivareteke i planlegging og bygging av infrastruktur, forvaltning av vegnettet og i utviklinga av kunnskapsgrunnlaget. Det vert òg oppmoda til eit tettare samarbeid med nasjonale aktørar, og kommunane og fylkeskommunane i samband med problemstillingar knytt til naturfare. Desse måla er ivareteke i Handlingsprogrammet 2018-2023 (2029), der klimatilpassing er nemnt som eit særskilt prioritert område (Statens vegvesen 2018b).

Både dei statlege og vegvesenet sine plandokument seier at klimatilpassing skal vera tema i planlegging og utbygging, drift og vedlikehald, og utvikling av beredskaps- og kunnskapsgrunnlaget. I planleggingsfasen vil klimatilpassingstiltak til dømes vera å dimensjonera infrastrukturen til utvida tolegrensar og å plassera vegen strategisk slik at ein tek omsyn til klimarisiko. Den auka investeringskostnaden som gjerne følgjer av slik prioritering, kan ein vonleg henta innatt med redusert klimarisiko eller sårbarheit og dermed lågare til ingen reparasjonskostnader etter naturfarehendingsar på lang sikt, og lågare drifts- og vedlikehaldskostnader.

³ <https://naturfareforum.com/delprosjekt-1-helhetlig-forvaltning-av-nedborfelt-2/>

⁴ Statens vegvesens «Strategi for samfunnssikkerhet» vart publisert i 2017 som eit internt dokument. Informasjonen er gitt av oppdragsgivar.

Når det gjeld tiltak for eksisterande infrastruktur, er det to rammeverk som er nyttige å nemna. Begge er henta frå risikoanalyseverktøy, og må difor sjåast i samheng med konteksten dei er laga for. I VegROS-metodikken til Statens Vegvesen (Statens vegvesen 2019) vert det nytta ei firedeling av tiltakskategoriar:

1. **Ytterlegare planlegging.** I nokon tilfelle manglar den rette fagkompetansen, eller tid, til å ta ei velfundert avgjersle kring risiko og behov for tiltak. Ei avgjersle om at det trengs meir informasjon og grundigare vurderingar kan vera eit tiltak i seg sjølv.
2. **Beredskapstiltak.** I nokon tilfelle vil ein gjennomgang av eksisterande beredskap visa at nye eller reviderte beredskapstiltak kan vera tilstrekkeleg for å møte kartlagt risiko og sårbarheit. I andre tilfelle kan det vera einaste moglegeheit fordi andre tiltak ikkje er gjennomførbare eller økonomisk forsvarlege.
3. **Drift- og vedlikehaldstiltak.** I nokon tilfelle vil enkle og ikkje altfor kostbare og omfattande drifts- og vedlikehaldstiltak vera nok for å redusera risikoen til ein akseptabelt nivå.
4. **Investering og utbygging.** I nokon tilfelle vil det vera naudsynt med investerings- og utbetringstiltak for å redusera risiko.

QuickScan, som er eit anna rammeverk for kartlegging av klimarisiko og prioritering av tiltak, differensierer i større grad mellom tiltaka (Bles mfl. 2015). QuickScan nyttar denne lista over tiltak:

1. **Nærare utredning.** Usikkerheiten er for stor. Kunnskapsgrunnlaget må betrast og lokale data og målingar trengs.
2. **Hald fram som før.** Business as usual. Risikoen kan handterast gjennom eksisterande prosedyrar, eventuelt gjennom informasjon og regulering. Ettersom dette ikkje er eit tiltak er det naturleg nok heller ikkje eit klimatilpassingstiltak. Det kan likevel vera ei fornuftig avgjerd dersom ein kjenner klimarisikoen (låg usikkerheit), den er akseptabel og kostnadane ved å gjera tiltak er høge.
3. Tiltak som reduserer risiko eller sårbarheit. Her er fleire alternativ:
 - a. **Oppdatera prosedyrar.** Inkludera påverknad av klimaendringar.
 - b. **Utvikla beredskapsplan.** Laga plan for korleis handtere hending. Reaktiv strategi.
 - c. **Styrka preventivt vedlikehald.** Førebygga skade på infrastrukturen. Proaktiv strategi.
 - d. **Endra eller styrka infrastrukturen.** Proaktiv strategi.

Hovudverktøyet for å vurdere tiltak gjennom nyttekostnadsanalysar i Statens vegvesen er EFFEKT (Statens vegvesen 2015). Verktøyet byggjer på prinsipp og metodikk frå Handbok V712 for konsekvensanalysar (Statens vegvesen 2018a), som igjen er basert på nasjonale føringar for samfunnsøkonomiske analysar (Finansdepartementet 2014; DFØ 2018a). Verktøyet er bygd opp av fleire modular med spesialiserte eigenskapar, til dømes trafikkantnyttmodulen og skredmodulen, som gir verktøyet ein viss fleksibilitet. Resultata av analysane er som regel ein samfunnsøkonomisk noverdi av eit tiltak over ein analyseperiode på 40 år, samanlikna med ein tilsvarande framskriving av dagens situasjon (nullalternativ). Saman med vurderingar av ikkje-prisette verknader gir dette eit enkelt kommuniserbart resultat om eit gitt tiltak er samfunnsøkonomisk lønsamt eller ikkje.

4 Kunnskapshull – kostnader

Den fysiske klimarisikoen, som definert av NOU (2018: 17) og redegjort for i kapittel 2, medfører konsekvenser og dermed potensielt kostnader for samfunnet. Disse kostnadene kan unngås eller reduseres gjennom forebygging. For å vurdere om og eventuelt hvilke forebyggingstiltak som bør iverksettes, er det behov for en fullstendig forståelse av kostnadsbildet. Alternativet, som tiltakene vurderes opp mot, er å påta seg kostnadene når de kommer, eventuelt å øke beredskapen for å redusere kostnadene ved hendelse. Flere eksempelstudier viser at gevinstene ved forebyggende tiltak kan være betydelige (OECD 2016; Selseng mfl. 2019; NOU 2018). Å vise kostnadsbildet bidrar også til en økt forståelse blant beslutningstakere. Aall mfl. (Aall mfl. 2015) påpeker at kommunene mangler vilje til å sette av tilstrekkelige ressurser til forebygging, også etter naturskadehendelser.

Konsekvensene av endret klima i denne konteksten kan oppsummeres ved at endringene kan føre til:

- økt vedlikehold for samme funksjonalitet,
- kortere levetid på investeringene,
- økte kostnader for reparasjon ved værrelaterte hendelser og/eller
- økt sannsynlighet for veistenging (hyppigere og/eller lengre).

Det kan også påløpe andre konsekvenser, som redusert komfort og følelse av frykt for trafikantene. Konsekvenser i tilgrensende sektorer eller tema kan også ha indirekte konsekvenser for veisektoren, inkludert overgangsrisiko (se delkapittel 4.5).

Det følgende skisserer eksisterende kunnskap om hhv. endrede vedlikeholdskostnader, reparasjon- og gjenoppbyggingskostnader, indirekte kostnader ved eksempelvis veistenging og kostnader for klimatilpasnings-tiltak. Til slutt drøftes også mulige endringer i kostnader som følger av overgangen til lavutslippssamfunnet (knyttet til overgangsrisiko). For hver av kostnadspostene drøftes også viktige kunnskapshull.

4.1 Drift- og vedlikeholdskostnader

Med drift mener Statens vegvesen det (daglige) arbeidet som er nødvendig for å opprettholde et fungerende veinett. Dette inkluderer eksempelvis snørydding. Med vedlikehold menes arbeid som ivaretar infrastrukturen i et lengre perspektiv, slik som å reparere hull og andre utbedringer som opprettholder standarden av vei og tilhørende infrastruktur.

I MOTIV («modell for tildeling av vedlikeholdsmidler») anslår vegvesenet kostnadene for å opprettholde fastsatt standard av riks- og fylkesveiene, i henhold til håndbok R610 (Statens vegvesen 2014). Det pågår en oppdatering av verktøyet i 2020. Datagrunnlaget for MOTIV er i hovedsak nasjonal vegdatabank (NVDB) og meteorologiske observasjoner. Klimagrunnlaget er per i dag perioden 1961-1990, slik at anslagene er basert på historiske værdata. MOTIV inkluderer i utgangspunktet ikke drift- eller vedlikeholdskostnader som følger av flom eller nedbør, men kostnadsdataene grunner i prosjekterfaringer. Veiene anslås å ha et betydelig vedlikeholdsetterslep allerede i dag.

Resultatene fra MOTIV benyttes som delgrunnlag i tiltaksanalyser i EFFEKT. De anslåtte drift- og vedlikeholdskostnadene er dermed med i å vurdere lønnsomheten i mulig infrastrukturbygging og andre tiltak i veisektoren. For å etablere et riktig nullalternativ i slike tiltaksanalyser er det nødvendig å inkludere alle kostnadselementer og mulige endringer i kostnadsbildet framover. Det vil også være nødvendig med informasjon om hvordan ulike tiltak kan endre drift- og vedlikeholdskostnadene – et klimatilpasningstiltak kan tenkes å redusere påkjenningen

på infrastrukturen og dermed redusere vedlikeholdskostnadene, men tiltaket kan også kunne medføre egne vedlikeholdskostnader.

På oppdrag for vegvesenet vurderte Evensen mfl. (2013) mulig kostnader av klimaendringer, inkludert konsekvenser for drift og vedlikehold. Der anslås det at klimaendringene (hovedsakelig forstått som mildere vær) vil redusere kostnadene til vinterdrift med omtrent en halv milliard kroner i året og øke kostnadene til grøntskjøtsel og oppgrusing med omtrent en tiendedel av dette. Det betyr at det anslås en netto reduksjon i drift- og vedlikeholdskostnader som følge av klimaendringene. Det anbefales å integrere klimahensyn i all planlegging av vedlikehold og drift, særlig i utarbeidelse av driftskontrakter.

Kunnskapsnivået om konsekvenser av klimaendringene har økt siden 2013 og det er flere elementer som kunne vært inkludert i vurderingene. Det ville blant annet vært relevant å vurdere økte drift- og vedlikeholdsbehov som følge av økt belastning på asfalt, stikkrenner, grøfter og annen infrastruktur av mer intens nedbør. Framskrivningene for endret nedbør eksisterer, men det mangler anslag på hvordan endret nedbørsmønster påvirker drift- og vedlikeholdskostnader. De er behov for oppdatering av nedbørsperioden som ligger til grunn for anslagene til MOTIV, og vegvesenet opplyser om at de ønsker å utarbeide anslag på framtidige drifts- og vedlikeholdskostnader i samarbeid med Klima 2050.

4.2 Reparasjon- og gjenoppbyggingskostnader

I tillegg til endringer i drift- og vedlikeholdskostnader, vil klimaendringene kunne påvirke frekvens av og intensitet i ekstremhendelser, som skred og flom. Klimaendringene vil derfor også påvirke reparasjon- og gjenoppbyggingskostnadene som påløper i etterkant av en hendelse. Dette er eksempelvis kostnader for å rydde vei, reparere tunnel eller erstatte en ødelagt bru.

Anslag på slike kostnader er relativt enkelt tilgjengelig. Byggeledere, prosjektledere og fagpersoner i vegvesenet vil kunne anslå enhetskostnader for ulike reparasjoner og gjenoppbygginger. Det eksisterer også erfaringstall, eksempelvis fra Gudbrandsdalsflommen i 2013 (Siedler 2015) og flommen i Utvik i 2017.⁵ Myrabø mfl. (2016) indikerer at kostnadene ved flommen på Dovre i 2013 summerer seg til minst 1,26 milliarder kroner (justert til 2019-kroner) og at disse kostnadene fordeler som gjengitt i Tabell 4.1. Myrabø mfl. peker altså på at gjenoppbyggingskostnader også påløper andre aktører enn de i veisektoren.

Tabell 4.1 Kostnader for flomhendelsen på Dovrebanen i 2013 som anslått av Myrabø mfl. (2016, s. 21)

Beskrivelse	Beløp (mill. 2019-kroner)
Samfunnsøkonomiske kostnader jernbanesektoren	> 439,9
Gjenoppbyggingskostnader veisektoren	> 190,6
Utbetalinger til gjenoppbygging fra forsikringsselskaper	473,7
Gjenoppbyggingskostnader kommuner	> 157,9
Sum (basert på innhentet/ estimert informasjon)	> 1 262,1

En viktig avveining er mellom å benytte standardiserte priser, som legger til rette for sammenligner mellom punkter eller strekninger, eller differensierte priser, hvor lokale variasjoner kan hensyntas. I EFFEKT gis det mulighet for differensierte kostnader ved istandsetting etter skred («Vegstengning»). Andre hensyn som kan drøftes er i hvilken stand infrastrukturen opprettes til – opprinnelig, utbedret eller med lavere standard, og

⁵ <https://www.veier24.no/artikler/flommen-i-utvik-qa-vegskader-for-minst-60-millioner/398531> [03.02.20].

dermed om arbeidet kan endre det framtidige kostnadsbildet – samt hvem som bærer kostnadene: Statens vegvesen, forsikringsaktører eller andre.

I konklusjon er det andre kunnskapshull enn anslag på reparasjon- og gjenoppbyggingskostnader som framstår mer prekære å fylle. For å anslå endringene i kostnadsbildet for disse, vil det være viktigere å bedre anslagene på endringer i frekvens eller intensitet av hendelsene som fører til behovet for reparasjon eller gjenoppbygging (se delkapittel 5.1). Det er imidlertid enkelte avklaringer som kan drøftes om standarden på gjenopprettet infrastruktur og hvem som skal ta kostnadene. Disse drøftingene kan gjerne sees i sammenheng med systemgrenser (se delkapittel 5.2).

4.3 Indirekte kostnader

Med indirekte kostnader mener vi i denne sammenheng samfunnsøkonomiske kostnader som påløper indirekte som følge av infrastrukturpåkjenninger. Dette er særlig kostnader som følger av konsekvenser for trafikanter og godstransport, men inkluderer også påvirkning på andre gjennom endret støy, luftforurensning, klimagassutslipp, m.m. Konsekvenstemaene som inkluderes i samfunnsøkonomiske analyser i henhold til vegvesenets håndbok V712 (Statens vegvesen 2018a) listes i Tabell 4.2.

Tabell 4.2 Oversikt over konsekvenstemaer i samfunnsøkonomiske analyse (Håndbok V712 2018, s. 36)

Vurderingsform	Konsekvenstema	Deltema
Prissatte konsekvenser	Trafikant- og transportbrukernytte	Distanseavhengige kjørekostnader, andre reiseutlegg, tidsbruk, ulempekostnader i ferjesamband og ved veistenging, helsekonsekvenser av økt gang- og sykkeltrafikk, utrygghet for gående og syklende.
	Operatørnytte	Operatørselskapenes (kollektivselskap, bompengeselskap, ferjeselskap, parkeringsselskap) kostnader, brukerinntekter og overføringer,
	Budsjettkonsekvens for det offentlige	Investering, drift og vedlikehold, tilskudd til kollektivtrafikk, skatteinntekter.
	Trafikkulykker	Personskadeulykker og materiellskadeulykker.
	Restverdi	Framtidig nytte av tiltaket etter beregningsperioden.
	Skattekostnad	Effektivitetstap knyttet til skattefinansiering, 20% av offentlige utgifter.
	Støy og luftforurensning	Støyplage innendørs, Lokal og regional luftforurensning.
	Klimagassutslipp	Global luftforurensning (utslipp av CO ₂ , N ₂ O og CH ₄).
Ikke-prissatte konsekvenser	Landskapsbilde	Omhandler «det romlig-visuelle landskapet».
	Friluftsliv/by- og bygdeliv	Omhandler «landskapet slik folk opplever og bruker det».
	Naturmangfold	Omhandler «det økologiske landskapet».
	Kulturarv	Omhandler «det kulturhistoriske landskapet».
	Naturressurser	Omhandler «produksjonslandskapet».

Som tabellen beskriver, er enkelte av temaene prissatt. Det betyr at de normalt inngår i tiltaksanalyser, som eksempelvis gjennomført med EFFEKT. Selseng mfl. (2019) gjennomfører forenklede nytte-kostnadsanalyser for å vurdere potensielle klimatilpasningstiltak på delstrekninger av E39, i henhold til metodikken i EFFEKT, hvor

del av endret trafikantnytte er med. De finner at de indirekte kostnadene er betydelige og bidrar å gjøre flere av tiltakene samfunnsøkonomisk lønnsomme.

Som for reparasjon- og gjenoppbyggingskostnader, eksisterer det altså anslag på de prissatte konsekvensene som kan brukes til å anslå (deler av) de indirekte kostnadene. Disse vil også være relevante i klimatilpassings-sammenheng – hvor «klimaendringene» kan inkluderes i (endret) omfang eller frekvens som disse enhets-kostnadene skal multipliseres med. Dersom derimot endringene vil føre til tilstrekkelige endringer i kostnads-komponenten i seg selv, bør også enhetskostnadene endres. For eksempel, dersom omfanget på typiske hendelser øker, slik at ventetiden eller omkjøringstiden for hver veistenging øker betraktelig, kan andre konsekvenser enn de prissatte bli relevant. I hvilken grad slike ikke-lineære konsekvensøkninger av økt omfang ivaretas i eksisterende metoder bør vurderes for konkrete tiltak og strekninger.

Endring i indirekte kostnader avhenger også i stor grad av framskrivninger av trafikk- og transportarbeidet, gjort i egne transportmodeller. Framskrivningene baserer seg blant annet på befolkning- og konsumframskrivninger, men tar ikke hensyn til endringer som kan følge av teknologiendringer, slik som økt bruk av alternative energibærere, autonome kjøretøy og bedre logistikkplanleggingsverktøy. Over en 40 års-periode kan slike teknologiske endringer potensielt radikalt endre mønster og omfang av transporten og dermed grunnlaget for analysene. Dersom målene i gjeldende NTP nås, vil det i 2025 kun selges personbiler, lette varebiler og bybusser med nullutslippsteknologier, og innen 2030 vil nye kjøretøy innen godstransport og langdistansebussene i stor grad være nullutslippskjøretøy. Dette vil kunne ha betydning for lønnsomheten av klimatilpassingstiltak.

Å revidere framskrivningene kan være et omfattende, men nødvendig, arbeid. Det arbeides med å samkjøre transportmodellene og NTP. Før modellene er revidert, kan forenklede verktøy benyttes for å vurdere hvordan resultatene av en tiltaksanalyse *potensielt* kan påvirkes av teknologiske endringer i analyseperioden. Dette kan inngå som en usikkerhetsanalyse av tiltaket som vurderes. Madslie mfl. (2019) har gjort følsomhetsvurderinger av framskrivninger i arbeidet med NTP 2022-2033, hvor blant annet autonomi og elektrifisering er inkludert i vurderingene. Regjeringen har også nylig satt ned et utvalg som skal vurdere hvordan teknologiske utviklinger vil påvirke bilparken og bilbruken (og dermed bompengene) fram mot 2030.⁶ Arbeidet skal være ferdig høsten 2020. Andre relevante vurderinger inkluderer Figenbaum mfl. (2019), Handberg mfl. (2018) og Kristensen (Kristensen 2019). Dette er også relevant for diskusjonene rundt overgangsrisiko i delkapittel 4.5.

For ikke-prissatte konsekvenser kan flere elementer bli viktigere for mulige endringer framover. For eksempel kan økt press på naturmangfold og naturressurser føre til økt knapphet og dermed mulig økt viktighet av negative konsekvenser på disse. Verdien av slike goder framover bør også sees i sammenheng med økt nytte, slik som å ivareta grønne områder som bidrar til å fordrøye vann. Dette kan komme veiinfrastruktur (og dermed trafikanter), beboere og andre til gode. Betydningen av negativ påvirkning på slike ikke-prissatte konsekvenstemaer kan dermed øke med klimaendringer og økt utbygd areal.

I tillegg til at viktigheten av konsekvensene nevnt i Tabell 4.2 kan øke, kan andre temaer bli relevante. Eksempelvis kan økt omfang – samt økt fokus på – naturfare føre til en økt opplevelse av frykt eller utrygghet. Uavhengig av reell risiko for hendelse, kan dette innebære redusert trafikantnytte for de reisende (og deres nærmeste). Dette er per i dag ikke inkludert i vegvesenets tiltaksanalyser, og vil eksempelvis kunne inngå som økt nytte ved skredsikringstiltak. Det pågår kontinuerlig arbeid med å forbedre transportetatens prissatte konsekvenser i samfunnsøkonomiske analyser og denne rundens oppdatering (2018-2020) er i ferd med å

⁶ <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/utvalg-skal-se-pa-inntektsgrunnlaget-i-bomringer-i-framtiden/id2681563/> [17.02.20].

implementeres. Verdsetting av utrygghet for skred vil trolig ferdigstilles like etter dette notatet er ferdigskrevet. Det er arbeidet mindre med hvordan de indirekte kostnadene kan utvikle seg de neste tiårene med klimaendringer, teknologiske utviklinger og andre samfunnsendringer.

4.4 Tiltakskostnader

De tre foregående delkapitlene har drøftet kostnadskomponenter som påvirker nullalternativet og kostnader dersom en ikke gjennomfører tiltak. Dersom en gjennomfører tiltak, vil det, i tillegg til anslag på hvordan overnevnte kostnader endrer seg, være relevant med anslag på selve tiltakskostnadene. Dette er i hovedsak investeringskostnader, selv om det også kan medføre økt drift og vedlikehold, eksempelvis for å opprettholde skredsikring.

I likhet med reparasjons- og gjenoppbyggingskostnader er det relativt enkelt å anslå kostnader for kjente tiltak. Enhetskostnader for typiske tiltak i veisektoren vil kunne anslås av byggeledere, prosjektledere og fagpersoner i vegvesenet. Selseng mfl. (2019) baserte seg på slike enhetskostnader i tiltaksanalyser av erosjon- og skredsikringstiltak, erstatte stikkrenner og etablere overvannsløp, som ble multiplisert med omfanget nødvendig i tiltaket. Evensen mfl. (2013), Magnussen mfl. (2015) og Skogvold mfl. (2018) benytter også erfaringstall for sine anslag på tiltakskostnader.

Det er større utfordringer knyttet til tiltak som i mindre grad er benyttet i veisektoren i dag, men som like fullt kan være relevante i framtiden. Naturbaserte løsninger er eksempler på slike tiltak. Magnussen mfl. (2017) viser til at det er manglende kunnskap om dette, fordi de i mindre grad er utprøvd sammenlignet med mer tradisjonelle, tekniske klimatilpasningstiltak. For eksempel kan det være usikkerhet rundt flomdempingseffekten av restaurering av våtmarksområder. På kostnadssiden er det også usikkerheter. Det påpekes at «mens tekniske løsninger ofte har høye investeringskostnader og relativt lave drifts- og vedlikeholdskostnader over tid, kan naturbaserte løsninger være billigere å etablere og mer kostnadskrevende å opprettholde effekten av på sikt» (Magnussen mfl. 2017, s. 5). I tillegg kan naturbaserte løsninger ofte ha større mernytte enn mer tekniske tiltak.

Vi forstår her tiltak i snever forstand (se diskusjon i kapittel 3 og delkapittel 5.2). Kostnader for klimatilpasnings-tiltak i en videre forstand, samt virkningene av disse, er vanskeligere å anslå enn de mer konkrete. Hvordan samfunnomstillinger kan behandles i tiltaksanalyser er langt mer komplisert og i mindre grad behandlet i økonomiske analyser, uavhengig av sektor. I den grad dette er ønskelig, er dette et stort kunnskapshull å fylle.

4.5 Overgangsrisiko

Som drøftet i kapittel 2 er overgangsrisiko knyttet konsekvensene av overgangen til et lavutslippssamfunn (NOU 2018: 17). I tillegg til den fysiske klimarisikoen (som diskusjonene i foregående delkapitler i stor grad er basert på), kan omstillinger nødvendig for å nå utslippsmål påvirke kostnadene relevante for å tiltaksanalysene.

I transportsektoren er det en rekke trender i overgangen til et lavutslippssamfunn som kan påvirke kostnadsbildet. Disse omfatter teknologiske endringer, som automasjon og «platooning»⁷, bruk av droner og andre mindre autonome transportører, mer avanserte logistikksystemer, m.m. (Størdal mfl. 2019). Overgangen til fossilfrie eller utslippsfrie energibærere er også en teknologiutvikling som er godt på vei, særlig innen personbilsegmentet (Handberg mfl. 2018). Teknologiske endringer på tilgrensende fronter, som utviklinger i videokonferansesystemer, 3D-printere m.m. vil også kunne påvirke etterspørselen etter transport. I tillegg vil

⁷ Metode for (delvis) selvkjørende rekke av fortrinnsvis godstransport.

endringer i eierskap- og forretningsmodeller, som delingsøkonomi, kunne påvirke kostnadene for brukeren og dermed bruken av kjøretøyet (Frenken & Schor 2017; Handberg mfl. 2019). Viktige drivere for flere av disse utviklingene er (forventet) intensivering av virkemiddelbruk rettet mot å nå mål om reduserte klimagassutslipp, og redusert trafikk i byene (nullvekstmålet) (Fridstrøm 2019).

Samfunnsutviklingen innen felter som det overnevnte kan påvirke typen og omfanget av ulike transporttjenester. Oppsummert kan dette beskrives som:

- endringer i transportmønster, som endrer hvor og når kjøretøy trafikkerer veiene,
- endringer i konkurranseflatene mellom ulike former for transport, som gjør at transport flyttes til/ fra vei og sjø, bane eller luft, og
- endringer i etterspørselen etter person- og godstransport.

Slike endringer vil ha konsekvenser for vurderingen av lønnsomheten av tiltak i veisektoren, også innen klimatilpasning. De indirekte kostnadene og nytten ved å tilrettelegge for trafikanter bestemmes av mengden personbil og godstransport, og verdsettingen av tidsbruken på veien. Dersom mengden eller formen på transporten endrer seg, kan det endre om et tiltak lønner seg eller ikke.

Denne utfordringen er ikke avgrenset til klimatilpasningstiltak og det arbeides med å bedre framskrivninger i transportmodellene, som tar innover seg slike utviklinger i større grad (se delkapittel 4.3). Også innen klimatilpasningsarbeidet bør en være sikre at kunnskapsgrunnlaget er oppdatert, slik at framskrivningene som ligger til grunn i det minste er de beste som er tilgjengelig.

5 Kunnskapshull – metodikk

Kapittel 4 gikk gjennom kunnskap (og manglende kunnskap) nødvendig som grunnlag for å kunne vurdere lønnsomheten i klimatilpasningsarbeidet. Dette grunnlaget er imidlertid av begrenset nytte dersom en ikke har metodene for å omsette det til beslutningsrelevant informasjon. Det er altså også et behov for gode metoder for å vurdere og behandle kostnadene under usikkerhet.

I dette kapitlet drøfter vi først hvordan usikkerhet kan behandles i analyser og arbeid innen klimatilpasning. Deretter drøfter vi systemgrensene og skala – og hvilke konsekvenser valg rundt dette har for resultatene. Til slutt drøfter vi ulike tilnærminger for å identifisere og vurdere klimatilpasningstiltak.

5.1 Korleis ta omsyn til usikkerheit?

Klimaendringane er ikkje-lineære og komplekse, og avheng av eit utal variablar knytt til både fysiske mekanismar og utviklinga i samfunnet. Korleis, når, kva, kor og kor hardt dei rammar er spørsmål me ikkje får nøyaktige svar på. Samstundes er det slik at ny forskning og betre kunnskap ofte fører til framskrivingar med større spenn i staden for mindre (Hallegatte 2009). Sjølv om modellane som brukast til å spå konsekvensar av klimaendringar ein gong vert heilt perfekte, vil ikkje usikkerheita forsvinna. Det fører til at ein blir nøydd til å gjera investeringar og tiltak på tross av, og under, monaleg grad av usikkerheit knytt til både effekt og lønsemd. Dette delkapittel oppsummerer tre sentrale strategiar for korleis usikkerheit kan handterast og takast omsyn til i tiltaksvurderingar, og byggjer vidare på kapittel 2 og 3. Dei tre strategiane er ikkje gjensidig utelukkande, og ofte vil ein kombinasjon av dei tre vera å føretrekka.

Føre-var-prinsippet og forsiktighet

Eit av dei viktigaste prinsippa for avgjersler under usikkerheit, er føre-var-prinsippet. Den litt folkelege versjonen av prinsippet går ut på at mangelen på kunnskap ikkje skal stå i vegen for handling dersom konsekvensane ved å ikkje handla kan vera store. Den formelle definisjonen stiller opp to kriterium for å visa til føre-var prinsippet: Først, at det skal vera ein grunnleggjande form for usikkerheit, og deretter at det skal vera snakk om alvorlege og (derfor) irreversible konsekvensar. Denne todelinga er fanga opp i følgjande definisjon utgitt av De nasjonale forskningsetiske komiteene (NENT):

«Når menneskelige aktiviteter kan føre til moralsk uakseptabel skade som er vitenskapelig rimelig, men usikker, skal man foreta handlinger for å unngå eller minske slik skade» (NENT 2016).

Omgrepet – eller definisjonane av omgrepet – seier likevel ikkje noko om kva det vil seia at føre-var prinsippet skal nyttast. Igjen, den folkelege forståinga av omgrepet er gjerne at ein skal 'lata vera' å gjera noko. Det er viktig å vera klar over at omgrepet ikkje har innebygd eit slikt krav. Det kan vera mange typar tiltak som kan grunnjevast ut frå føre-var omsynet; òg 'aktive tiltak' som til dømes å informera. I norsk lovgiving blir føre-var-prinsippet anvendt i forvaltninga av mellom anna genteknologiloven, næringsmiddeloven, naturmangfoldloven, Svalbardmiljøloven og havressursloven⁸.

På klimaområdet vil føre-var i hovudsak *ikkje* vere relevant når det gjeld å grunngje tiltak for å redusera utslepp fordi det *ikkje lenger* er rett å sei at det er ein grunnleggjande usikkerheit om menneskeskapte klimagassutslepp medverkar til å skapa ein global temperaturauke. For klimatilpassing er situasjonen annleis, og då først og fremst

⁸ *snl.no og regjeringen.no*

knytt til den grunnleggjande usikkerheita om korleis klimaendringar kan slå ut *lokalt*, og samstundes kunnskapen om at klimaendringar reint generelt kan føra til irreversible negative konsekvensar.

Ettersom usikkerheita knytt til dei lokale konsekvensane er svært stor, handlar føre-var-prinsippet, når det kjem til klimatilpassing, i stor grad om å fokusera på resiliens og robustheit (Aven 2016; Klinke & Renn 2002). Resiliens er evna til å respondere til ein trussel, til å overvåke kva som føregår og til å lære undervegs, medan robustheit handlar om evna til å motstå eller «stå av» ein trussel.

I praktisk forstand handlar prinsippet om sikkerheitsmarginar i planlegging, styrking av «immunforsvaret» til infrastrukturen, diversifisering og utvikling av alternative metodar som kan løysa like problem og design av system som har fleksible responsar (Hallegatte 2009; Aven 2016). Ein innfallsvinkel for å oppnå det siste er ved hjelp av sokalla adaptiv risikostyring. Det går ut å vurdere ulike alternativ, velja eitt, observera, lære og justera undervegs. Ein tilpassingsplan, eller «adaptation pathway», er eit nyttig verktøy for å styra denne prosessen. Det er ein plan for iverksetjing av tiltak der ulike scenario og samsvarande tiltaksalternativ gjerne er kartlagt på førehand, noko som gir fleksibilitet til å respondere til ny informasjon undervegs (PIARC 2019). Starten på ein tilpassingsplan kan til dømes vera å fokusera på tiltak som er reversible, altså som ikkje endrar dei naturlege systema på ein uoppretteleg måte, eller «lågthengande frukt», tiltak som er fornuftige og lønsame uavhengig av korleis klimaet endrar seg (Hallegatte 2009). Ein kan òg starta tilpassingsplanen med «mjuke» tiltak, som styrking av institusjonell kapasitet, beredskap og rutinar.

Diskursiv handtering

Ein annan strategi for å handtera usikkerheit, er gjennom dialog og deltaking. Klimaendringane og mesteparten av konsekvensane, i alle fall dei mest dramatiske, er usikre og høyrer til i framtida. Difor er det ofte vanskeleg å relatera til og oppfatta alvorsgraden av. Det er eit vedvarande problem at den rapporterte og framforsa alvorsgraden ikkje står i stil med den oppfatta og utøvde alvorsgraden i politikk og opinion. For å bøta på dette, og for å skapa forståing og oppslutning for at avgjersler må takast under, og på tross av, usikkerheit, er diskusjon og deltaking nyttige verktøy (Klinke & Renn 2002). Diskursiv handtering går ut på å inkludera berørte partar, som eksterne private og offentlege aktørar og representantar for sivilsamfunnet, og forsøka å bygga truverd og tillit, og redusera tvitydigheit.

Samstundes som det er stor avstand mellom handling og kunnskap, er det eit problem at ein risiko kan verta handsama og oppfatta ulikt blant ekspertar på tvers av fagfelt. Diskursiv handtering er soleis òg eit verktøy for å handtera den epistemiske usikkerheita, altså usikkerheita knytt til kunnskapsgrunnlaget (Klinke & Renn 2002). I denne samanhengen handlar det om å samla ekspertar med ulikt fagleg syn på ein risiko for å avdekka usikkerheiter og nyansar som i utgangspunktet ikkje er tydelege, og produsera ei mest mogeleg dekkande forståing og definisjon av konsekvensane og usikkerheita. I neste steg må usikkerheita og konsekvensane sjåast i samheng med ulike tiltak og kostnadane knytt til desse. Denne prosessen, som handlar om å finna den rette balansen mellom *for lite* forsiktighet og *for mykje* forsiktighet, har som regel ikkje noko vitskapleg svar. Den gjer seg dermed òg godt i opnare forum der fleire interessentar og aktørar kan uttala seg, og legitimiteten og truverdet til resultatet vert større.

Vente-og-sjå

Aall (2011b) argumenterer for at det, i somme tilfelle, kan vera meir fornuftig å venta med tiltak i staden for å gjennomføra det dersom usikkerheita er stor, ressursane er avgrensa og gode tiltak manglar. Umiddelbart kan dette verka som ein måte å vri seg unna eit ansvar for aktiv tilpassing, men i enkelte tilfelle kan det vera rasjonelt

å «venta» før ein gjer noko. Med utgangspunkt i lokal forvaltning gir Aall (2011b) følgjande døme på når «vente-og-sjå» kan vera rett strategi:

- Ved grunnleggjande mangel på kunnskap, t.d. om korleis klimaendringar kan påverke vindsituasjonen lokalt.
- Ved grunnleggjande mangel på ressursar lokalt, t.d. manglande statlege løyvingar til sikringstiltak mot flaum (men ein slik argumentasjon kan også vere eit uttrykk for manglande vilje til politisk prioritering).
- Ved mangel på verkemiddel, t.d. å innarbeide omsyn til nye formar for skred- og flaumfarar i allereie etablert fysisk infrastruktur med gjeldande reguleringsplan.
- Ved forventningar om at staten vil ta eit større ansvar, t.d. prosessane som har vore dei siste åra om staten vil eller vil ikkje innføre forbod mot nydyrking av myr.

5.2 Systemgrenser og skala: startar og sluttar SVV sitt ansvarsområde på vegskulder?

Som me nemner i kapittel 3, avheng forståinga av kva eit fornuftig klimatilpassingstiltak er av kor vidt perspektiv ein legg til grunn. Legg ein det aller vidaste perspektivet til grunn, dei mest dramatiske framtidsscenarioa og ser det framtidige globale behovet under eitt, kan ein enda opp med å konkludera med at det beste klimatilpassingstiltaket Statens Vegvesen kan innføre er å redusera vegtransporten, fjerna dei fleste vegane og dyrka mat på arealet. Eit slikt perspektiv kan føra til at Statens vegvesen sitt oppdrag blir snudd på hovudet fordi den noverande aktiviteten står i vegen for andre behov. Dersom ein zoomar inn, ser på det nasjonale behovet og den noverande sektoriserde organiseringa av klimatilpassing og legg til grunn at moderate utsleppsmål vert nådd, kan ein likevel oppdaga at ulike tiltak basert på ulike behov i ulike sektorar kan føra til at sektorane gjer kvarandre sårbare. Areal er eit godt eksempel her òg: dersom Vegvesenet bygger ein ny veg for å redusera klimarisiko, betyr det at andre sektorar, til dømes landbruket, ikkje kan bruka det arealet til å møte sine framtidige behov for å redusera klimarisiko. Dette peikar òg i retning av at Vegvesenet sitt mandat og behov bør sjåast i samanheng med andre behov. Sameleis kan ein oppdaga at behova i ein sektor enklast kan løysast av, eller i samarbeid med, andre sektorar. I rapporten «Føre-var, etter-snar eller på-stedet-hvil?» (Aall mfl. 2015) vert det avdekket at mange kostbare skadar på jernbane og veg etter flaumane i Gudbrandsdalen i 2013 og 2014 kunne vore unngått ved hjelp av små investeringar og målretta vedlikehald lenger oppstraums. Sameleis, dersom skadane skulle vore førebygd nedstraums, altså ved å sikra transportinfrastrukturen for flaum og skred, ville kostnadane vore dramatisk høgare enn om tiltaka vart gjort oppstraums.

Felles for alle desse problemstillingane, er at dei krev samarbeid på tvers av sektorar og mellom offentlege og private aktørar utanfor dei forholda som lovverket legg opp til. Aall mfl. (Aall mfl. 2015) laga ei kategorisering av desse samarbeidsutfordringane, vist i Tabell 5.1. Modellen manglar ei skildring av tiltak i ein sektor som aukar sårbarheita i ein annan, men teiknar likevel eit godt bilete av korleis forholdet mellom kostnader og nytte knytt til eit tiltak kan fordela seg ulikt mellom sektorar.

Tabell 5.1 Fordeling av kostnader og vinstar i arbeidet med klimatilpassing (Aall mfl. 2015, 124)

		Hvem opplever nytten?	
		Én sektor	Flere sektorer
Hvem betaler for tiltaket?	Én sektor	Normalsituasjonen Enhver er ansvarlig for ens egen sikkerhet	Vinn-vinn Én sektor hjelper en annen sektor å gjennomføre tiltak.
	Flere sektorer	Dugnad Andre sektorer bidrar med tiltak selv om de ikke ser direkte egen-nytte	Spleiselag Alle parter bidrar i fellesskap når alle parter også ser en egen-nytte

Normalsituasjonen er at førebygging blir gjort innanfor enkeltsektorer og der tiltaka vert finansiert av den aktuelle sektoren ut frå ei nyttevurdering eine og aleine gjort innanfor denne sektoren. Denne situasjonen har éi alvorleg utfordring knytt til seg: Fordi alternative tiltak som kunne vore gjennomført av andre sektorar (til dømes at private grunneigarar gjer tiltak oppstrams) ikkje vert vurdert, er det sjanse for at unødig dyre tiltak blir gjennomført eller alternativt at førebygging ikkje blir gjennomført på grunn av for store kostnader.

I motsett ende av skalaen, der mange sektorar er involvert både på kostnads- og nyttesida og det er eit meir eller mindre gjensidig bytteforhold mellom sektorane på kostnad og nytte, kan ein sjå for seg ei form for *spleiselag*. Dette vil kunne oppstå i tilfelle der naturskadehendingar rammar ulike kategoriar av infrastruktur med ulike eigarar og sektorar involvert, og der eitt enkelt tiltak bidreg til å førebygge på tvers av sektorar.

Dei to formene for samarbeid som truleg er vanskelegast å få til er der fordeling av kostnad og nytte ikkje blir opplevd som tilstrekkeleg jambyrdig, eller der institusjonelle barrierar gjer det vanskeleg å få til eit effektivt samarbeid. Disse to typene samarbeid er kalla *vinn-vinn* og *dugnad* i tabellen over. Det er truleg ein glidande overgang mellom desse to kategoriane. Spørsmålet er i kva grad sektorar der førebygginga skal gjerast utom den sektoren som rammast sterkest òg vil oppleva nytte av tiltaket og i kva grad disse òg bidrar med eigne midlar. I tilfellet der eksempelvis Statens vegvesen betalar fullt og heilt for opprustinga av ein privat skogsveg, og der grunneigaren får stor nytte av eit slikt tiltak, er det ein *vinn-vinn*-situasjon. I tilfellet der grunneigaren sjølv bidreg med ressursar (t.d. arbeidskraft), men der tiltaket i den private skogsvegen i liten eller ingen grad har nytte for den same grunneigaren, men til gjengjeld stor nytte for Statens vegvesen «nedstrams» for der tiltaket vert innført, er det ein *dugnads*-situasjon. Denne siste forma for samarbeid er truleg den vanskelegaste å få til på frivillig basis.

I tillegg til eksempla frå tabellen, vil det òg vera relevant å ha ein metodikk for å avklara situasjonar der klimatilpassingstiltak i éin sektor aukar sårbarheita i ein annan. For handtering av vatn er dette ein kjent problematikk, der tiltak oppstrams kan auka sårbarheita lenger nede. Arealbruk er ein annan kjent problematikk, der fleire og gjerne motstridande klimatilpassingsomsyn, til dømes jordbruk vs vegbygging eller økosystemtenester vs vegbygging, skal vektast.

I spørsmål om tverrsektoriell samordning, der kostnad og nytte er fordelt ulikt og det er motstridande behov mellom sektorar, vert det ofte peika på kommunen eller fylkeskommunen og deira ansvar som planmyndigheit. Samstundes viser forskinga at kommunar og fylkeskommunar ofte ikkje har tilstrekkelege verkemiddel til å samordna sterke statlege sektorar. Det er med andre ord viktig at samordning må gjerast på ulike forvaltingsnivå

og av ulike sektorar. Naturfareforum⁹ er soleis eit steg i rett retning, der det mellom anna blir jobba med datasamarbeid og risikostyring på tvers av sektorane, sjølv om mandatet framleis er noko avgrensa.

5.3 Tiltaksanalyser – ulike tilnærminger

Det følgende tar utgangspunkt i en snever systemgrenseforståelse, avgrenset til vegvesenets mandat. Delkapitlet avgrensar seg til å vurdere metoder for å vurdere lønnsomheten i klimatilpasningstiltak vegvesenet selv kan gjennomføre. Drøftingene kan imidlertid også være relevant for en mer utvidet systemgrenseforståelse og for tiltak som kan gjennomføres av andre enn vegvesenet.

Vi drøfter først tilnærminger for å identifisere de relevante tiltakene. I vår forenkla gjennomgang vil det forutsettes at vi har en god forståelse for problemet tiltaket skal løse. Deretter drøfter vi tilnærminger for å kunne vurdere de relevante tiltakene. Siden tiltak i Statens vegvesen i dag i hovedsak vurderes gjennom nyttekostnadsanalyser, ser vi nærmere på dette i de to siste delene: først om metoden, så om det å kvantifisere (fysisk) klimarisiko i analysene.

Tilnærminger for å identifisere tiltak

For å kunne gjennomføre enhver vurdering av tiltak, er det nødvendig å identifisere og definere tiltakene. Skjevheter i hvilke tiltak som inkluderes i tiltaksanalysen vil kunne gi samfunnsøkonomisk suboptimale løsninger.

I Selseng mfl. (2019) identifiseres tiltak til analysene gjennom arbeidsverksted med byggeledere, prosjektledere og fagpersoner i vegvesenet. Dette er en god metode for å benytte eksisterende erfaringer om hvilke tiltak som egner seg, inkludert praktisk innsikt i utfordringer og konsekvenser av ulike tiltak. Metoden vil imidlertid i mindre grad identifisere tiltak som i mindre grad er utprøvd, men like fullt kan være relevante. En god tilnærming bør kunne få alle mulige tiltak for å løse utfordringen på bordet.

PIARC (2019, s. 81-83) viser til et eksempel fra Queensland i Australia, hvor de regionale transportmyndighetene ville redusere antallet veistenginger grunnet ekstremvær. Myndighetene satte opp tre overordnede strategier for å tilpasse veiinfrastruktur til økte utfordringer fra nedbør og flom i) ingen endring («baseline»), ii) forebyggende vedlikehold («stitch-in-time») og iii) full robusthet med større investeringer i flomsikring («full-robustness»). Disse strategiene ble vurdert for syv ulike caser i ulike regioner av Queensland. Casene varierte i trafikkmengde, veifunksjon og flomfrekvens, og vurderingene ble gjort i et livsløpsperspektiv for veiinfrastrukturen. Resultatene viser til at ulike strategier er egnet for ulike veityper – hovedveier, «distrikts-hovedveier» og «radialer» og det synes som denne grovsilingen danner grunnlag for videre tiltaksanalyser.

Hvilke tiltak som passer til ulike situasjoner kan være svært lokalspesifikt. Det er derfor utfordrende å etablere et metodisk rammeverk for å identifisere og definere hvilke tiltak som skal vurderes for å møte enhver utfordring knyttet til klimaendringer. Det eksisterer tiltakskataloger, eksempelvis for ulykker (som en del av EFFEKT) og for transport og miljø¹⁰, men vi kjenner ikke til lignende oversikter for klimatilpasningstiltak.¹¹ En slik oversikt, samt

⁹ Naturfareforum er eit samarbeidsforum mellom ulike aktørar for å redusera sårbarheita for uønska naturhendingar. DSB, SVV, NVE, Landbruksdirektoratet, KS, Bane Nor, Miljødirektoratet, MET, Kartverket og Fylkesberedskapssjefane er med.

¹⁰ <https://www.tiltak.no/> [17.02.20].

¹¹ www.klimatilpasning.no/ [21.02.20] oppsummerer veiledning, erfaringer og kunnskap om klimatilpasning, også innen infrastruktur og samferdsel, men er ikke en tiltakskatalog på samme måten som tiltak.no. Nærmere en katalog for veisektoren er tiltakene gjennomgått og beskrevet i RoadApt-prosjektet og publisert som «Guideline part E»:

korte beskrivelser av virkninger, ville vært nyttig som inspirasjon til mulige tiltak for å møte en gitt utfordring. Det ville bidratt til også tiltak som i mindre grad er utprøvd, som naturbaserte løsninger, i det minste tilgjengeliggjøres for å vurderes.

Tilnærminger for å vurdere tiltak

PIARC (2019) oppsummerer ulike verktøy/tilnærminger for å vurdere økonomien i klimatilpasningstiltak i veisektoren, basert på Tröltzsch mfl. (2016). Gjennomgangen forholder seg til en bred forståelse av økonomi og verktøy, slik at den i liten grad forholder seg til samfunnsøkonomisk analyse som metode, som eksempelvis redegjort for i DFØ (2018b) og retningslinjene for analysene til de norske transportetatene¹², men gjennomgår dette mer overordnet. Metodene eller tilnærmingene vurdert oppsummeres i Figur 5.1.

Figur 5.1 Metoder/tilnærminger for samfunnsøkonomiske vurderinger av klimatilpasning (Tröltzsch mfl. 2016, s. 14)

	APPROACH	SUMMARY	POTENTIAL USE
Traditional economic decision support	Cost-Benefit Analysis	Values all costs and benefits to society of all options, and estimates the net benefits/costs in monetary options	To identify low- and no-regret options in the near future. As a decision support tool within iterative climate risk management
	Cost-effectiveness analysis	Compares costs against effectiveness (monetary/non-monetary) to rank, then cost-curves for targets/resources	As above, but for market and non-market sectors where benefits are not monetised
	Multi-criteria analysis	Allows consideration of quantitative data together for ranking alternative options	As above, but for scoping options. Can complement other tools and capture qualitative aspects
Uncertainty framing	Iterative risk management	Uses iterative framework of monitoring, research, evaluation and learning to improve future strategies	For appraisal over medium-longer term. Also applicable as a framework at policy level
Economic decision making under uncertainty	Real-option analysis	Allows economic analysis of future option value and economic benefit of waiting / information / flexibility	Economic analysis of major capital investment decisions over the medium term. Analysis of flexibility within major projects
	Robust decision-making	Identifies strategies which are optimal (robust) against a large number of plausible scenarios	Identifying combination of strategic (long-term scenario-independent) and operational (short-term scenario-dependent) decisions
	Portfolio analysis	Economic analysis of optimal portfolio of options by trade-offs between return (net present value) and uncertainty (variance)	Project based analysis of future combinations. Designing portfolio mixes as part of iterative pathways

Nytte-kostnadsanalyser («cost-benefit analysis») er metoden Statens vegvesen benytter i dag når det gjøres vurderinger av tiltak ved hjelp av EFFEKT. Metoden vurderer netto nåverdien av hypotetiske scenarier, sammenlignet med et referansescenario. Kostnader og nytte som inkluderes i denne nåverdien er gitt av elementene som inkluderes og hvilke avgrensninger som foretas – se diskusjoner i kapittel 4. Resultatet er som regel en oversiktlig sammenligning av tiltak (og manglende tiltak), i form av ett tall (netto nåverdi over analyseperioden). Dette gjør vurderinger og anbefalinger etterprøvbart og relativt enkelt kommuniserbart.

PIARC (2019) påpeker at analyser av klimatilpasningstiltak skiller seg fra «normale» tiltaksanalyser ved at det er fokus på usikkerhet og risiko. En mulighet for å synliggjøre og behandle dette i analysene er å angi en **sannsynlighetsfordeling** for at eksempelvis den forventede nåverdien vil realiseres. Dersom en har grunnlag for å angi en fordeling av investeringer og resulterende kostnader (og sparte kostnader), kan en bruke dette for å

www.cedr.eu/download/other_public_files/research_programme/call_2012/climate_change/roadapt/ROADAPT_Part_E_-_guidelines_on_adaptation.pdf [26.03.20].

¹² www.vegvesen.no/_attachment/2660124/binary/1321907?fast_title=Retningslinjer+for+transportanalyser+og+samfunns%C3%B8konomiske+analyser.pdf [17.02.20].

angi resultatene av nytte-kostnadsanalysen på ulike sannsynlighetsnivåer. Resultatet kan bli nåverdier med ulike sannsynligheter: eksempelvis at det vurderes som 50 prosent sikkert at netto kostnader ved tiltaket ikke vil overstige X kroner og 90 prosent sikkert at de ikke vil overstige Y kroner. En utfordring er at sannsynlighetsvurderinger vil måtte baseres på antagelser om sannsynlighetsfordeling og dermed også vil ha en usikkerhet ved seg. Det finnes en rekke verktøy som kan bidra til å gi sannsynlighetsfordelinger, deriblant Monte Carlo-simuleringer. PIARC (2019) foreslår at man som et utgangspunkt kan benytte resultatet av en nytte-kostnadsanalyse som midtpunktet i en normalfordeling, og halene av fordelingen kan brukes i usikkerhetsvurderinger av resultatet.

En svakhet ved en nåverdi-tilnærming er at pengestrømmene er satt i analyseperioden. I praksis kan det være rom for justeringer underveis, som kan endre tiltakskostnadene samt konsekvensene av tiltakene. Det kan derfor være nyttig å tenke på et tiltak som en investering i opsjon, som kan gi økt handlingsfrihet i framtiden. **Realopsjonstilnærmingen** («real-option analysis») grunner i finansiell litteratur, men har også interesse i også andre felt, inkludert innen offentlige investeringer (Brekke 2004). Konklusjonen av en opsjonsvurdering kan være å vente (til investeringen kanskje lønner seg), redusere eller justere eksisterende investeringsarbeid eller å investere eller øke investeringsomfanget av et gitt tiltak (PIARC 2019). Realopsjoner er relevant i klimatilpasningssammenheng, fordi kunnskapene om konsekvenser av klimaendringene og måter å møte disse stadig oppdateres.

En realopsjonstilnærming kan kombineres med en **tilpasningsplan** («adaptation pathway»), hvor en plan for iverksettelse av tiltak eller andre investeringer gir fleksibilitet for å respondere til ny informasjon og dermed kan senke kostnader og/eller øke nytten av tiltaket (PIARC 2019). Tradisjonelle nytte-kostnadsanalyser tar ikke innover seg muligheten for slik dynamisk optimalisering. Det kan imidlertid kombineres med en bevisst strategi som hensyntar usikkerheten ved klimatilpasning, som drøftet i delkapittel 5.1.

En annen tilnærming beskrevet av PIARC (2019) er **multikriterie-analyse**. Dette er en metode for å sammenligne muligheter på tvers av mange aspekter samtidig. Som kort diskutert i delkapittel 4.3 er det flere aspekter i nytte-kostnadsanalysene som ikke blir prissatt og dermed ikke inngår i nåverdi-anslagene. I en multikriterie-analyse åpnes det for å behandle de prissatte og ikke-prissatte konsekvensene på en mer likeverdig måte. Dette kan også inkludere andre aspekter, som politisk gjennomførbarhet og sosial aksept (PIARC 2019). Ulempen er at kriteriene som settes opp og vurderinger basert på disse er mer subjektive enn kostnadsanslag. Dette reduserer etterprøvbareheten til metoden og muligheten for å sammenligne resultater på tvers av studier/analyser.

Figur 5.2 oppsummerer Tröltzsch mfl. (2016) sine vurderinger av styrker og svakheter, samt behandling av usikkerhet, for metodene PIARC (2019) inkluderer i gjennomgangen sin.

Figur 5.2 Styrker og svakheter til metodene beskrevet i Figur 5.1 (Tröltzsch mfl. 2016, s. 14)

METHOD	STRENGTHS	CHALLENGES	DEALING WITH UNCERTAINTY
Cost-benefit analysis	Most useful when climate risk probabilities are known and sensitivity is small. Also where clear market values can be used	Valuation of non-market sectors / non-technical options. Uncertainty limited to probabilistic risks / sensitivity testing	Does not explicitly deal with uncertainty, but can be combined with sensitivity testing and probabilistic modelling
Cost-effectiveness analysis	As above, but for non-monetary sectors and where pre-defined objectives must be achieved	Single headline metric difficult to identify and less suitable for complex or cross-sectoral risks. Low consideration of uncertainty	Does not explicitly deal with uncertainty, but can be combined with sensitivity testing and probabilistic modelling
Multi-criteria analysis	When there is a mix of quantitative and qualitative data	Relies on expert judgement or stakeholders, and is subjective, including analysis of uncertainty	Can integrate uncertainty as an assessment criterion, however usually relies on subjective expert judgement or stakeholder opinion
Iterative risk management	Useful where long-term and uncertain challenges, especially when clear risk thresholds	Challenging when multiple risks acting together and thresholds are not always easy to identify	Deals explicitly with uncertainty by promoting iterative analysis, monitoring, evaluation and learning
Real-option analysis	Large irreversible decisions, where information is available on climate risk probabilities	Requires economic valuation (see CBA), probabilities and clear decision points	Deals explicitly with uncertainty by analysing the performance of adaptation for different potential futures
Robust decision-making	When uncertainty and risk are large. Can use a mix of quantitative and qualitative information	Requires high computational analysis and large number of runs	Explicitly incorporates uncertainties and risks, in particular, systemic dependent risks, to derive robust solutions
Portfolio analysis	When number of complementary adaptation actions and good information	Requires economic data and probabilities. Issues of interdependence	Deals explicitly with uncertainty by examining the complementarity of adaptation options for dealing with future climates

Nærmere om nytte-kostnadsanalyse

Siden dagens vurderinger av nye investeringer i vegvesenet (og andre offentlige organer) i stor grad er basert på nytte-kostnadsanalyser (NKA), gir vi her en noe nærmere beskrivelse av status og utfordringer for NKA i veisektoren.

NKA er en metode for å veie prissatte nyttevirkninger og kostnader opp mot hverandre. Metoden skal:

- Identifisere alle nytte- og kostnadsvirkninger av et prosjekt i hele dets levetid fra samfunnets synsvinkel.
- Veie nytte og kostnadsvirkningene sammen ved hjelp av vurdering og verdsetting av virkningene i kroner så langt det er mulig og hensiktsmessig.
- Beskrive virkningene som ikke lar seg verdsette i kroner, og inkluderer disse i vurderingen av prosjektets samfunnsøkonomiske lønnsomhet.
- Beskrive og vurdere eller beregne usikkerhet og gjør rede for fordelingsvirkninger.

En NKA skal i prinsippet inkludere alle verdier og kostnader for samfunnet som skapes eller påløper i prosjektets levetid. Analysen inkluderer altså virkninger for hele samfunnet, og ikke virkninger kun for én bedrift, én gruppe personer eller ett budsjett. I praksis vil imidlertid ikke alle virkninger være prissatt. Rundskriv 109/14 (Finansdepartementet 2014) og DFØ (DFØ 2018b, 2018a) definerer metoden nærmere og beskriver gjennomføringstrinnene i større detalj.

Veisektoren benytter allerede verktøy for nytte-kostnadsanalyser, som brukes for en rekke ulike tiltak knyttet til veginfrastruktur med konsekvenser for trafikanter og andre, og hvor virkningene inntreffer på ulike tidspunkt. Hovedverktøyet for disse analysene i Statens vegvesen er EFFEKT, hvor beregningsprinsipper og metodikk bygger på Håndbok V712 og generelle føringer for samfunnsøkonomiske analyser (se kort omtale i delkapittel 3.2).

I enhver sektor som ønsker å utforske nye aspekter, er det som regel enklere å tilpasse eksisterende metoder for å ivareta aspektene enn å introdusere nye tilnærminger/metoder. Utfordringen er om slike tilpasninger er tilstrekkelig for å imøtekomme behovene eller om det er nødvendig med nye metoder og verktøy. Tiltaksanalyser av klimatilpasningstiltak i en smal forstand (se kapittel 3) eller der klimatilpasning kan inngå som en del av investeringer som allerede vurderes i veisektoren, lar seg gjøre i vegvesenets eksisterende metodeverktøy.

Selseng mfl. (2019) gjennomfører nytte-kostnadsanalyser av syv foreslåtte tiltak for å redusere klimarisiko på delstrekningen E39 Agder-Gulen. Metodikken er prinsipielt lik den som benyttes i tiltaksanalyser i EFFEKT, med unntak av en indikator på klimaendring (se delkapitlet under). Resultatene er at flere av tiltakene som er foreslått anslås som samfunnsøkonomiske lønnsomme når klimaendringer hensyntas i analysene. Dette inkluderer skredsikring, utbedring av stikkrenner og nye overvannsløp. Resultatet indikerer at det underinvesteres i tiltak som reduserer naturfarehendelser. Nytteløshetsanalyser som ikke tar innover seg klimaendringer, kan dermed overse tiltak som er potensielt svært samfunnsøkonomisk lønnsomme å gjennomføre i dag.

Endring i risiko som inndata til nytte-kostnadsanalyse

I Selseng mfl. (2019) skisseres det hvordan en endring i risiko som følge av klimaendringer kan integreres i nytte-kostnadsanalyser av tiltak. Risiko-indikatorene ble produsert ved hjelp av Quickscan-metodikken, utviklet i ROADAPT-prosjektet.¹³ Gjennom arbeidsverksteder med byggeledere, prosjektledere og andre i vegvesenet gjøres vurderinger og prioriteringer av de største naturfarene på gitt strekninger med dagens og framskrivninger av framtidens klima. Disse foreslår også hensiktsmessige tiltak for å redusere påvirkningen på infrastruktur ved hendelse. Resultatet, som blir inndata til nytte-kostnadsanalysene, er anslag på endret frekvens av ulike hendelser grunnet klimaendringer samt endret frekvens for påvirkning med klimaendringer og tiltak. Disse endringene i sannsynlighet brukes for å produsere forventet netto nåverdi med og uten tiltak.

Frekvensene angis som sannsynlighets kategorier på arbeidsverkstedene, og operasjonaliseres i et nedre og et øvre frekvensanslag, som gjengitt i Tabell 5.2.

Tabell 5.2 Operasjonalisering av risikoendring som inndata til nytte-kostnadsanalyser

Nivå	Kategori	Frekvens	Nedre frekvens-anslag (per år)	Øvre frekvens-anslag (per år)
1	Svært sjelden	Sjeldnere enn hvert 50. år	0,00	0,02
2	Sjelden	En gang hvert 10 til 50 år	0,02	0,10
3	Noen ganger	En gang hvert 3 til 10 år	0,10	0,33
4	Ofte	En gang hvert 1 til 3 år	0,33	1,00
5	Svært ofte	Flere ganger i året	1,01	10,00

Endring i frekvens (sannsynlighet) som indikator på endring av klimarisiko er en relativt sterk forenkling. Særlig vil det ikke fange opp endringer i intensitet eller omfang av hendelser (konsekvens). Det gjør også at resultatene blir svært sensitive på disse anslagene. Endring i konsekvens kan også inkluderes i NKA, men vi er ikke kjent med verktøy som produserer nødvendige indikatorer på dette (se også diskusjoner i kapittel 5).

Indikatoren på endring i sannsynlighet kan forbedres ved å:

¹³ www.cedr.eu/download/other_public_files/research_programme/call_2012/climate_change/roadapt/ROADAPT_Part_C_-_guidelines_on_vulnerability_assessment_method.pdf [18.02.20]

- 1) differensiere frekvensanslagene avhengig av trussel, slik at eksempelvis frekvenskategoriene for veistenging grunnet overvann er ulik frekvenskategoriene for skred. Det gir høyere presisjonsnivå, særlig når hendelser grunnet trusler med svært ulike frekvenser inkluderes i det samme arbeidet.
- 2) Oppgi frekvensanslagene direkte, med et nedre og et øvre frekvensanslag, i stedet for å oppgi det indirekte gjennom sannsynlighetskategoriene, kan. Dette vil øke presisjonsnivået, siden frekvensanslagene er spesifikke for hver trussel og hvert tiltak.

Videre er indikatoren i stor grad et resultat av oppfatningene til deltakerne på arbeidsverkstedet – den er dermed subjektiv. På oppdrag for Nye Veier har NGI gjennomført en overordnet kartlegging av klimarelaterte naturfarer på deres portefølje. Kartleggingen er knyttet til ROS-metodikken og inkluderer egne usikkerhetsvurderinger. Snøskred, steinsprang, jord- og flom-skred, kvikkleireskred, flom, vind og snødrift og stormflo vurderes. Kartleggingen er basert på tilgjengelig kartmaterialer og klimaframskrivninger fram mot 2100, og gir i så måte mer «objektive» indikatorer på klimarisiko enn Quicscan-arbeidet. En ulempe, sammenlignet med Quicscan, er at uformell kunnskap hos prosjektledere o.l. ikke fanges opp i like stor grad. Quicscan-metodikken synes også å være mer fleksibel.

For alle utviklinger av verktøy for tiltaksanalyser som ivaretar klimaendringer i vegvesenet vil tre kriterier være relevant å vurdere:

- 1) Verktøyet bør ha presisjon til å avdekke aspektene vi ønsker å avdekke – klimarisiko, endringer i klimarisiko og kostnadene knyttet til dette og tiltak for å redusere risikoen.
- 2) Verktøyet bør kunne veie de ulike aspektene oppimot hverandre og presentere resultatene av dette tydelig, fortrinnsvis hvor usikkerheten ved resultatene og hva denne grunner i også er synliggjort.
- 3) Der usikkerheten er for stor til å vurdere tiltak eller prioriteringen av tiltak, bør dette håndteres særskilt, slik at usikre løsninger ikke uforholdsmessig nedprioriteres.
- 4) Utviklingen bør være gjennomførbart, det vil si at verktøyet bør relativt enkelt kunne tas i bruk av analytikerne i vegvesenet.

Kriteriene 1) og 2) er drøftet i kapittel 4 og 5 i dette notatet. Kriterium 3) er en iboende utfordring ved nytte-kostnadsanalyser og blir en tydeligere utfordring i de usikre forholdene klimaendringene skaper. Alt annet likt, kan det være riktig å prioritere tiltak med sikrere utfall, mens det i praksis kan tenkes at usikre tiltak nedprioriteres uforholdsmessig. I en situasjon med stor usikkerhet kan en nåverdiberegning som gir omtrent null i samfunnsøkonomisk nytte, ha potensielt stor oppside med tilsvarende nedside. I slike tilfeller kan det være hensiktsmessig å gjøre egne undersøkelser av usikkerheten og om det er grunn til å tro at usikkerheten ikke er symmetrisk. Dette kan innbakes i metodikken ved å sette krav til videre utredning dersom usikkerheten er tilstrekkelig stor.

Kriterium 4) handler mer om institusjonell gjennomførbart: hvordan kan utviklingen av et verktøy legge til rette for opptak i eksisterende vurderinger av veiinfrastruktur og tiltak i vegvesenet? En utvikling som gjør mindre endringer på eksisterende verktøy vil eksempelvis ha høy gjennomførbart. Dersom kriteriene 1) og 2) kan (delvis) svares ut ved en modifikasjon av EFFEKT eller gjennom en modul som enkelt lar seg integrere i EFFEKT, kan dette være en bedre løsning enn om kriteriene 1) og 2) oppfylles svært godt, uten å være gjennomførbart. En god løsning er et verktøy som inkluderer de ønskede aspektene på en tilfredsstillende og tilgjengelig måte i beslutningsgrunnlag for investeringer i veisektoren.

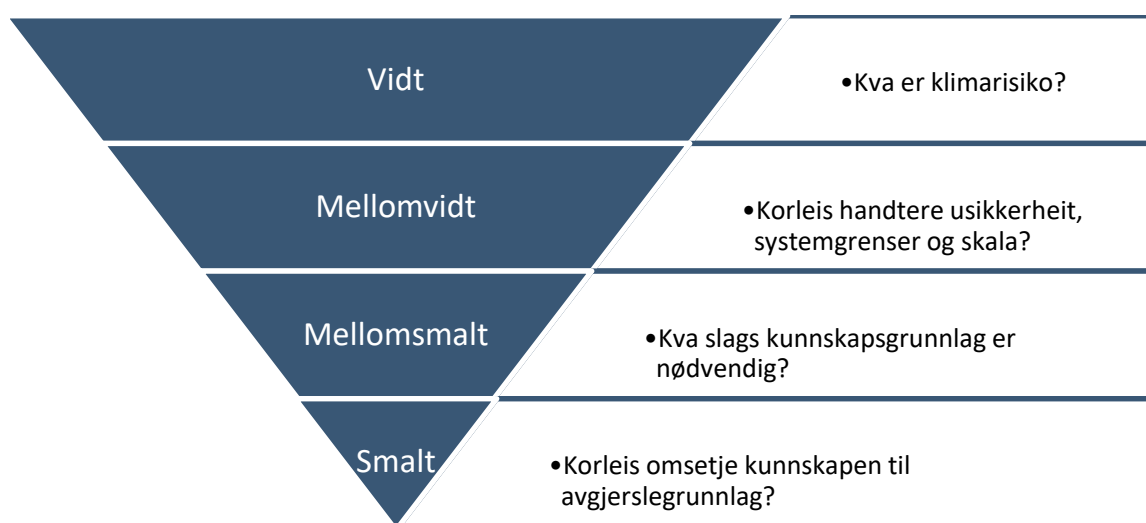
En mulig løsning med indikasjon på aspektene i 1), som legger til rette for gode avveininger og presentasjon og som gjennomføres ved å videreutvikle eksisterende analyseverktøy er å utvikle en enkel klimatilpasningsmodul til EFFEKT. Modulen kan designes til å gjennomføre gjentatte kjøring av relevante nytte-kostnadsanalyser av tiltak som uansett gjennomføres i EFFEKT. Dette kunne vært gjennomført ved at en anslår endring i framtidig

frekvens for hendelser knyttet til trusselen som vurderes, sammenlignet med dagens situasjon. Dagens situasjon er lik den som vurderes i utgangspunktet i EFFEKT. Endret framtidig frekvens anslås gitt at tiltaket som vurderes blir implementert. Det betyr at modulen gjennomfører hver NKA i EFFEKT (minst) to ekstra ganger. Anslått frekvens definerer forskjellen mellom kjøringene. Gjennomføringen av en slik modul fordrer at inndataene om frekvens kan endres i EFFEKT. Sammenlignet med et selvstendig verktøy er svakheten med modul-tilnærmingen at en i større grad er begrenset av eksisterende rammeverk i hvordan man kan vurdere virkningene av klimaendringer i analysene. Dersom eksempelvis vedlikeholdskostnader skal behandles på en annen måte, vil dette kanskje kunne medføre større endringer i selve EFFEKT. Det gjør modultilnærmingen mindre fleksibel enn å utvikle et selvstendig verktøy.

6 Vegene vidare

Målet med dette kapitlet er å oppsummera dei viktigaste poenga og kunnskapshola sett frå fire nivå av problemstillingar og perspektiv, som strekker seg frå det meir abstrakte og overordna til det heilt konkrete. Me kallar dei *det vide perspektivet*, *det mellomvide perspektivet*, *det mellomsmale perspektivet* og *det smale perspektivet*. Det vide perspektivet handlar om problemstillingane knytt til den store usikkerheita om framtida og klimaendringane og er basert på kapittel 2. Det mellomvide perspektivet handlar om handteringa av usikkerheit og tolkinga av klimatilpassingstiltak og er basert på kapittel 3, 5.1 og 5.2. Det mellomsmale perspektivet handlar om kunnskapsgrunnlaget som er naudsynt for å kunne vurdere og gjera prioriteringar i klimatilpassingsarbeidet og er basert på kapittel 4. Til slutt handlar det smale perspektivet om *korleis* ein kan gjera desse vurderingane og prioriteringane for konkrete tiltak og verkemiddelbruk, basert på delkapittel 5.3.

Figur 6.1 Problemstillingar under fire forståingsnivå av klimatilpassingsarbeidet – frå eit vidt til eit smalt perspektiv



Kva slags forståing ein legg til grunn for problemstillingane innanfor dei vide perspektiva formar korleis ein jobbar med problemstillingane innanfor dei smalare perspektiva. Poenget med å dela det inn på denne måten, er å synleggjera at desse perspektiva heng saman, og å visa at ei kunnskapsinnhenting og metodeutvikling innanfor dei smale perspektiva må foreinast med dei vide perspektiva for å føra til langsiktig robust klimatilpassing.

6.1 Det vide perspektivet

Klimaet endrar seg på ein måte som er kompleks og ikkje-lineær. Det er grunnleggande usikkerheit knytt til dei fleste spørsmål omkring konsekvensane, der noko er grunna både epistemisk usikkerheit (mangelfullt kunnskapsgrunnlag), men òg stokastisk usikkerheit (tilfeldig variasjon styrer prosessane), og noko fordi konsekvensane, og utviklinga, i stor grad er prega av ein gjensidig påverknad mellom samfunnet og klimaet. Det er grunnen til at den tradisjonelle operasjonaliseringa av risiko, som ein funksjon av sannsynet for *at* noko skjer og konsekvensen *dersom* det skjer, sjeldan strekk til for å analysere klimarisiko.

Eit av dei viktigaste spørsmåla me gjerne skulle hatt svar på, er om me kjem til å nå utsleppsmåla. Dersom svaret er ja, kva slags transportsystem får me då, og kva vert Vegvesenet si rolle i prosessen? Dersom svaret er nei, kva slags verd får me, og kva vert Vegvesenet si rolle i den verda? Desse spørsmåla fell innanfor det ein kallar overgangsrisiko. I motsetnad til fysisk risiko, omfattar denne typen risiko korleis *overgangen* til eit lågutslepps-samfunn kan påverka sektoren, og er knytt til politiske, teknologiske og marknadsstyrte mekanismar som endrar

føresetnadane undervegs. Her finst det naturlegvis ikkje noko fasit. Difor er bruken av fleire stiliserte scenario, som kan skissera korleis politikk, teknologi, samfunn, kultur og økonomi endrar seg i takt med kvarandre i forskjellige alternative framtider eit av få verktøy ein kan bruka for å stresstesta lønsemda og korleis risikoen vert påverka av eit tiltak.

Usikkerheita knytt til klimaendringane er stor og kan virka uoversiktleg. Det betyr ikkje at den ikkje går an å systematisera og konkretisera, og sidan handtera, på formålstenleg vis. Både Aven (Aven 2018) og Aall (2011b) lanserer retningslinjer for korleis usikkerheit kan bli «diagnostisert» og forstått ved å stilla spørsmål ved bakgrunnskunnskapen, modellane, semja blant ekspertane, årsakskjedene, lokaliseringa og typen.

Mange av desse problemstillinga fell utanfor Vegvesenet sitt oppdrag per i dag. Men det er samstundes nødvendig å vera klar over deira eksistens, ettersom forståinga av desse storleikane vil prega Vegvesenet sitt oppdrag i åra framover. I nokon vegprosjekt bør ein likevel innom desse spørsmåla allereie i dag. Dei aller største vegprosjekta, som kostar samfunnet stort og som vil ha store konsekvensar i lang tid, som ferjefri E39, bør ha eit klart definert bilete av klimarisiko og alle eigenskapane ved omgrepet.

6.2 Det mellomvide perspektivet

Sjølv om modellane som brukast til å framskriva konsekvensar av klimaendringar ein gong vert heilt perfekte, vil ikkje usikkerheita forsvinna. Det fører til at ein blir nøydd til å gjera investeringar og tiltak på tross av, og under, monaleg grad av usikkerheit knytt til både effekt og lønsemd. Me oppsummerer tre hovudstrategiar for korleis usikkerheit kan takast omsyn til:

- 1. Føre-var-prinsippet og forsiktighet.** Innanfor klimatilpassing handlar føre-var-prinsippet om gjera tiltak som styrkar resiliens og robustheit, som skapar system og infrastruktur som toler ulike former for endringar og stress, både kjente og ukjente, og har evna til å tilpasse seg desse undervegs. Praktiske verktøy for å oppnå dette er til dømes tilpassingsplanar, eller «adaptation pathways». Det er planar for iverksetjing av tiltak der ulike scenario og samsvarande tiltaksalternativ gjerne er kartlagt på førehand, noko som gir fleksibilitet til å respondera til ny informasjon undervegs.
- 2. Diskursiv handtering.** Diskursiv handtering går ut på å inkludera berørte partar, som eksterne private og offentlege aktørar og representantar for sivilsamfunnet, og forsøka å bygga truverd og tillit, og redusera tvitydigheit. Det er ein særskilt relevant strategi i situasjonar klimarisiko vert handsama og oppfatta ulikt blant ekspertar på tvers av fagfelt, for å styrka avgjerslegrunnlaget.
- 3. Vente-og-sjå.** I nokre tilfelle kan det vera fornuftig å venta med tiltak i staden for å gjennomføra dei. Det gjeld spesielt der dei lokale ressursane er avgrensa og det manglar politisk vilje, og tiltak og verkemiddel manglar fullstendig. Det kan òg gjelda der kunnskapsgrunnlaget er fullstendig sprikande, til dømes kring vindsituasjonen lokalt i framtida, der forskinga enno ikkje har god nok forståing til å slå fast noko som helst.

I tillegg til handteringa av usikkerheit, er forståinga og definisjonen av klimatilpassing avgjerande for kva tiltak ein gjennomfører og korleis ein gjennomfører tiltaka. Dersom Vegvesenet, som sektoretat, har fokuset utelukkande på truslane som påverkar eller treff vegen, altso ein «smal» definisjon av klimatilpassingstiltak, vil tiltak blir forma deretter. Det sektoriserde klimatilpassingsansvaret i norsk forvaltning gjer at ulike tiltak basert på ulike behov i ulike sektorar kan føra til at sektorane gjer kvarandre sårbare, som til dømes i arealspørsmål. Eit anna døme på potensielle fallgruver ved å nytta ein «smal» definisjon av klimatilpassingstiltak er at systemgrensene ein set i risikoanalysen raskt vert avgrensa slik at ein overser eller går glipp av effektive og billige tiltak. Ofte er dette tiltak som rimeleg kan gjennomførast av andre aktørar, eller innanfor andre aktørar sitt

ansvarsområde. Eksempla frå Gudbrandsdalen i rapporten «Føre-var, etter-snar eller på-stedet-hvil?» viser at store kostnader både ved førebygging av, og gjenoppretting etter, flaumhendingar kunne vore unngått ved å gjera målretta tiltak på områder som høyrer til andre aktørar og sektorar.

Det finst truleg mange slike situasjonar, der kostnadane og nytten av eit tiltak fordeler seg ulikt mellom sektorar. Eit tiltak i éin sektor kan ha stor nytte i ein annan sektor og eit tiltak i éin sektor kan negativ påverknad i ein annan sektor. Truleg finst det òg mange situasjonar der fleire sektorar og aktørar ville hatt lik nytte dersom eit tiltak var gjennomført, og dermed kunne ha delt kostnadane, men som aldri blir gjennomført av to grunnar: fordi det finst lite metodikk som fangar opp desse potensielle *vinn-vinn*-situasjonane, og fordi sektororganiseringa av klimatilpassing ikkje legg opp til at slike interesser skal møtast. Naturfareforum er ein av få møteplassar på eit høgare forvaltingsnivå mellom sektorinteresser, og eit utvida mandat i ei slik gruppe kunne fasilitert eit nærare samarbeid som hadde ført til ei gjensidig styrking av klimatilpassingsarbeidet hjå fleire aktørar.

6.3 Det mellomsmale perspektivet

Gjennomgangen av kunnskap om kostnader i kapittel 4 pekte på fem tema hvor det er nødvendig med kostnadsanslag for å vurdere lønnsomheten til klimatilpassingstiltak. Det følgende oppsummerer vurderingene gjort for hvert av temaene.

For **drift- og vedlikeholdskostnader** viser vi til at det er viktige mangler i kunnskapsgrunnlaget. Det er imidlertid pågående prosesser for å forbedre dette i Klima 2050, hvor Statens vegvesen er en viktig partner. Særlig er det relevant med kunnskap endringer i drift- og vedlikeholdskostnader som følge av økt belastning på asfalt, stikkrenner, grøfter og annen infrastruktur av mer intens nedbør. Framskrivningene for endret nedbør eksisterer, men det mangler i dag anslag på hvordan endret nedbørsmønster påvirker drift- og vedlikeholdskostnader.

For **reparasjon- og gjenoppbyggingskostnader** er det noe mangler i kunnskapsgrunnlaget. Anslag på enhetskostnader i eksisterende analyseverktøy samt erfaringstall fra prosjektledere m.m. er i stor grad dekkende, sammenlignet med andre kunnskapsbehov. Hensyn som kan drøftes er hvilken stand infrastrukturen skal opprettes til – opprinnelig, utbedret eller med lavere standard, og dermed om arbeidet kan endre det framtidige kostnadsbildet – og hvem som bærer kostnadene – utbygger (Statens vegvesen, forsikringsaktører eller andre).

For **indirekte kostnader** er det flere mangler i kunnskapsgrunnlaget. Flere av de indirekte kostnadene er prissatt og inkluderes i eksisterende analyser i EFFEKT. Disse vil også være relevante for vurderinger innen klimatilpassing. Her er en mulig større utfordring at framskrivningene av omfang og mønster av trafikk er usikker (se overgangsrisiko). Kostnader som ikke er prissatt kan få økt betydning i kontekst av klimaendringene – f.eks. kan press på naturmangfold og naturressurser føre til økt knapphet og dermed mulig økt viktighet av negative konsekvenser på dette. Videre kan andre indirekte kostnader som ikke behandles i dag bli relevante. Eksempelvis kan økt omfang – samt økt fokus på – naturfare føre til en økt opplevelse av utrygghet eller frykt. Samlet sett er det behov for bedre oversikt over hvordan alle indirekte kostnader kan utvikle seg framover med klimaendringer, teknologiske utviklinger og andre samfunnsendringer.

For **tiltakskostnader** viser vi til delvise mangler i kunnskapsgrunnlaget. Prosjektledere og andre i vegvesenet har gode erfaringsbaserte kostnadsanslag på kjente tiltak, som rassikring og utbedring av stikkrenner. For tiltak som i mindre grad er utprøvd, som naturbaserte løsninger, eller tiltak som er sensitive for intensiteten av hendelsene (f.eks. at det er behov for større dimensjon på stikkrenne) har kunnskapsgrunnlaget større mangler. I et videre perspektiv på tiltak, er det behov for kunnskap om kostnader ved større omstillingstiltak og hvem som bør bære kostnadene.

Til slutt drøfter vi mulige **kostnader knyttet til overgangsrisiko**. Det er mangler i kunnskapen om hvordan en overgang til lavutslippssamfunnet vil påvirke lønnsomheten til tiltak i veisektoren. For eksempel vil en slik overgang trolig påvirke transportmønster og -omfang, som vil særlig ha konsekvenser for tiltakets virkning på trafikkantnytte. Dette er imidlertid et kunnskapshull som ikke er avgrenset til klimatilpasningsarbeidet og det arbeides med bedre framskrivninger og behandling av usikkerheten i framskrivningene.

6.4 Det smale perspektivet

Når en har valgt seg en overordnet måte å håndtere klimarisiko på, samt hvordan en forholder seg til usikkerhet, systemgrenser og skala, og en har et kunnskapsgrunnlag, er det nødvendig med metoder for hvordan omsette kunnskap til beslutningsgrunnlag. Verktøy for å analysere kunnskapene og prioritere tiltak står sentralt her.

I delkapittel 5.3 går vi gjennom tilnærminger for å identifisere og vurdere tiltak. I gjennomgangen peker vi på flere ulike tilnærminger (særlig basert på gjennomgangen til PIARC 2019). Vi drøfter også nytte-kostnadsanalyse nærmere, siden dette er sentralt for dagens vurderinger av tiltak i vegvesenet. Vi peker på at eksisterende verktøy for nytte-kostnadsanalyse kan utvikles til å inkludere klimarisiko gjennom endrede sannsynligheter for hendelser. Dette kan være et første steg for å bedre inkludere klimaendringene i vegvesenets analyser. Videre arbeider kan vurdere i hvilken grad dette er en god forenkling og om et slikt smalt perspektiv er tilstrekkelig eller om det overser tilgrensende problemstillinger/konsekvenser og mer utradisjonelle tiltak.

Arbeidet med klimatilpasning foregår under stor usikkerhet rundt klimaendringer og konsekvensene. I en slik situasjon kan det være behov for mer fleksible tilnærminger enn nytte-kostnadsanalyse med nåverdiberegninger. Å benytte realopsjonsteori har vært diskutert og i noen grad benyttet for å vurdere offentlige investeringer. En realopsjonstilnærming vil regne på verdien av fleksibilitet i investeringsprosjektet. Her vil en altså i større grad legge opp til og utnytte fleksibilitet for å tilpasse seg endrede forhold, for eksempel ved oppdatert kunnskap om risikoen for en gitt type hendelse. Dette kan eksempelvis kombineres med en tilpasningsplan («adaptation pathway») som vurderes og revideres fortløpende og eventuelt supplert med nytte-kostnadsvurderinger. Slike tilnærminger er i mindre grad undersøkt og brukt i Statens vegvesen, men det eksisterer erfaringer fra andre sektorer og fra klimatilpasningsarbeid i andre land en kan lære av.

Selv om det er mangler i kunnskapsgrunnlaget, som beskrevet i delkapitlet over, fremstår *manglende metoder for å anvende kunnskapene* som en større mangel på veien til å vurdere lønnsomheten av klimatilpasningstiltak i veisektoren. Metodene må anslå nytte- og kostnadsvirkninger ved ulike klimatilpasningstiltak, og samtidig være integrert eller koplet på en konsistent måte med det øvrige modellapparatet. Metodikken vil ha som mål å komme fram til de mest lønnsomme veiprojektene, der alle potensielle nytteeffekter vurderes i sammenheng. Presisjon og fleksibilitet i verktøyet må derfor avstemmes mot gjennomførbarhet og konsistens med øvrige verktøy i transportsektoren, før en kan bestemme seg for en metode og utvikle og implementere denne.

Referanseliste

- Aall, Carlo (red). 2011a. «Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. Delrapport 3: Egne analyser av sårbarhet overfor klimaendringer belyst med eksempler fra ulike kommuner». *Vestlandsforskningsrapport*, nr. 1.
- . 2011b. «Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur Delrapport 4: Egne analyser av tilpasningsmuligheter belyst med eksempler fra ulike kommuner». *Vestlandsforskningsrapport*, nr. 2.
- Aall, Carlo, Marta Baltruszczyk, Kyrre Groven, Anders-Johan Almås & Frode Vagstad. 2015. «Føre-var, etter-snar eller på-stedet-hvil? Hvordan vurdere kostnader ved forebygging opp mot gjenoppbygging av fysisk infrastruktur ved naturskade og klimaendringer?»
- Aven, Terje. 2014. *Risk, Surprises and Black Swans. Risk, Surprises and Black Swans*. London: Routledge.
- . 2016. «Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation». *European Journal of Operational Research*.
- . 2018. «Om risiko og usikkerhet. Grunnleggende begreper, prinsipper og metoder for å forstå, analysere, beskrive og styre risiko og usikkerhet, med fokus på klimarisiko». I *NOU 2018:17. Klimarisiko og norsk økonomi*.
- Bles, Thomas, Mike Woning & Yves Ennesser. 2015. «ROADAPT Roads for today, adapted for tomorrow Guideline: Part B Performing a Quick scan on risk due to climate change».
- Brekke, Kjell Arne. 2004. «Realopsjoner og fleksibilitet i store offentlige investeringsprosjekter». *Concept-rapport*, nr. 8.
- Dannevig, Halvor, Kyrre Groven & Carlo Aall. 2016. «Naturfareprosjektet. Oktoberflaumen på Vestlandet i 2014».
- DFØ. 2018a. *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*. Oslo: Direktoratet for økonomistyring (DFØ).
- . 2018b. *Veileder til utredningsinstruksen - instruks om utredning av statlige tiltak*. Oslo: Direktoratet for økonomistyring (DFØ).
- Evensen, R., Å. Holen, A. Mahle, ViaNova, T. Østmoen, mfl. 2013. «Kostnader av klimaendringer». *Statens vegvesens rapporter*, nr. 213.
- Field, Christopher B., Vicente R. Barros, David Jon Dokken, Katharine J. Mach, Michael D. Mastrandrea, mfl. 2014. *Climate change 2014 impacts, adaptation and vulnerability: Part A: Global and sectoral aspects: Working group II contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Climate Change 2014 Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part A: Global and Sectoral Aspects*.
- Field, Christopher B., Vicente Barros, Thomas F. Stocker, Qin Dahe, David Jon Dokken, mfl. 2012. *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: Special report of the intergovernmental panel on climate change. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Figenbaum, Erik, Inga Margrete Ydersbond, Astrid Helene Amundsen, Daniel Ruben Pinchasik, Rebecca Jayne Thorne, mfl. 2019. «360 graders analyse av potensialet for nullutslippskjøretøy». *TØI-rapport*, nr. 1744.
- Finansdepartementet. 2014. «Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv. Rundskriv R-109/14».
- Frenken, Koen & Juliet Schor. 2017. «Putting the sharing economy into perspective». *Environmental Innovation and Societal Transitions* 23: 3–10.
- Fridstrøm, Lasse. 2019. «Dagens og morgendagens bilavgifter». *TØI-rapport*, nr. 1708.

- Hallegatte, Stéphane. 2009. «Strategies to adapt to an uncertain climate change». *Global Environmental Change*.
- Handberg, Øyvind Nystad, Christian Grorud & Annegrete Bruvoll. 2018. «Modenhetsnivået til kjøretøy- og fartøyteknologier for alternative drivstoff / energibærere». *Menon-publikasjon*, nr. 122.
- Handberg, Øyvind Nystad, Ellen Balke Hveem, Simen Pedersen, Sunneva Juliebø & Annegrete Bruvoll. 2019. «Bildedeling og klimagevinster i Trondheim». *Menon-publikasjon*, nr. 18.
- Klinke, Andreas & Ortwin Renn. 2002. «A new approach to risk evaluation and management: Risk-based, precaution-based, and discourse-based strategies». *Risk Analysis*.
- Kristensen, Niels Buus. 2019. «Framtidens transportbehov Analyse og fortolkning av samfunnstrender: Analyse og fortolkning av samfunnstrender og teknologiutvikling». *TØI-rapport*, nr. 1723.
- Madslien, Anne, Nina Hulleberg, Inger Beate Hovi & Christian Steinsland. 2019. «Framtidens transportbehov Følsomhetsberegninger av». *TØI-rapport*, nr. 1722.
- Magnussen, Kristin, Kristina Wifstad, Aase Rangnes Seeberg, Svein Erik Bakken, Agata Banach, mfl. 2017. «Naturbaserte løsninger for klimatilpasning». *Menon-publikasjon* 61.
- Magnussen, Kristin, Anja Wingstedt, Ingeborg Rasmussen & Rasmus Reinvang. 2015. «Kostnader og nytte ved overvannstiltak». *Miljødirektoratet-rapport*, nr. 305.
- Mehta, Lyla, Melissa Leach & Ian Scoones. 2001. «Editorial: Environmental Governance in an Uncertain World». *IDS Bulletin*.
- Meld. St. 33. 2016. *Nasjonal transportplan 2018-2029*. Oslo: Samferdselsdepartementet.
- Myrabø, S., M. Viklund, K. Øvrelid, E.K. Øydvin, G. Petkovic, mfl. 2016. «NIFS - sluttrapport FoU-programmet Naturfare, infrastruktur, flom og skred (2012-2015)». *NVE-rapport*, nr. 43.
- NENT. 2016. «Forskningsetiske retningslinjer for naturvitenskap og teknologi».
- NOU. 2018. *Klimarisiko og norsk økonomi*. Oslo: Finansdepartementet.
- OECD. 2016. *Management of Flood Risk*. Paris: OECD.
- Parry, Martin L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden & C.E. Hanson. 2007. «IPCC, 2007: Summary for Policymakers». I *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- PIARC. 2019. *Adaptation Methodologies and Strategies to Increase the Resilience of Roads to Climate Change – Case Study Approach*. Paris: World Road Association (PIARC).
- Prytz, N., F. S. Nordbø, J. D. R. Higham & H. Thornam. 2018. «Utredning om konsekvenser for Norge av klimaendringer i andre land». Oslo.
- Schneider, S. H. & K. Kuntz-Duriseti. 2002. «Uncertainty and Climate Policy». I *Climate Policy: A Survey*, redigert av S. H. Schneider, A. Rosencranz og J. O. Nilse, 53–87. Washington DC: Island Press.
- Selseng, Torbjørn, Øyvind Nystad Handberg, Ellen Balke Hveem & Carlo Aall. 2019. «Morgondagens klimarisiko og kost-nyttevurderingar for veg - testing av to verktøy for Statens vegvesen». *Vestlandsforskningsrapport*, nr. 12.
- Selstad, Tor. 2008. «Norge gjennom hundre år 1960-2060».
- Siedler, Christoph Endresen. 2015. «Samfunnsøkonomiske kostnader av Gudbrandsdalsflommen 2013». *NVE-rapport*, nr. 93.
- Skogvold, Thomas, Lisa Emilie Hoven, Jean Pierre Bramslev, Nils Roar Sælthun, Tor Valla, mfl. 2018. «Klimatilpassing: Kost-/nytteanalyse for overvannstiltak langs vei». *Miljødirektoratet-rapport*, nr. 1103.

St.meld. nr. 16. 2008. *Nasjonal transportplan 2010-2019*. Oslo: Samferdselsdepartementet.

Statens vegvesen. 2013. «Klima og transport. Sluttrapport for FoU prosjektet. Statens vegvesens rapporter nr. 210».

———. 2014. *Håndbok R610 - Standard for drift og vedlikehold av riksveger*. Oslo: Statens vegvesen.

———. 2015. «Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6.6». *Statens vegvesens rapporter*, nr. 358.

———. 2018a. *Håndbok V712 - Konsekvensanalyser*. Oslo: Statens vegvesen.

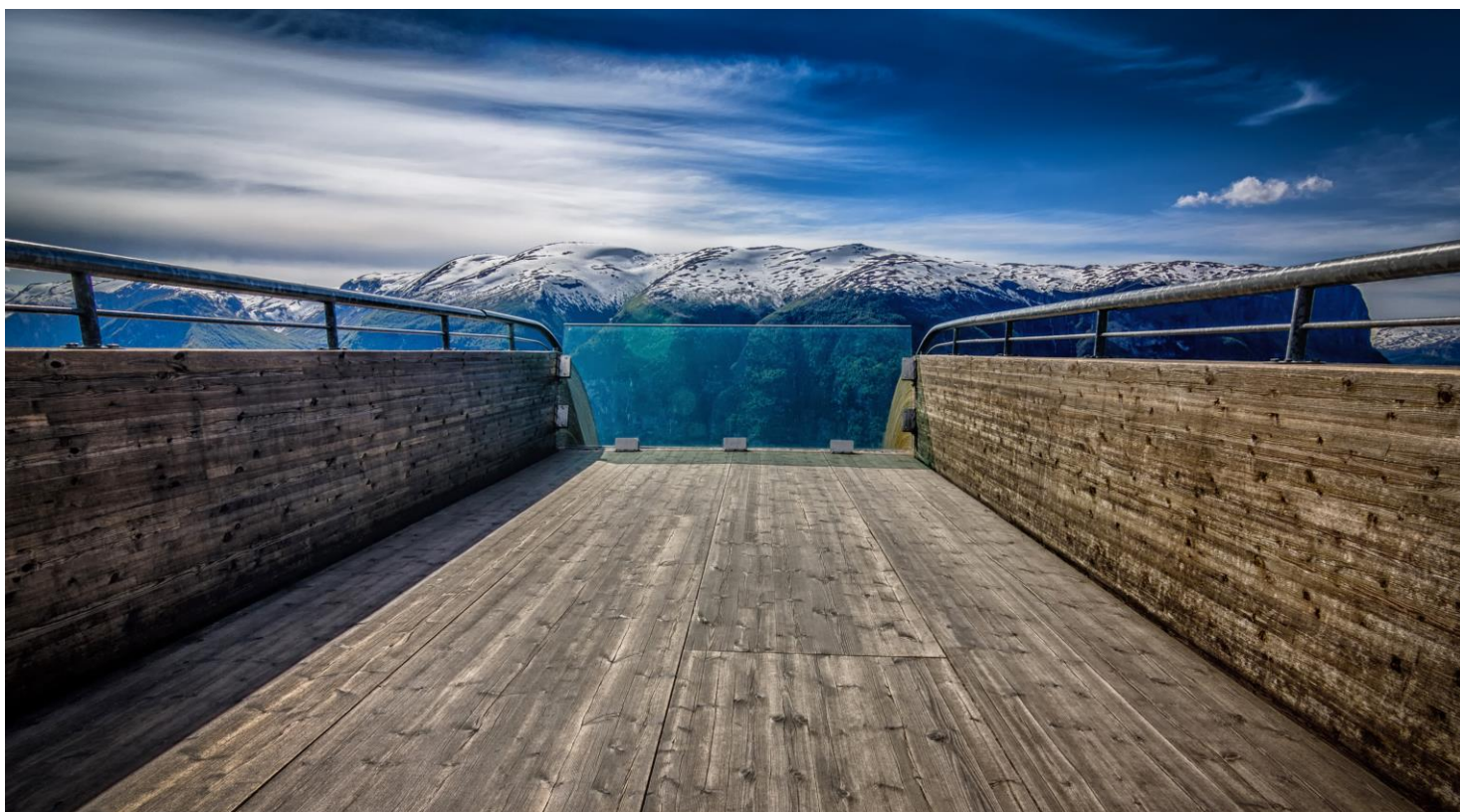
———. 2018b. «Handlingsprogram 2018-2023 (2029). Oppfølging av Meld. St. 33 (2016-2017) Nasjonal transportplan 2018-2029.»

———. 2019. «Retningslinje for periodisk VegROS».

Størdal, John Mikal, Aleksandra Bech Gjørsv, Bernt Reitan Jenssen, Mariam Kaynia, Toril Nag, mfl. 2019. *Teknologi for bærekraftig bevegelsesfrihet og mobilitet - Rapport fra ekspertutvalget for teknologi og fremtidens transportinfrastruktur*.

Tröltzsch, J., J. Rouillard, J. Tarpey, M. Lago, P. Watkiss, mfl. 2016. *The Economics of Climate Change - Insights into economic assessment methods*. Bath: University of Bath.

Walker, W.E., P. Harremoës, J. Rotmans, J.P. van der Sluijs, M.B.A. van Asselt, mfl. 2003. «Defining Uncertainty: A Conceptual Basis for Uncertainty Management in Model-Based Decision Support». *Integrated Assessment*.



Menon Economics analyserer økonomiske problemstillinger og gir råd til bedrifter, organisasjoner og myndigheter. Vi er et medarbeidereiet konsultentselskap som opererer i grenseflatene mellom økonomi, politikk og marked. Menon kombinerer samfunns- og bedriftsøkonomisk kompetanse innenfor fagfelt som samfunnsøkonomisk lønnsomhet, verdsetting, nærings- og konkurranseøkonomi, strategi, finans og organisasjonsdesign. Vi benytter forskningsbaserte metoder i våre analyser og jobber tett med ledende akademiske miljøer innenfor de fleste fagfelt. Alle offentlige rapporter fra Menon er tilgjengelige på vår hjemmeside www.menon.no.

+47 909 90 102 | post@menon.no | Sørkedalsveien 10 B, 0369 Oslo | menon.no



Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: 22073000
firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen