Vegdirektoratet
Mai 2015

Statens vegvesen

Statusrapport

Ferjefri E39

STATENS VEGVESEN RAPPORTER

vegvesen.no

Innhold

Sammendrag 5

2. Innledning 8

3. Formell status 8

4. KVU-er og fjordkryssinger på E39 9

4.1. KVU Kristiansandsregionen 10
4.2. KVU Søgne – Ålgård 10
4.3. KVU Jæren 10
4.4. KVU Boknafjordkryssingen (Rogfast) 10
4.5. KVU Aksdal – Bergen, senere utvidet til Bokn-Bergen 10
4.6. KVU Bergensregionen 10
4.7. KVU Sognefjorden 11
4.8. KVU Lavik – Skei 11
4.9. KVU Skei – Ålesund 11
4.10. KVU Ålesund – Bergsøya 11
4.11. KVU Bergsøya – Valsøya 11

5. Hva vet vi? 12

Tekniske løsninger 12
Miljø 12
Samfunn 13

6. Status i delprosjektene og hva som faglig bør skje videre 15

6.1. Samfunn 15
6.2. Fjordkryssinger 19
6.2.1. Hengebruer på faste fundamenter 20
6.2.2. Flytebruer 21
6.2.3. Rørbruer 22
6.2.4. Kombinasjon av flytebru og rørbru 23
6.2.5. Fjordkryssingskonsepter lansert av private selskaper 23
6.2.6. Kostnader 23
6.2.7. Vegen videre for fjordkryssingsprosjektet 24
6.2.8. Lokale forhold og grunnlagsdata 25
De konkrete fjordene **27**
6.2.9. E39 Boknafjorden (Rogfast) 27
6.2.10. E39 Bjørnafjorden 27
6.2.11. Sognefjorden 28
6.2.12. Nordfjord 28
6.2.13. Voldafjorden 28
6.2.14. Sulafjorden 28
6.2.15. Vartdalsfjorden 28
6.2.16. Romdalsfjorden 28

6.2.17. Halsafjorden 28
6.2.18. Konkrete målsettinger for teknisk klargjøring 29
6.2.19. Skisse til prosjektplan teknologi for fjordkryssinger 29
6.2.20. Teknologiforskning og kompetanse 29
6.2.21. Pilotprosjekt for utprøving av teknologi 31
6.3. Energi 32
6.4. Gjennomføringsstrategier og kontraktsformer 34
6.4.1. Utbyggingsstrategi og rekkefølge 34
6.4.2. Forslag til utforming av plan- og utbyggingsprosess 35
6.4.3. Planlegging og erverv av grunn 36
6.4.4. Entreprisemarkedet 38
6.4.5. Insentiver i kontrakter 40
6.4.6. Kontraheringsgrunnlag og -tilnærming 40
6.4.7. Internasjonale erfaringer og trender 41

7. Miljøspørsmålene 44

8. Organisering 45

8.1. Samfunn 45
8.2. Fjordkryssinger 46
8.3. Energi 46
8.4. Gjennomføring og kontrakter 47
8.5. Materialer 48
8.6. Risikostyring 49
8.7. Øvrig teknologi 50
8.8. Planlegging, arkitektur og design (eventuell) 51

9. Innovasjon, forskning og utvikling (FoU) 52

9.1. Bredde og struktur 52
9.2. Behovet 53

10. Pågående forskningsprosjekter 58

10.1. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim 58
Fjordkryssinger 58
Trafikkmodell 59
Planlegging og vegteknologi 59
Prosjektledelse 60
Tunneler 60
Naturfare 60
Materialer 60
Levetidsanalyser 61
10.2. Chalmers tekniska högskola, Gøteborg 61
10.3. Universitetet i Stavanger (UiS) 64

11. Kritiske forhold for gjennomføring 65

Vedlegg 1 **66**

Nasjonal transportplan (2014-23)og Ferjefri E39 66

Vedlegg 2 **70**

Sammendrag av forskningsprosjekter ved NTNU som pr. utgangen av 2014 ikke er igangsatt 70
1 Fjordkryssinger 70
2 Trafikk 71
3 Planlegging og vegteknologi 72
4 Prosjektledelse 72
5 Tunneler 73
6 Naturfare 73
7 Materialer 74
8 Levetidsanalyser 74

Vedlegg 3 **75**

Korte sammendrag av forskningsprosjekter ved Chalmers tekniske høgskole i Gøteborg som pr. utgangen av 2014 ikke er igangsatt. 75

Vedlegg 4 **76**

Internasjonale eksempler på mega-prosjekter 76

Vedlegg 5 **79**

Omtale av BREEAM, CEEQUAL og Ytre miljøplan 79

Vedlegg 6 **81**

Figurer og kart for KVU-ene 81

Sammendrag

I Stortingsmeldingen om Nasjonal transportplan 2014-23 la forrige regjering fram sin ambisjon om en opprustet og ferjefri E39 i løpet av 20 år, med en kostnadsramme på 150 milliarder norske kroner. Stortinget sluttet seg 18. juni 2013 til dette, og i dag er de fleste traséspørsmålene som ble utredet gjennom konseptvalgutredningene (KVU) på strekningen avklart.

Slik sett er denne rapporten en markering av slutten på den første utredningsfasen, men like mye en statusrapport om hva som pågår og hvilke anbefalinger Statens vegvesen har for det videre arbeidet med å oppfylle ambisjonen. Ferjefri E39 går nå over fra en mulighetsstudie til å være Statens vegvesen sitt prosjekt for å samle forskning og utvikling og å bidra med ny kunnskap inn i byggeprosjektene langs strekningen E39 på Vestlandet.

Gjennom å kombinere kunnskap og erfaring fra olje- og gassektoren med kjent og ny bruteknologi, vet vi at vi i dag teknisk sett kan krysse hvilken som helst av de norske fjordene hvor som helst. Bedre forutsigbarhet og fremkommelighet er bra for alle slags reiser og varestrømmer, og bedrer rammebetingelsene for næringsliv og eksportrettet virksomhet. Redusert reisetid mellom byer, lokalsamfunn og regioner bidrar til økt produktivitet og verdiskaping. Bo- og arbeidsmarkeder blir større, og danner nye og overlappende bo- og arbeidsregioner. Det kan være andre gode grunner til ikke å velge korteste veg, men teknisk vil dette være mulig.

Det vil ofte koste mer å bygge ferjefrie løsninger, men transportårene er store økonomiske systemer der besparelsene med å gjøre de kortere og mer effektive vil kunne forsvare betydelige merinvesteringer. Dagens E39 har tids- og kjøretøykostnader på rundt 20 milliarder kroner i året, og førerne legger ned en arbeidsinnsats på rundt 15000 årsverk i dette. Kortere og mer effektive hovedvegforbindelser representer store besparelser for samfunnet.

Trafikkberegningene av en ferjefri og oppgradert E39 viser at det oppstår visse omfordelinger av trafikk i Sør-Norge. Alle fjelloverganger øst-vest og E6 får mindre trafikk. Slike «game changer»-effekter betyr at det ikke er faglig holdbart bare å framskrive de trafikktall E39 har hatt hittil. De dynamiske endringer som vil skje i hele Sør-Norge blir ikke fanget opp i de tradisjonelle modellene.

Resultatene fra trafikkberegningene for persontrafikk er lagt inn i modellen EFFEKT, som Statens vegvesen bruker for samfunnsøkonomiske beregninger. Med de forutsetninger som ligger bak beregningene vil hele strekningen fra Kristiansand til Trondheim gi 1,58 kroner tilbake for hver investert krone, dvs. en forrentning på investert kapital på 58 %. Det er ikke gjort EFFEKT-beregninger for godstrafikken.
(Beregningene er gjort med tall fra 2014)

Det er i dag åtte ferjesamband igjen på europavegnettet, hvor syv ligger på E39. Vi vet at ferjesamband påvirker trafikken sterkt. Vi får dårligere mobilitet, forutsigbarhet og valgfrihet enn i de deler av landet som ikke er avhengig av ferjer. Ved valgfrie reisetidspunkt og forutsigbar reisetid vil trafikken i større grad velge korteste rute enn hva tilfellet er i dag.

På tross av sterkt økende trafikk langs strekningen, tyder beregningene på

Foto: Knut Opeide

at bortfall av ferjer og enkelte fly- og hurtigbåtruter, flatere veg og jevnere fart bidrar til at de totale utslipp fra trafikken ikke øker frem mot 2060. Det er likevel alltid usikkerheter knyttet til flere av forutsetningene som ligger til grunn når tidshorisonten er så langt fram.

Det viktigste bidraget til å redusere utslippene fra vegtrafikken vil imidlertid komme fra at kjøretøyflåten gradvis skifte drivstoff fra bensin og diesel til elektrisitet og hydrogen. Et skifte er allerede på gang for lette kjøretøyer, og det skjer betydelig forskning og utprøving på dette området også for store kjøretøyer.

Arbeidet hittil viser at E39 vil kunne bli selvforsynt med strøm til strekningens eget behov for veglys, ventilasjon i tunneler, og til vannpumpene i de undersjøiske konstruksjonene. Det er likevel trafikken selv som står for det klart største energibehovet. Dersom vi omgjør det forventede drivstofforbruket for strekningen over de neste 40 år vil dette i gjennomsnitt bety mellom 1 og 2 TWh i året. I et slikt system kan vi tenke oss at energi fra ulike kraftkilder langs E39 kan forsyne et eget nett med ladestasjoner for elektriske kjøretøyer, gi mulighet for induktiv ladning av kjøretøy i fart, og fyllestasjoner for kjøretøy som drives av hydrogen.

Å kunne dekke et behov helt eller delvis gjennom fornybare energikilder langs strekningen vil kreve betydelige investeringer, samt en klar satsing både på innovasjon, forskning og utvikling i samarbeid med spisskompetente fagmiljøer i inn- og utland.

På samme måte som byggebransjen de senere år har introdusert begreper som passivhus og plusshus, vil en tilsvarende tankegang rundt bygging og drift av infrastruktur bety at nye begrep som «passivveger» og endog «plussveger» kan få konkret innhold. For å komme på plussiden kreves det anlegg som er energipositive i hele sin levetid, fra produksjon av materialene, drift og vedlikehold gjennom hele brukstiden, til riving og resirkulering.

Å gjennomføre så store og ambisiøse prosjekter langs E39 krever både effektiv organisering, forutsigbar planleggingsprosess, en hensiktsmessig og målrettet kontraherings- og kontraktstrategi som er tilpasset omfang og framdrift. Samtidig må vi utnytte ressursene i verdikjeden på en slik måte at de bidrar til å skape verdier med optimal levetid og kvalitet, i forhold til den funksjonelle levetid som prosjektet kan få. Kontrakter bør derfor utformes slik at kompetanse og erfaring hos alle aktører blir benyttet mest mulig effektivt, slik at behovet for kontrollressurser blir minst mulig.

Et svært viktig bidrag til å korte ned tiden til planlegging og gjennomføring vil være å kontrahere[1] entreprenøren på grunnlag av et mindre detaljert plangrunnlag. Det forutsetter at ekstern kvalitetssikring (KS2) og behandling i Stortinget skjer tidligere. På den måten kan enkelte tidkrevende deler av planlegging gå parallelt med entreprenørens forberedelser, og dermed spare tid. Entreprenøren vil også i større grad kunne påvirke detaljene i planen som gir grunnlag for gjennomføring. På kritiske punkter vil detaljeringsgraden bedres for å sikre byggbarhet og aksept fra berørte, men i det store og hele vil mindre detaljerte planer kunne utløse innovasjon og utvikling hos entreprenøren, men kan likevel gi tilstrekkelig nøyaktighet i kostnadsoverslag og for å bedømme både økonomisk og annen risiko.

[1)] Inngå kontrakt/bestille

Flere av kontraktene for fjordkrysningene langs E39 vil i kraft av omfang og teknologi være så krevende på byggemetoder og tekniske løsninger at kontraheringsformen «konkurransepreget dialog» vil være den som er mest egnet. I dialogfasen vil blant annet teknisk kvalifisering av foreslåtte tekniske løsninger bli lagt inn. Det kan være hensiktsmessig å legge FoU-elementer inn i selve kontrakten, slik at byggemetoder og tekniske løsninger kan gjøres så smarte og enkle som mulig. Det vil være viktig å sikre seg en kontraheringsform som sikrer at løsninger fra ulike tilbydere/ teknologimiljøer kan fanges opp når teknisk løsning og kontraktspartner skal velges.

Høykostland som Norge vil i stor grad måtte rette seg inn mot automatiserte prosesser for standardiserte og serieproduserte løsninger for å konkurrere. Dette vil skape ny kompetanse og muliggjøre større produksjon pr ansatt i byggeindustrien. Automatisert industriproduksjon i deler av verfts- og stålindustrien kan på den måten konkurrere om store stålleveranser til større bruer.

Bedring av materialer, byggemetoder og bedre tekniske løsninger kan løfte kompetanse og konkurranseevne i de involverte næringer til nye nivå, men det krever støtte fra omfattende innovasjon, forskning og utvikling. Både styrt av næringene selv, og ikke minst gjennom tett samarbeid mellom erfaringsbasert og akademisk kompetanse.

For å oppnå en slik utvikling foreslår prosjektet at det innenfor rammen til investeringsprosjekter på Ferjefri E39, i tråd med god internasjonal praksis, avsettes 3 % av kostnadsrammen til et innovasjons, forsknings- og utviklingsprogram. Dette vil være en investering som kan forventes å betale seg i form av lavere kostnader, bedre og sikrere byggemetoder, utvikling av fagkompetanse i hele bransjen, rekruttering, mer effektivt vedlikehold, og lavere CO2-utslipp og energiforbruk. For å kunne utnytte nyvunnen kompetanse til riktig tid, må kunnskap og teknologi bli utviklet tidlig. Det er derfor viktig at det blir stilt nok midler til rådighet i en tidlig fase. Avhengig av kontraheringsform og kontraktstype kan deler av denne innsatsen legges inn i byggekontraktene.

For de gjenstående fjordkryssingene må teknologi og byggemetoder strekkes lenger enn det vi har gjort hittil. Det kan være hensiktsmessig med kombinasjoner mellom de tre tekniske hovedkonseptene hengebruer, flytebruer og rørbruer. En teknisk pilot vil gi anledning til å utvikle materialer, beregningsmetodikk, testmetoder, tekniske detaljer, bygge- og installasjonsmetoder som vil gi enklere og mindre kostnadskrevende løsninger når de større fjordene skal krysses. Behovet for en slik teknisk utprøving kan vurderes når det er klart hvilke tekniske løsninger som er mest aktuelle for kryssingen av Bjørnafjorden og Sulafjorden. Halsafjorden byr på topografi, bredde, dybde, vær- og sjøforhold som gjør den godt egnet for en slik utprøving.

Ill.: Statens vegvesen, Vianova

Ill.: Statens vegvesen

Ill.: Statens vegvesen, Vianova

2. Innledning

I desember 2012 la utredningsprosjektet Ferjefri E39 fram en rapport som beskrev status på daværende tidspunkt Samtidig inneholdt rapporten en drøfting av ulike problemstillinger knyttet til de ulike sider av å gjøre E39 ferjefri innenfor rammen av et samlet prosjekt. Det var videre lagt opp til en endelig rapport for utredningsfasen i løpet av 2013, men denne kommer først nå og er like mye en statusrapport for det arbeidet som skjer og som har skjedd hittil. Det har pågått flere utredninger vi ønsket å få med resultater fra, i tillegg til at det underveis oppstod nye problemstillinger vi ønsker å omtale. De fire delprosjektene har levert rapporter underveis[2].

Denne rapporten oppsummerer hva prosjektet vet i dag, og hva som etter vår mening bør gjøres for at en ambisjon om en ferjefri E39 kan bli virkelighet på en framtidsrettet og best mulig måte.

3. Formell status

I april 2013 la forrige regjering fram sin melding til Stortinget om Nasjonal transportplan for perioden 2014-2023.

I meldingen het det blant annet:
«Regjeringen har som ambisjon å binde Vestlandet sammen gjennom en opprustet og ferjefri E39. Utbyggingen av hele E39, fra Kristiansand til Trondheim, kan gjennomføres i løpet av 20 år dersom den gjøres samlet. Med en investering på 150 mrd.kr vil dagens trafikanter langs E39 få redusert reisetiden med rundt sju-åtte timer på hele strekningen. Innsparingene i reisetid lokalt er betydningsfulle, og de regionale virkningene av en E39-utbygging vil være svært gode. Et slikt løft vil være av stor betydning for utvikling av robuste bo- og arbeidsregioner. Mellom Stavanger og Bergen finner vi den største bo- og arbeidsregionen utenom Oslo-området.»

«Hovedsatsingen på E39 i de kommende ti årene er på strekninger mellom fjordkryssingene.»
«Regjeringen har som mål å halvere planleggingstiden for store samferdselsprosjekt. For å få dette til vil statlig plan brukes mer aktivt i samferdselssaker.»

Vedlegg 1 inneholder en kronologisk oversikt over omtalen ulike steder i meldinga.

Da Stortinget behandlet meldingen i juni 2013 ga de sin tilslutning til forslaget fra regjeringen. I mellomtiden har det vært stortingsvalg. Den nye Regjeringen har kunngjort enkelte endringer i samferdselspolitikken, som kan ha betydning for hvordan denne ambisjon skal oppfylles. Premissene både for organisering og finansiering kan bli endret i forhold til det som var antatt i rapporten fra 2012[3]. Dette omtales derfor i liten grad i denne rapporten. Vi retter oss i hovedsak mot de faglige utfordringer som prosjektet og tiden inneholder.

[2] Rapportene ligger på www.vegvesen.no/FerjefriE39
[3] Hovedrapport Ferjefri E39, desember 2012

4. KVU-er og fjordkryssinger på E39

Nedenfor gis en status på de konseptvalgutredninger (KVU) som berører E39 direkte. Mer detaljerte kart ligger i Vedlegg 6.

4.1. KVU Kristiansandsregionen

Statens vegvesen har gjennomført en KVU for Kristiansandsregionen der vi vurderte ulike løsninger for trafikken i og gjennom Kristiansand. Regjeringen gikk i 2012 inn for konsept Ytre ringveg. Det skal bygges en ny veg utenfor sentrum i kombinasjon med restriktive tiltak og kollektivtiltak.

4.2. KVU Søgne – Ålgård

Regjeringen vedtok i mars 2013 at videre planlegging av strekningen Søgne – Ålgård skal ta utgangspunkt i Midtrekkverkskonseptet. Dette innebærer firefelts veg på strekningen Søgne – Vigeland og to-/trefelts veg med midtrekkverk på strekningen Vigeland – Ålgård. Alle tunneler uten midtrekkverk skal planlegges for to løp. I brev fra juni 2014 ber Samferdselsdepartementet om at Søgne – Ålgård planlegges for firefelts veg som langsiktig løsning. Statens vegvesen skal utarbeide kommunedelplaner som viser en firefeltsløsning for E39 på hele strekningen Søgne – Ålgård.

4.3. KVU Jæren

KVU Jæren, med tilleggsutredning, ble ferdig i 2012. Den konkluderte med utbygging av bybanekonseptet. Regjeringen bestemte i april 2013 at konsept K3A Busway skal legges til grunn for videre planlegging. Det vil si en buss- og jernbanebasert videreutvikling av transportsystemet. «Bypakke Nord-Jæren» er vedtatt som finansieringsløsning (des 2014).

4.4. KVU Boknafjordkryssingen (Rogfast)

Det skal bygges en 27 km lang og 390 m dyp tunnel mellom kommunene Randaberg og Bokn med arm til Kvitsøy. Dette blir verdens lengste og dypeste undersjøiske vegtunnel. Reguleringsplanene er godkjente med unntak av en endring ved ilandføringen i Bokn, og prosjektet er prioritert i NTP 2014-2023. Kostnaden er 13,8 mrd.kr og det er ventet byggestart i 2016/2017.

4.5. KVU Aksdal – Bergen, senere utvidet til Bokn-Bergen

Regjeringen ba i desember 2013 Statens vegvesen gå videre med planlegging av Midtre konsept (4C) med bru over Bjørnafjorden fra Tysnes til Os. Planlegginga er i gang mellom Stord og Os, samt forbi Leirvik på Stord. I samsvar med bestillingen blir ulike linjer vurderte. Det skal bygges hengebro over Langenuen. Over Bjørnafjorden vurderes teknologi for rørbru, flytebru, TLP /hengebru og kombinasjoner av disse. Videre planlegging sørover fra Stord blir startet i 2015.

4.6. KVU Bergensregionen

Det er gjennomført KVU for transportsystemet i Bergen med tilhørende ekstern kvalitetssikring (KS1). Samferdselsdepartementet sier i april 2013 at utviklingen av transportsystemet i Bergensregionen ikke skal baseres på en regionpakke med felles organisering og finansiering nå. Aktuelle prosjekter og tiltak må vurderes trinnvis, og samfunnsøkonomisk lønnsomhet skal vektlegges ved prioritering av prosjekter. Det skal jobbes videre med bymiljøavtale.

4.7. KVU Sognefjorden

Statens vegvesen har fått i oppdrag å gjennomføre en KVU for Sognefjorden med kryssing i området der ferja Oppedal – Lavik går i dag. Arbeidet med KVU starter i 2015. Ulike teknologiske løsninger vil bli vurdert i tillegg til ferje.

4.8. KVU Lavik – Skei

Regjeringen vedtok i 2009 at videre planlegging av E39 Lavik – Skei skal skje ved utbedring av eksisterende veg, samt omlegging av traseen på aktuelle delstrekninger. Omlegging av vegen rundt Førde er det viktigste enkeltprosjektet. Vegutbedring mellom Vadheim og Førde er i gang.

4.9. KVU Skei – Ålesund

Denne KVU-en omfatter kryssing av flere fjorder; Nordfjorden, Voldafjorden, Sulafjorden og Storfjorden. Mellom Skei og Volda er det besluttet at indre linje (konsept SV-K10) legges til grunn. Dette innebærer tunnel under Utvikfjellet fra Byrkjelo til Utvik og kryssing av Nordfjorden ved Svarstad og videre til Volda via Kvivsvegen. Mellom Volda og Ålesund er konseptet over Ulstein /Hareid /Sula (Hafast) valgt (KVÅ-K3). I KVU ble det forutsatt at Eiksundsambandet inngikk i konseptet med utvidelse med et tunnelløp til. I brev fra Samferdselsdepartementet i etterkant ber de etaten utrede kryssing av ytre Ørstafjord og bruløsning til Hareidlandet over Vartdalsfjorden som et alternativ til nytt løp i Eiksundstunnelen.

4.10. KVU Ålesund – Bergsøya

Regjeringen har besluttet at de to konseptene via Tautra i Romsdalsfjorden skal legges til grunn for videre planlegging. Dette gjelder konseptene K2 over Ørskogfjellet og K3 gjennom Solnørdalen. For å vurdere de miljømessige konsekvensene i Solnørdalen, blir det utarbeidet en tilleggsutredning til KVU. Reguleringsplan for kryssing av Moldefjorden er under utarbeiding. Mellom Molde og Bergsøya skal dagens E39 legges til grunn.

4.11. KVU Bergsøya – Valsøya

På denne strekninga sier Samferdselsdepartementet at alternativet med hengebru over Halsafjorden (K4) skal legges til grunn. På kortere sikt skal det planlegges med utvidet ferjetilbud.

5. Hva vet vi?

Tekniske løsninger

Ved å kombinere kunnskap og erfaring fra olje- og gassvirksomheten med dagens bruteknologi vet vi at vi i dag teknisk sett kan krysse alle de fjordene vi har igjen langs E39. Først og fremst er det mulighetsstudien for Sognefjorden som har bekreftet at den 3700 m brede og ca 1250 m dype fjorden kan krysses med alle de tre tekniske hovedkonseptene flytebru, hengebru og rørbru, samt med kombinasjoner av disse konseptene. Senere arbeid med Boknafjorden og Bjørnafjorden har bekreftet dette. Dette skyldes både at vi kan klare å spenne moderne hengebruer langt lenger enn før, men også at vi kan forankre brukonstruksjoner til bunnen slik plattformer forankres i Nordsjøen. Vi vet også at vi kan krysse fjordene med rørbruer, enten forankret til bunnen eller til pontonger i overflaten.

Mange slags varianter og kombinasjoner er mulige. Hengebruer kan deles opp i flere spenn og tårnene settes på flytende plattformer. Konstruksjoner som flyter i overflaten kan kombineres med nedsenkede rørbruer for å skaffe passasje for skip. Dermed vet vi også at de aktuelle fjordene kan krysses med flere typer bruer. For hver enkelt fjordkryssing blir det et spørsmål om å finne den teknologi som best passer for de stedlige forhold, karakteristika for skipsfart og annen bruk av området.

Flere av konstruksjonene vil kreve løsninger som aldri tidligere har vært bygget, men det er ikke tvil om at vi vil klare det teknisk sett. Det vil kreve betydelig forskning og utvikling for å kunne beregne, dimensjonere, utforme og optimalisere konstruksjoner og forankringer slik at de skal fungere etter forutsetningene. Dette er viktig for at vi kan bygge de på en smartest mulig måte, med optimalisert levetid og levetidskostnader.

Miljø

Vi vet at bygging av infrastruktur som veger, tunneler og bruer betyr til dels store utslipp særlig gjennom produksjon og transport av byggematerialer. Det samme gjelder i hele drifts- og vedlikeholdsperioden, og særlig når det må foretas oppgraderinger og utskiftinger på deler av anlegget. Drivstofforbruk og utslipp fra vegtrafikken påvirkes av vegstandard, fart, kurvatur, stigning, og endringer i veglengde. Vesentlig reduksjon i reisetid vil redusere størrelsen på og effektivisere transportflåter som trafikkerer strekningen. Når ferjesamband erstattes opphører utslippene fra selve ferjene, og enkelte flyforbindelser og hurtigbåtsamband vi har i dag blir overflødige.

Forskning og utvikling og alternative energikilder kan redusere energiforbruk. For eksempel kan produksjon av sterkere materialer bety at vi kan bruke mindre av dem. Nye materialer kan erstatte dagens og forbedre teknisk levetid.

Klimaregnskap for en ferjefri E39 er komplisert. Dagens kunnskap er til dels motstridende, og det finnes i dag ikke omforente beregningsmetoder. Det er imidlertid vanskelig å forutse utviklingen framover på teknologiområdet. Dette gjelder særlig teknologi for å utnytte fornybare kraftkilder og hvilken takt overgangen til nye energikilder vil få. Vi foreslår betydelig innsats for å få bedre kunnskap om disse effektene.

På sikt vil kortere reisetid også gi mer effektive samfunnsstrukturer av betydning for handel, tjenesteyting og produksjon.

Samfunn

Metodikken knyttet til transportøkonomiske effekter, trafikkulykker og trafikkstøy er kjent. Det er imidlertid vanskelig å tallfeste hvilken innvirkning slike store infrastrukturtiltak får på samfunnet. Det er utviklet et eget tillegg til den nasjonale transportmodellen NTM for å belyse dette. Størrelsen på det området den dekker gjør det krevende å sikre at den beskriver effektene på en god nok måte. Selv om trafikkveksten på E39 over mange år har vært langt større enn den generelle trafikkindeksen, viser modellen at nord-sør rettet trafikk fortsatt er sterkt undertrykt[4].

Når ferjene erstattes av faste forbindelser, vil E39 bli både korteste og raskeste rute for trafikk mellom flere destinasjoner der det i dag velges andre ruter. Trafikken både på E6 og alle fjellovergangene mellom øst og vest avlastes.

Prosjektet har fått gjennomført utredninger som beskriver sannsynlige endringer i produktivitet, verdiskapning, regional og nasjonal økonomi, eksportverdi med mer. Dette er verdifull informasjon for metodeutvikling innen et område der kunnskapen vår i dag er mangelfull. Utredningene viser et svært stort sprik i å tallfeste størrelsen på slike virkninger. Dette skyldes i stor grad at tilnærmingene har ulik karakter, samt at det er lagt ulike forutsetninger til grunn. Selv om disse verdianslagene varierer i størrelse, viser de alle store gevinster ved realisering av prosjektet. I tillegg er det gjennom det arbeidet som hittil er gjort, generert betydelig kunnskap om virkninger som ikke tidligere har vært tallfestet.

Når ferjer erstattes med faste forbindelser, og reisetid reduseres langs hele strekningen, øker størrelsen på felles bo- og arbeidsmarkeder. Endringene er så store at disse godt kan kalles «game changers» som fundamentalt forandrer dagens strukturer. Over tid vil slike strukturendringer komme på områder som helse, utdanning, transport- og flyterminaler, offentlig forvaltning, politikk, ulike servicetilbud og handel. Metodisk er det umulig å forutse omfanget av dette, og hvor lang tid det vil ta.

Vestlandet er en værutsatt landsdel, og for områdene langs E39 er det store mengder fornybare energikilder som vind, sol, bølger og strøm. Vi vet at de kan utnyttes til å produsere elektrisitet, men vi vet enda ikke nok om hvor kostnadseffektivt det vil være å utnytte dem. Det vil uansett være avhengig av prisnivået for elektrisk strøm framover, men vi ser også at det er et område der det er høy innovasjons-aktivitet og at nye metoder og tekniske løsninger stadig forbedrer effektiviteten ved å utnytte fornybare energikilder. På samme måte som bygg kan gjøres energipositive over sin levetid, vil også infrastrukturanleggene kunne dekke sine egne behov for energi. Samtidig vil dette kreve investeringer. Vi vet ikke nok om hvilket bidrag en slik energiproduksjon kan gi til selve kjøretøyene, eller i hvilken grad trafikken kan gjøres «karbonfri» gjennom elektrisitet og hydrogen.

Vi vet at det å etablere selve infrastrukturen rundt slike produksjonsanlegg er en betydelig del av kostnaden når de bygges alene. Generelt kan det bety betydelige kostnadsreduksjoner for energiproduserende installasjoner, dersom vi klarer å kombinere infrastruktur til flere formål når byggeorganisasjoner, byggeteknisk kompetanse, kapasitet og utstyr uansett er tilstede for å bygge veg- og bruanleggene.

For kraftnettet betyr til dels uforutsigbare produksjonsvolum fra fornybare kilder en utfordring. Det vil kreve en løpende regulering av uttaket av vannkraft for å balansere produksjonen i forhold til forbruket. Dersom produksjonen fra mindre kilder kan lagres i store «batterier» eller energilagre, kan leveransene til nettet skje på en forutsigbar måte. Lagringsteknologien har utviklet seg. Det kan for eksempel være mulig å lagre energi i borehull i fjell eller i spesialbetong langs strekningen. Energi

[4] Potensiell trafikk som ikke er utløst

fra slike lagre kan dekke ulike behov som ladestasjoner, vegkantinstallasjoner, veglys, issmelting på utsatte steder, vifte-, lys- og pumpeinstallasjoner i vegtunnelene. På sikt kan slike energilagre betjene en eventuell elektrifisert eller hydrogenisert bil- og transportflåte. Overskudd kan leveres til nettet eller energilagre.

Mange spår at hele vegtransportsystemet i løpet av 20-30 år i stor grad vil benytte elektrisitet eller hydrogen, og at denne utviklingen vil gå raskere enn det vi har sett for oss. I den sammenheng må vi uansett etablere et kraftnett for vegstrekningen for å ta imot fra og levere elektrisitet til vegtrafikken. Vi bør allerede nå prøve å forutse hva dette vil kreve av plass og forberedelse langs strekningen og i vegtverrsnittet.

Vi vet at alt kan bygges med de planleggings- og entreprisekontrakter vi bruker i dag. Vi vet også at omfanget av det som skal bygges og omsettes i årene som kommer er svært stort. Det vil bety store kapasitetsutfordringer både hos byggherre, konsulenter og entreprenører. Skal vi klare det på 20 år må hele prosessen fra oppstart av planlegging til ferdig utbygde strekninger forenkles og effektiviseres betydelig i forhold til det som praktiseres i dag. God forutsigbarhet og tilgang på midler for rasjonell framdrift vil hjelpe i betydelig grad. Samtidig vil det være nødvendig å benytte kontraheringsmetoder og kontraktstyper som reduserer personellinnsatsen hos byggherren, utnytter innovasjons- og kapasitetspotensialet i entreprenørkonsortiene, samtidig som det gir god og langsiktig forutsigbarhet for konsortiene.

For å kunne redusere tid for planlegging og total gjennomføringstid, bør kontrahering av entreprenørkonsortiene foretas tidligere. Dette betinger at den eksterne kvalitetssikringen KS2 trekkes fram til et tidligere stadium i prosjektsyklusen basert på enklere og mindre detaljerte planer. Endelig detaljert reguleringsplan kan dermed utvikles parallelt med entreprenørens forberedelse til bygging. Dette reduserer også behovet for omreguleringer i byggefasen.

Foto: Knut Opeide

6. Status i delprosjektene og hva som faglig bør skje videre?

6.1. Samfunn

Et tilnærmet samlet politisk Norge har vedtatt at ambisjonen for E39 fra Kristiansand til Trondheim er å gjøre den ferjefri og utbedret innen 2015. Ett forhold er helt åpenbart i denne sammenheng: Å etablere en ferjefri og utbedret E39 fører til en omfattende omveltning av transportmønsteret i Norge, og ikke bare på Vestlandet.

Vegprosjekt på eksempelvis dagens E6 knytter seg primært til utbedringer av vegen, endret trasé etc. Dette gir kun mindre tidsbesparelser pr kjøretøy, men det er ofte store trafikkmengder man snakker om. Da får man ut et «nyttig» prosjekt *transport*økonomisk sett ved bruk av tradisjonelle analyseverktøy som brukes (selvsagt kan det også ha andre effekter for nærmiljø etc. som er veldig positive, men dette er krevende å kvantifisere samfunnsøkonomisk og omtales typisk som ikke-prissatte konsekvenser). Men denne typen av prosjekter gir ikke potensielle *strukturendringer i samfunnet*. Dette er hva store vegprosjekt på eksempelvis Vestlandet kan medføre, på kort sikt ja men ikke minst på lengre sikt. En utbedret og ferjefri E39 er således et usedvanlig interessant prosjekt. Man snakker om endringer i tidsbruk, avstander og forutsigbarhet som potensielt kan medføre store endringer i hvordan samfunnet som helhet tilpasser seg en ny tilværelse med ny infrastruktur. Påvirkningen vil da ikke kun være på de som er nært selve prosjektet, men strekker seg fra lokalt til regionalt og opp til nasjonale effekter.

Ingen fagmiljø, hverken i Norge eller andre land, har metodikk som er i stand til å beregne en omtrentlig samfunnsøkonomisk nytte ved etablering av store omfattende prosjekt. *Vi har rett og slett ikke metodikk i dag* som ivaretar alle de samfunnsøkonomiske effekter av så store og kompliserte prosjekt som en ferjefri og utbedret E39. Vi er likevel kommet et godt stykke på vei i å utvikle metodikk som peker på hvilke mekanismer en slik utbygging setter i gang i samfunnet, inkludert antydninger om hvilke spenn nytten av dette kan ligge innenfor.

Det er ulike metoder som er utarbeidet, med ulik tilnærming og overlappingen mellom nytteverdier som fremkommer er ukjent. Man kan *ikke summere* opp de ulike beregningsmetodene. Samtidig er det viktig å understreke at ingen av utredningene som til nå er utført tar inn over seg den totale nytten av prosjektet. De beregninger som er utført så langt sannsynliggjør som et minimum en årlig samfunnsøkonomisk nytte på 5-20 mrd. kroner ved full utbygging. Utbyggingen av strekningene mellom Stavanger og Bergen, samt mellom Søre Sunnmøre og Molde er sannsynligvis de mest lønnsomme ifølge alle utredninger så langt.

Det er de samfunnsmessige effektene som infrastrukturtiltak forventes å gi, som i stor grad legitimerer den store kostnaden de ofte representerer. Det er mange samfunnseffekter som tillegges betydelig politisk vekt i en beslutningsfase, men som typisk har manglet et metodisk grunnlag som gjør det mulig å tallfeste de. Dette gjelder særlig økonomiske effekter av mer regional eller nasjonal karakter, samt sosiale effekter og virkninger for samfunnsstrukturen.

At det fremkommer et svært stort sprik med tanke på å tallfeste omfanget av slike effekter, skyldes i stor grad at ulike utredninger har brukt ulike forutsetninger i sine vurderinger, samtidig som tilnærmingene er av ulik karakter. Dette gjør det krevende å sammenligne mellom prosjekt, og altså gjøre summeringer av nytte. Likevel genereres det gjennom det arbeidet som hittil er gjort, betydelig kunnskap om virkninger som ikke tidligere har vært tallfestet.

Trafikkberegningene av en ferjefri og oppgradert E39 viser omfordelinger av trafikk i Sør-Norge, hvor også alle fjelloverganger øst-vest og E6 får reduksjon i trafikk. Slike «gamechanger»-effekter betyr at det ikke er faglig holdbart bare å framskrive de trafikktall E39 har hatt hittil. Dette vil ikke fange opp de dynamiske endringer som vil skje i hele Sør-Norge når så store endringer skjer i transportsystemet.

Foto: Knut Opeide

Den såkalte mernytten knytter seg til effekter på samfunnet ellers, utover de mer direkte trafikale effektene – og det er ofte her de *virkelig store* gevinstene kan komme. På et samfunn som ikke *direkte* kan kobles til trafikken og infrastrukturprosjektene selv.

Prosjektet Ferjefri E39 har fokusert i stor grad på ferjene som case, siden disse er så åpenbare barrierer for effektiv og forutsigbar infrastruktur. Effekter man finner i utredningene vil like fullt være universelle når man snakker om store infrastrukturprosjekter som endrer både faktisk og opplevd avstand og barrierer i samfunnet. Et stort tunnelprosjekt som gir vesentlig kortere og vesentlig tryggere (og dermed forutsigbar) transport, vil også kunne ha delvis tilsvarende effekter. Når ferjer erstattes med faste forbindelser og tidsavstanden reduseres langs hele korridoren, øker størrelsen på felles bo- og arbeidsmarkeder til dels dramatisk. Endringene er så store at disse godt kan omtales som fundamentalt å forandre dagens samfunnsstrukturer. Over tid vil slike strukturendringer komme på områder som helse, utdanning, transport- og flyterminaler, offentlig forvaltning, politikk, ulike servicetilbud og handel. Men det er svært krevende metodisk å forutse omfanget av dette, og hvilken tid det vil kunne ta.

Ingen kan spå fremtiden, alle beregninger baserer seg på gitte forutsetninger - noe som gjør at det er umulig å få fram sikre tall. Å diskutere disse forutsetningene og evaluere hvordan ulike forutsetninger gir ulike utslag på beregningene er helt sentralt. Det er likevel viktig å få frem antydninger av størrelsesorden på samfunnseffektene som kommer som en følge av investeringer i store infrastrukturprosjekter, og til det trenger vi metodisk videreutvikling og synliggjøring på en annen måte enn i dag.

Det vises til delprosjekt Samfunn sine egne rapporter som gir mer omfattende beskrivelse av både prosjektet og ulike utredninger som er gjort, men en kort oppsummering av de kanskje mest interessante utredningsoppdragene i regi av Ferjefri E39 så langt:

SNF med professorene Victor Norman og Kåre P Hagen i faglig front, er i gang med et arbeid hvor de ønsker å kunne gi et slags riss av en mal for hvordan man bør gjøre slike samfunnsøkonomiske analyser av ringvirkninger («mernytte»). De skal levere rapport i løpet av august 2015, med fokus på å gjøre en grundig faglig gjennomgang av spørsmål og tematikk. Her inkludert:

- hva slags ringvirkninger som bør adresseres for å komplettere den samfunnsøkonomiske analysen,
- hvordan slike ringvirkninger kan belyses på en enkel og troverdig måte,
- hvilken metodisk tilnærming som bør velges for å fange opp relevante effekter,
- teoretisk og empirisk belegg for antakelsen om at ett integrert arbeidsmarked kan omfatte flere mindre arbeidsmarkedsregioner som parvis kjedes sammen,
- når et vegprosjekt kan forventes å ha ringvirkninger av betydning som det er verdt å gå nærmere inn på, og når det kan sees bort fra slike effekter.

Menon vil i løpet av våren levere sitt utvidede prosjekt på tidligere leverte oppdrag (omtalt under). De fokuserer på å spesifisere hvor store produktivitetseffekter man kan forvente seg av utbygging av ferjefri E39, spesifisert ned på hver enkelt fjordkryssing. De har en egen modell (utviklet sammen med Vista Analyse) som vil kunne identifisere bidraget inn mot både regional og nasjonal verdiskaping. De problematiserer at effekter kan være store for infrastrukturprosjekt, men det avhenger helt av hva slags kommuner/regioner som knyttes sammen. Dette vil gi resultater på fylkesnivå, altså et mer makroperspektiv (som var bakgrunn for oppdraget de fikk fra oss). Et mer detaljert nivå på prosjektspesifikke forhold er svært krevende og krever datagrunnlag og modellkjøringer på et annet nivå.

Transportøkonomisk Institutt (TØI) har vurdert det mer makroøkonomiske bildet av et ferjefritt Vestland. De har studert direkte og indirekte nytteeffekter av endrede godstransportkostnader. Her fremkommer at en utbygging av E39 har like stor nytte for det sentrale Østlandet som det har for deler av Vestlandet. De direkte berørte fylkene av en ferjefri E39 har selvsagt stor effekt (Rogaland og Hordaland størst), men det mest interessante er at Oslo har like stor nytte av dette som Møre og Romsdal – og at Akershus har tilnærmet like stor nytte som Sør-Trøndelag. Kun ferjene er fjernet i TØI sin beregning, vegstrekningene ellers er ikke gjort noe med. Det er ikke urimelig å anta at dersom også vegstrekningene blir vesentlig utbedret og kortet ned, vil effektene blir vesentlig høyere.

BI har gjennomført et næringsøkonomisk prosjekt på hele E39 [5]. Dette prosjektet ser på ulike næringsklyngeeffekter, med fokus på konkurranse, samarbeid, komplementaritet og arbeidsmobilitet. Sammenkobling av allerede næringsøkonomisk sterke markeder gir vesentlig gevinst for omgivelsene, både lokalt, regionalt men også nasjonalt gjennom verdiskaping. Dynamikk og attraktivitet for og i en region, som har virkninger på sysselsetting og verdiskaping, er sentralt. Prosjektet viser svært store verdier, hvor man med denne tilnærmingen viser at store investeringer i fjordkryssinger i noen områder kan være samfunnsøkonomisk nedbetalt på få år. Neddiskontert over 40 år viser de en bytteverdi på rundt 40 mrd. kroner av en ferjefri E39. Med tilnærmingen fra BI er det strekningene Stavanger-Bergen og Volda-Molde som er de absolutt største bidragsyterne. Selvsagt er dette gitt forutsetninger som man alltid kan diskutere, men slik vil det alltid være. Kostnadsbildet som er brukt er helt annerledes enn det som i senere tid fremkommer gjennom Riksvegutredningene. Sognefjorden skiller seg ikke overraskende ut som den minst økonomiske med denne tilnærmingen, rett og slett grunnet fravær av stor og tung næringsaktivitet i området.

NHH/SNF har tidligere også sett på verdiøkning for samfunnet gjennom lønninger, og effekter av å koble sammen det som i utgangspunktet er adskilte bo- og arbeidsmarkeder. På lang sikt (15-30 år) tilsier denne tilnærmingen at en full utbygging mellom Stavanger og Bergen kan årlig kan gi rundt 10 mrd. kroner i verdiøkning, Volda-Ålesund-Molde kan tilsvarende gi 1,1-1,3 mrd. kroner mens indre Nordfjord kan gi 250 mill. kroner i årlig verdiøkning for lønnsmottakerne i berørt område.

Menon har gjort sine metodiske analyser mot produktivitetsutvikling, ringvirkninger, klyngeeffekter og langsiktige likeeffekter for næringsliv og arbeidsmarked i regioner som påvirkes av større investeringer i infrastruktur [6]. De har gjort vurderinger mot Eiksundsambandet, E18 Kristiansand-Grimstad og ferdigstillelse av Lofast. De to første prosjektene viser verdiskapingseffekter for berørte kommuner som er rundt 10 % høyere enn referansekommunene som ikke har liknende infrastrukturprosjekt. Lofast viser ingen signifikant effekt ved en slik tilnærming, noe som man argumenterer for at henger sammen med at dette prosjektet ikke gir noen sammenkobling av større arbeidsmarkeder.

[5] Se rapport https://www.bi.no/OsloFiles/Byggsenteret/20014-03-Sasson,%20Nordkvelde%20og%20Reve.pdf.
[6] Se rapport http://www.vegvesen.no/_attachment/687567/binary/983583?fast_title=Produktivitetsvekst+og+infrastruktur%2C+Menon+Business+Economics+2013.pdf.

Møreforsking Molde har analysert hvordan flytrafikken og hurtigbåtforbindelser som er tilknyttet E39 kan utvikle seg ved en ferjefri utbygging av E39. Arbeidet viser naturlig nok en nedgang i flytrafikken på interne ruter på Vestlandet, at de mindre flyplassene får større lekkasjer til andre større flyplasser og at noen hurtigbåtforbindelser vil forsvinne som følge av ferjefrie vegstrekninger. Møreforsking synliggjør at flytrafikk mellom Bergen og Haugesund trolig faller bort, og at Bergen-Stavanger får et vesentlig svekket grunnlag. Arbeidet har ikke fokusert på den overordnede strukturen, dvs. eventuelt bortfall av flyplasser, men kun på effekter for eksisterende flyplasser. Av tallfestede størrelser legger de frem at en fullt utbygd E39 anslagsvis vil gi en nedgang i antall flyturer på ca. 0,7 % på landsbasis. Det antas videre at hovedtyngden av dette vil være på kystrutene på Vestlandet.

Transportmodeller er også etablert gjennom vårt prosjekt, som egne områdemodeller for E39 basert på tradisjonelle transportmodeller. Her er det kjørt ulike konsept for utbygging av E39, og resultater tyder på store trafikale effekter av en ferjefri veg på Vestlandet. Konseptene varierer fra full utbygging med både ferjefrie fjordkryssinger og utbedret vegstrekninger mellom, til kun utbygging av delstrekninger, kun fjordkryssinger og kun vegutbedringer. Samlet sett viser modellen trafikktall som bekrefter våre antagelser om et stort behov i samfunnet som ikke er tilfredsstilt som følge av ferjer. Modellen viser kraftig trafikkvekst både på kort (år 2020) og lang (år 2060) sikt ved bygging av ferjefrie fjordkryssinger. Også vegutbedringer uten fjordkryssinger bekrefter det store behovet for bedre veger på Vestlandet [7].

Det er gjort flere beregninger, og ved å framskrive dagens trafikk fram til år 2020 er det i modellen sett på hvor mange som vil foretrekke E39 dersom det «over natta» kommer ferjefrie forbindelser uten bompenger. Dette representerer derfor et potensiale for trafikk når hele korridoren er ferdig. Transportmodellen beregner en reduksjon av trafikken på E6 og på alle fjellovergangene, og trafikken på ferjestrekningene tilsier å øke til mellom 250 % og 500 % av dagens trafikk. Dette skyldes delvis at trafikken på Vestlandet vil omfordele seg og delvis at bedre vegstandard gir mer attraktiv reisetid og forutsigbarhet.

EFFEKT-beregninger er gjennomført basert på beregningene fra transportmodellen. Rambøll har gjennomført beregningene. Disse beregningene viser i hovedsak trafikantnytte for personbilreiser for korte og lange reiser, trafikkulykker og trafikkstøy. Godsmodellarbeidet for E39 er ikke helt ferdig, og derfor er nytten for godstrafikken foreløpig ikke med her. Men tidligere nevnte arbeid gjort av TØI med godstransporten er av stor interesse her.

Vi viser til egne og mer omfattende rapporter fra delprosjektet, både fra 2013 og 2014. Disse finner du på våre hjemmesider http://www.vegvesen.no/Vegprosjekter/ferjefriE39/Samfunn. Alt kan lastes ned elektronisk.

En naturlig videreføring av Ferjefri E39 – samfunn, vil være å utvide det tidligere gitte mandatet om å se på effekter av en ferjefri Vestlands-veg. En utvidelse her vil naturlig ta inn over seg at de effektene man kommer frem med i arbeidet som er gjort, gjøres og skal settes i gang, er av generell karakter. Dette er samfunnseffekter som ikke knytter seg til E39, men til hva investeringer i infrastruktur betyr for samfunnet som blir berørt av det. Slike store investeringer, som potensielt kan gjøre endringer i samfunnsstrukturer og hvordan vi mennesker og bedrifter tilpasser oss omgivelsene, har tilsvarende effekter uavhengig av hvor man er. En ny Oslofjordforbindelse som erstatter ferjene Moss-Horten kan eksempelvis ha store grunnleggende effekter på hvordan samfunnet tilpasser seg. Et nytt InterCity-triangel som potensielt kan gjøre store deler av Østlandet til et vesentlig større bo- og arbeidsmarked kan ha noen slike effekter i seg.

[7] Se rapport http://www.vegvesen.no/_attachment/687569/binary/983588?fast_title=Flyplass-+og+hurtigb%C3%A5tstrukturen+p%C3%A5+Vestlandet%2C+M%C3%B8reforsking+Molde+2013.pdf

De virkninger man ser på samfunnet av å gjøre store investeringer i infrastruktur, investeringer som endrer hvordan man tilpasser seg i større grad enn kun noen minutters kortere reisetid, er ikke nødvendigvis stedsavhengig. Å fjerne en åpenbar barriere (som en ferje eller en lang rasutsatt strekning) og erstatte dette med en forutsigbar, trygg og vesentlig kortere veg eller bane, vil på lang sikt kunne ha store virkninger på samfunnet. Det er dette vi jobber med å synliggjøre på en kvantitativ og kvalitativ solid måte.

6.2. Fjordkryssinger

Delprosjektet leverte en sin forrige statusrapport i desember 2012 [8].

I idéfasen for Sognefjorden ble det vurdert flere prinsipielt ulike bruløsninger, og løsningene har fått betydning som del av en «verktøykiste» for arbeidet med de andre konkrete kryssingene. Dette gjaldt følgende konsepter:

- Hengebru (i ett spenn)
- Skråstag- eller hengebruer i flere spenn på flytende fundamenter
- Flytebruer
- Rørbruer
- Kombinasjoner av de to siste

Videre fokuserte mulighetsstudien på de tre prinsipielt forskjellige konseptene med hengebru (i ett spenn), flytebru og rørbru. Flytebru- og rørbrukonseptene ble utviklet av eksterne konsulentgrupperinger etter forutgående konkurransepreget dialog. Utvikling av hengebru i ett spenn ble gjennomført av bruseksjonen i Vegdirektoratet.

Alle løsningene er vurdert som teknisk gjennomførbare, og dette er omtalt i statusrapporten fra 2012. Siden har prosjektet ikke arbeidet mer med kryssing av Sognefjorden, men Samferdselsdepartementet har bedt om at det nå ses nærmere på tekniske løsninger for en kryssing i form av en KVU mellom Lavik og Oppedal.

Det er gjennomført grove beregninger av investeringskostnader for de fleste kryssingene. Disse er innbakt i de strekningsvise kostnadene som er angitt i KVU-ene. Vurderingene daterer seg tilbake til 2010-11 da KVU-arbeidet i hovedsak var gjennomført, og baserer seg på grove anslag over forventede materialmengder og tidsforbruk. Kostnadsreferansene er hovedsakelig det ordinære entreprenørmarkedet, mens for forankringer, fortøyninger og marine operasjoner kommer de fra offshore-markedet. For enkelte av bruløsningene forventer vi interesse også fra verfts-, stål, og offshoremarkedet. Dette kan komme til å påvirke pris- og kostnadsbildet en god del. Ettersom flere av løsningene ikke har vært bygget før kan vi også forvente betydelige reduksjoner i kostnader fra første gjennomførte prosjekt til det neste.

Det har verken vært tid eller midler til å gå i gang med optimalisering av løsningene med tanke på kostnader. Vi har startet arbeidet med vurdering av drift og vedlikeholdsbehovet for de store brukonstruksjonene. Dette har direkte sammenheng med beregning av levetidskostnader. Det vil bli jobbet videre med teknisk optimalisering etter hvert som de ulike fjordene nærmer seg gjennomføring. Likevel vil mye av optimaliseringen ligge i dialogfasen under kontraheringen, der det velges konkurransepreget dialog som kontraheringsform for entreprisen.

[8] http://www.vegvesen.no/_attachment/435447/binary/731803?fast_title=Ferjefri+E39+Delprosjekt+Fjordkryssing%2C+desember+2012.pdf

Etter den tid har det vært lagt ned et omfattende arbeid med å utvikle programmet for forskning og utvikling, og som for dette delprosjektet er meget stort.

Den første KVU-avklaringen kom for KVU Aksdal-Bergen, og den fastsatte at E39 i framtida skal krysse Bjørnafjorden med en fast forbindelse. Fjordkryssingsprosjektet startet umiddelbart opp arbeidet på denne fjorden, og arbeidet bidrar inn i utarbeidelsen av det planprogrammet som Region vest utarbeider for strekningen. Arbeidet innebærer blant annet:

- Måling av bølger, strøm og vind
- Grunnundersøkelser
- Risikoanalyse for skipsstøt
- Første optimalisering av konsepter (flytebru, rørbru og flytende hengebru)
- Utarbeiding av teknologikvalifiseringsprogram (for bruk i optimaliseringsfasen, både i første omgang og senere i dialogfasen)

Målet med arbeidet er å ha minimum tre gjennomarbeidede konsepter, der sikkerhet, byggbarhet og kostnad er godt dokumentert. Dette vil danne grunnlaget for den statlige planen som blir lagt fram, og for ekstern kvalitetssikring. Det vil også danne grunnlaget for neste fase med kontrahering av entreprenør ved bruk av konkurransepreget dialog.

Den andre kryssingen som er kommet godt i gang er Møreaksen. Her er arbeidet med hengebru over Julsundet allerede startet opp, og det gjennomføres vindmålinger.

De andre KVU-ene er avklart i tur og orden, og arbeidet vil gradvis dras i gang blant annet gjennom innsamling av miljødata fra vind, strøm, og bølger.

6.2.1. Hengebruer på faste fundamenter

Lange hengebruer har blitt bygd før, både i Norge og ellers i verden. I Norge er Hardangerbrua den lengste, med et hovedspenn på 1310 meter. På grunn av de lave trafikk-volumene her til lands, har norske hengebruer hittil vært slankere enn det som er typisk ellers i verden. Større trafikkvolum gir føringer for flere kjørefelt enn på norske hengebruer. Dette fører til bredere brubjelke, som har større sideveis stivhet og torsjonsstivhet (vridning) enn våre hengebruer. Norske hengebruer er derfor ofte faglig krevende med de slanke konstruksjonene vi etterstreber.

For kryssinger med hovedspenn over 1600–1700 meter er det behov for nye utforminger av brubjelke og hengekabler for å unngå aerodynamisk instabilitet. Dette gjelder for eksempel for hengebru-alternativet over Halsafjorden, der hovedspennet er 2050 meter, og brubjelken forutsettes delt med avstivningsbjelker i mellom. Stålkvaliteten for kabeltråden er viktig for vekten av den ferdige kabelen, og vi vil prøve å utnytte høyere bruddstyrker. Det gir imidlertid et sprøere stål, som er en avgjørende egenskap for å kunne sette sammen selve kabelen. Mens det for bærekabelen på Hardangerbrua er benyttet stålkvalitet med en bruddstyrke på 1570 MPa, designes både Hålogalandsbrua og brua over Julsundet etter 1770 MPa. For en eventuell hengebru over Halsafjorden tas det sikte på en bruddstyrke på 1860 MPa.

En tradisjonell hengebru over Sognefjorden vil ha et hovedspenn på 3700 meter. Dette er svært langt for en slank bru. Den planlagte brua over Messinastredet i Italia har et hovedspenn på 3300 meter, men det inkluderer blant annet dobbeltsporet jernbane. Dersom hengebru i ett spenn skal være aktuelt for Sognefjorden krever det en annen og delt utforming av brubjelken for å oppnå en bru med rimelig bredde og byggekostnad. Konklusjonen for hengebruer i mulighetsstudien er at det er mulig å bygge ei hengebru over Sognefjorden. Som omtalt tidligere skal det gjennomføres en KVU for Sognefjorden som skal belyse og foreslå valg mellom de teknologiske alternativene som finnes. Videre arbeid på hengebruer må innebære optimalisering av hengebruer både for lange spenn på 1300-1700m og for ultra-lange spenn på over 2000 meter.

Arbeid er allerede i gang med stedlige vindmålinger og vindtunnelforsøk for hengebrukonsept for kryssing av Julsundet (1650 meter) og Halsafjorden (2050 meter). Hengebru for kryssing av Langenuen i Hordaland og Nordfjord (ca 1500 meter) i Sogn og Fjordane vil basere seg på dette arbeidet.

6.2.2. Flytebruer

Fjordkryssingsprosjektet har sett på flere typer flytebruer, både tradisjonelle lave flytebruer med og uten forankring til bunnen, samt alternativer med høybru av ulik høyde der tårnene er fundamentert på store pongtonger (flyteelementer) forankret til sjøbunnen.

Uten forankring til bunnen er Nordhordlandsbrua nord for Bergen fortsatt verdens lengste der flytedelen er på 1243 meter. Denne typen endeforankret flytebruer er vurdert for flere av fjordene langs E39, med seilløp både ved land og ute på fjorden, og med flytedel på opp mot 3-4 kilometer. Vi må jobbe videre med dette konseptet for å få sikrere kostnadsoverslag på de fjordene der konseptet er aktuelt.

Vi har også vurdert flytebruer med sideforankring, tilsvarende flytebruene som er bygd i blant annet Nord-Amerika. Der er flytedelen opptil 2300 meter lang. Disse bruene er forankret på relativt grunt vann sammenlignet med dybdene i de aktuelle norske fjordene. Vi må derfor redusere usikkerheten knyttet til mengder og kostnader for dette konseptet.

For E39 må lave tradisjonelle flytebruløsninger kombineres med andre løsninger, for eksempel høybru over skipspassasjen, eller rørbru under skipspassasjen for å tillate skipstrafikk forbi kryssingsstedet. Det finnes alternative løsninger for dette. Det er teknisk mulig å bygge endeforankrede flytebruer med flytedel i størrelsesorden 3-4 kilometer, og sideforankrede løsninger til bunnen kan gjøres enda lengre.

En annen mulig bruløsning er en høybru, for eksempel hengebru eller skråstagsbru, med tårn på store flytende fundamenter. Den kan tenkes bygd med flere spenn på alt fra 600-1300 meter mellom de flytende fundamentene. Disse forankres til bunnen, på dybder ned til 1250 meter, som er aktuelt i Sognefjorden. Dette konseptet vant delkonkurransen for verifisering av flytebru i mulighetsstudien for kryssing av Sognefjorden, og ble lansert av gruppen Aas-Jakobsen/Johs Holt/COWI/NGI/ Skanska. En slik løsning er gjennomførbar. Konseptet må optimaliseres for å redusere usikkerheten som alltid er knyttet til nye konsepter.

Arbeid knyttet til flytebruer er allerede i gang gjennom instrumentering av Bergsøysundbrua, og innhenting av måledata derfra. For Bjørnafjorden pågår et større utredningsoppdrag for kryssing med flytebru hos konsulentkonsortiet Aas-Jakobsen, Cowi, og Johs Holt.

Illustrasjon: Statens vegvesen/Vianova

6.2.3. Rørbruer

Prosjektet vurderer rørbruer som del av flere av fjordkryssingene langs E39. Selv om rørbru ikke er bygget noe sted i verden for samferdselsformål, var brutypen godt utviklet og teknisk godkjent for kryssing av Høgsfjorden i Rogaland. Dette prosjektet ble erstattet av Ryfast-sambandet mellom Stavanger og Ryfylke. Mens rørbrua for Høgsfjorden var om lag 1400 meter lang, vil en tilsvarende bru for Sognefjorden ha en lengde på om lag 4000 meter.

Rørbruer kan være endeforankret i kombinasjon med flyteelementer på overflaten, eller forankret til bunnen med strekkstag (vertikale eller skrå stag). De kan utformes med ett eller to runde rør, ovale rør eller ett rektangulært tverrsnitt. De kan bygges i betong eller stål. En bunnforankret rørbru vil ikke føre til restriksjoner eller hindringer for skipstrafikk på overflaten, og den vil heller ikke være synlig. For en rørbru som skal krysse en hel fjord vil den totale tunnellengden med fjelltunneler i begge ender bli relativt lang.

Rørbrukonseptet gjennomikk en vurdering av teknisk gjennom-førbarhet i mulighetsstudien for kryssing av Sognefjorden. Verifiseringen er gjennomført for en endeforankret løsning med to parallelle bueformede rør med flyteelementer på overflaten. Tverr-forbindelser mellom rørene gir konstruksjonen nødvendig horisontal stivhet, samtidig som det muliggjør rømning mellom tunnelrørene i en ulykkessituasjon. Arbeidet med verifisering av rørbru i mulighetsstudien har vært utført av konsortiet Reinertsen Olav Olsen Group, og konklusjonen er at også denne løsningen er gjennomførbar.

Gjennom arbeid med rørbru ser vi et stort potensiale for løsningen. Spesielt for fjorder med mye skipstrafikk og i tilfeller der vi ønsker å unngå visuelle inngrep over vann. Det er fortsatt usikkerheter knyttet til et konsept som ikke er bygget noe sted i verden, men siden vi ser et stort potensiale er noe av forskningsprogrammet ved NTNU knyttet til rørbru. Vi anbefaler at det blir gjennomført et pilotprosjekt med en kryssing som innbefatter en rørbru.

For Bjørnafjorden er det igangsatt et større utredningsoppdrag for kryssing med rørbru hos konsulentkonsortiet Dr. techn. Olav Olsen AS, Norconsult og Reinertsen.

Illustrasjon: Statens vegvesen/Vianova

6.2.4. Kombinasjon av flytebru og rørbru

Det er også vurdert konsepter med flytebru i kombinasjon med rørbru under skipsleia. For en slik løsning kan skipsleia ligge inn mot land, eller der det passer best i forhold til naturlig seilløp i fjorden. Det er så langt ikke videreført noen teknisk gjennomgang av dette konseptet, men vi anser konseptet som fullt gjennomførbart. For å unngå for lange kombinasjoner mellom rørbru og fjelltunneler vil det være aktuelt å bruke røret bare for å krysse skipsleia. Rett linjeføring på veger med høy fart vil imidlertid gi en overgangsstrekning mellom rør og lav flytebru på omtrent en kilometer. Reinertsen og Dr.techn Olav Olsen m.fl. samarbeider om et konsept med kunstig sjøbunn. Der kombinerer de flytebru med rørbru under skipsleden. Konstruksjonene forankres i den kunstige sjøbunnen i stedet for til bunnen.

6.2.5. Fjordkryssingskonsepter lansert av private selskaper

Flere private selskaper har kommet på banen med egne konsepter som er utviklet på eget initiativ for kryssing av forskjellige fjorder, både langs E39 og ellers.

- Akvator AS på Stord presenterte i samarbeid med Jan Soldal en kjedet flytebru for kryssing av Bjørnafjorden mellom Os og Stord. Konseptet er overtatt av Multiconsult, som har fått støtte fra Forskningsrådet til å videreutvikle konseptet. Teknologien er enkel, og videreutviklingen gjelder særlig det elastiske elementet som knytter de flytende bruelementene sammen, og de levetidsegenskapene dette kan få.
- LMG Marin i Bergen har utviklet flere flytebrukonsept som de har presentert som mulig løsning på fjordkryssinger langs E39 og andre steder i landet, deriblant Oslofjorden. I kostnadsvurderingene av konseptene legges det stor vekt på serieproduksjon av standardiserte bruelementer, samt å utnytte verfts- og stålindustriens prisnivå for bearbeidet stål.
- Reinertsen og Olav Olsen har i samarbeid med flere andre utviklet en «kunstig sjøbunn» bestående av et oppspent «nett» av stålrør på tvers av fjorden. Når sjødybden passerer en viss grense kan det være lønnsomt å forankre flytebruer, rørbruer eller kombinasjoner av disse i den kunstige sjøbunnen i stedet for å føre alle forankringer eller fortøyninger helt til bunns. Forskningsrådet har gitt støtte til dette utviklingsarbeidet.

Vi har foreløpig ikke gjort noen nærmere vurdering av teknisk gjennomførbarhet og utfordringer i driftsfasen av disse forslagene. Det vil komme som en del av det tekniske kvalifiseringsarbeidet når løsningene eventuelt dukker opp fra tilbydersiden i kontraheringsfasen.

6.2.6. Kostnader

Ved beregning av byggekostnader for alternative løsninger for de ulike fjordkryssingene har vi benyttet Anslag-metoden. Det er ikke gjennomført fullstendige stedlige undersøkelser av bunnforhold, vind, bølger eller strøm, selv om dette er på gang flere steder nå. Løsningene baserer seg på antatte krav til seilingsløp, siden formelle planprosesser ikke er gjennomført på dette konsept-stadiet.

Anslag-beregningene baserer seg på relativt grove anslag over mengder som grunnlag for prising. Det er ikke bygd noen tilsvarende konstruksjoner hittil, og det er derfor ingen referanseprosjekter som kan brukes for enhetspriser. Det foreligger likevel en del priseksempler fra bygging av store bruer, senketunneler og offshorekonstruksjoner. Grovt kan en si at kostnad for disse konstruksjonene vil variere mellom 1 og 3 millioner kroner pr løpende meter, der kostnaden øker med økende høyde over vannet.

Private konseptutviklere har presentert kostnadstall som er vesentlig lavere enn det som følger av Anslag-beregningene. Vi har foreløpig ikke grunnlag for å kommentere disse overslagene, men teknisk optimalisering og standardiseringsmuligheter i en produksjonsfase vil trekke kostnadene

nedover. Hittil er det i liten grad samlet data om drifts- og vedlikeholdskostnader som er relevante for konstruksjoner av denne typen. Det nærmeste er data fra flytebrua over Bergsøysundet og Nordhordlandsbrua, samt data fra såkalte «tension leg»-plattformer i Nordsjøen. Ved utarbeiding av kostnadsoverslag for en mulig flytebru over Boknafjorden ble det utført en enkel vurdering av levetidskostnader.

Prisene for bearbeidet stål er ofte lavere i stål- og verftsindustrien enn i det ordinære entreprenørmarkedet. Hvorvidt dette lar seg utnytte er avhengig av industriens kapasitet og interesse for infrastrukturprosjekter.

Det pågår også et arbeid med sammenligning av levetidskostnader for en undersjøisk tunnel kontra bruløsning for en tenkt fjord. Generelt kommer bruløsninger bedre ut med tanke på framtidige drifts- og vedlikeholdskostnader enn undersjøiske tunneler, og har dermed ofte lavere livsløpskostnader enn tunneler.

Byggekostnadene for bruer vil variere sterkt med valg av teknologi og forhold som bredde og dybde på fjorden, miljøforholdene og omfanget av skipstrafikk på stedet.

Videre ser vi at neddiskonterte drift- og vedlikeholds-kostnader for de undersjøiske tunneler vi har bygd hittil ligger høyt i forhold til byggekostnadene. I gjennomsnitt har de hittil måttet gjennomgå full rehabilitering og oppgradering etter 17 år, og rehabiliterings- og oppgraderingskostnader kan overstige 50 prosent av byggekostnadene. Dette skyldes til dels ekstremt korrosive miljø i tunnelene, men også at oppgradering grunnet nye krav til mer omfattende sikkerhetsutrustning enn de krav som gjaldt da de var bygd. Det er usikkert hvor stort dette behovet vil vise seg å være for de tunnelene som er bygd i de senere år.

En brukonstruksjon vil ha langt mindre drift- og vedlikeholdskostnader. De vil over 100 år typisk ligge på 1-5 prosent av byggekostnaden. Rimeligst i så måte er hengebruer, mens bunnforankrede flytebruer ligger på andre enden av skalaen.

Det blir jobbet videre med sikring av både byggekostnader og levetidskostnader for de forskjellige brukonseptene. Det har ingen hensikt å føre dette arbeidet lenger enn det som er nødvendig for å fastsette Stortingets kostnadsramme for prosjektet. Ved bruk av kontraheringsformen konkurranseprega dialog vil kostnadene for alternative tekniske løsninger ikke foreligge før etter at dialogfasen er over, og konkurransepris er gitt.

6.2.7. Vegen videre for fjordkryssingsprosjektet

Arbeidet hittil har vært på konseptnivå. For å kunne gjennomføre konkrete fjordkryssingsprosjekt er det behov for videreutvikling av teknologi generelt, og design av konkrete løsninger for de spesifikke kryssingene. Delprosjekt Fjordkryssinger forutsettes videreført i et større forsknings- og utviklingsprosjekt over perioden 2014-2018. Hensikten er å føre teknologisk utvikling for hengebruer, flytebruer og rørbruer, samt varianter og kombinasjoner av slike, så langt at utlysing av konkurranse for totalentreprise kan skje. Dette vil sikre at teknologiutvikling og kompetanseoppbygging ikke vil forsinke oppstart og gjennomføring av aktuelle fjordkryssingsprosjekt.

For fjordkryssingsprosjektet er det viktig å fortsette arbeidet med teknologiutvikling og beregningsmetoder for lange kryssinger. I forlengelsen av det er det viktig å etablere rammebetingelsene for kryssing av spesifikke fjorder. Hensikten er til dels å utvikle tekniske elementer og metoder som er nødvendige, men også å føre en løsning så langt at byggbarhet og kostnader kan verifiseres. Dette arbeidet foregår i samarbeid med universitetsmiljøer, konsulenter, entreprenører og andre statlige institusjoner.

Eurocode-systemet for design av bruer gjelder ikke for marine konstruksjoner, og vi må derfor gjøre et godt stykke arbeid selv for å vurdere hvilke designkriterier som bør brukes for en del av konstruksjonene som for eksempel rørbruer. Designløpet legges i samarbeid med NTNU opp etter det livsløpsbaserte sikkerhetssystemet RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety) [9].

Nye og tidligere uprøvde konstruksjoner vil dermed gjennomgå en prosess for teknologikvalifisering. Dette har blitt en ny og viktig disiplin for løsninger der det er strenge krav til sikkerhet og/eller pålitelighet, og der ny teknologi ikke er tilstrekkelig dekket av eksisterende regler, standarder og tidligere praksis. På noen områder gjennomføres et «technology qualification program (TQP)» for å sikre at nye produkter er egnet for oppgaven, og har tilstrekkelig kvalitet og pålitelighet før de tas i bruk. De første metodene ble utviklet innenfor romfartsindustrien, og senere forsvarsindustrien og subsea-produksjon av olje og gass. Systemet blir nærmere forklart i et notat om Teknologikvalifisering som er under utarbeidelse.

Vi legger opp til å gjennomføre livssyklusanalyse for konstruksjonene, for å kunne ta et bevisst valg til livsløpskostnader, klimautslipp og energiforbruk. I dette regnskapet er det ikke bare klimautslipp og energiforbruk i forbindelse med byggingen av konstruksjonen som spiller inn, men også drift og vedlikehold av konstruksjonen. Det største bidraget kommer imidlertid fra utslipp og forbruk fra trafikken, og dermed vil også utslippene som genereres ved at biler må kjøre en «omvendt fjellovergang» (med bratt nedkjøring og stigning) i dype undersjøiske tunneler komme med.

Fjordkryssingsprosjektet har laget en prosjektplan for videre arbeid som er nødvendig å gjennomføre før bygging kan komme i gang. Dette er konstruksjoner som krever omfattende forsknings- og utviklingsarbeid over flere år. Slik teknologiutvikling trengs, ikke så mye for virkelig å kunne bygge konstruksjonen, men for å kunne bygge så smart og med så lave levetidskostnader som mulig. Samt som grunnlag for utvikling av dimensjoneringskriterier, beregningsmetoder, godkjenningsregimer, osv.

Nasjonal Transportplan for perioden 2014-2023 har en målsetting om at en ferjefri E39 skal være etablert i løpet av 20 år. Ut fra denne målsettingen er det avgjørende at arbeidet med teknologiutvikling føres videre med full tyngde.

6.2.8. Lokale forhold og grunnlagsdata

Alle de alternative konseptvalgene som kom opp gjennom KVU-arbeidet for de ulike vegstrekningene og fjordkryssingene er nå avklart, og gjennom 2015-budsjettet er det stilt planleggingsmidler til rådighet for videre planlegging. Innenfor de valgte konseptene er det imidlertid en del traséspørsmål som står sentralt, som for eksempel eventuell kryssing av Vartdalsfjorden som del av det valgt Hafast-konseptet, og forbindelsen fra Møreaksen og sørover i retning i Ålesund. Med traséavklaringene har vi kunnet sette i gang undersøkelser av stedlige forhold for aktuelle kryssingssteder. På den måten får vi nødvendig grunnlagsmateriale for å utarbeide og optimalisere konkrete kryssingsløsninger på de aktuelle stedene. Dette vil være bidrag inn i planprogrammet for hvilke tekniske løsninger og kombinasjoner som vil være aktuelle, og hvilke traseføringer som eventuelt kan måtte frarådes på grunn av stedlige forhold.

[9] Mer informasjon om dette finnes her: http://www.ntnu.edu/ross/rams

Følgende undersøkelser må foretas for hver av kryssingene:

- **Naturlaster**: Målinger av vind, strøm og bølger på de aktuelle kryssings-punktene er nødvendig. Det er ønskelig at målingene gjennomføres over en periode på 5 år for å kunne representere et godt nok grunnlag for valg av dimensjonerende vind- og andre naturlaster.
- **Grunnforhold**: Det må gjennomføres grunnundersøkelser på land og på havbunnen på de aktuelle kryssingstraseene for å ha sikrere informasjon å jobbe med. Det gjelder for eksempel mektighet av bunnsedimenter, fjellforløp under sedimentene, og materialtyper og karakteristika ellers for selve sedimentene.
- **Skipstrafikk**: Vi må samle inn data om skipstrafikk i området rundt kryssingsstedet. Ulykkeslaster fra skipsstøt kan være dimensjonerende for konstruksjonen.

Parallelt med punktene ovenfor ser vi det som nødvendig med simulering av vind, bølge og strøm på de aktuelle kryssingspunktene.

Dette vil vi gjennomføre for å ha grunnlagsdata slik at vi kan starte bearbeiding av konseptene på de forskjellige fjordene før målte data er tilgjengelige. Det vil være svært aktuelt å samarbeide med Metrologisk institutt og Havforskningsinstituttet på dette punktet.

Det finnes i dag allerede eksisterende konstruksjoner som med en viss oppskalering kan krysse noen av de smalere fjordene som Julsundet og Nordfjorden. Det er likevel ønskelig å jobbe videre med å optimalisere løsningene og å redusere kostnadene.

For Bjørnafjorden og Sognefjorden finnes det ikke eksisterende konstruksjoner som dekker våre behov. Mulighetsstudier som er gjennomført viser likevel at det er fullt mulig å bygge faste forbindelser også over disse fjordene. Arbeidet som ligger foran oss her vil gå ut på å bearbeide konsepter, kvalifisere teknologien, og minske usikkerheten for kostnadsoverslag.

Faren for skipsstøt på flytende konstruksjoner er en avgjørende designfaktor for enkelte av fjordene. Det pågår allerede et arbeid for hvordan dette skal håndteres. En flytende beskyttelsesring vil for eksempel kunne utnytte vannets store motstand mot å bli flyttet på raskt, og vil være en mulighet for å redusere støtet på selve konstruksjonen. En slik design må ivareta konstruksjonen samtidig som den må avstemmes mot omfanget av den skade et skip vil bli påført ved et sammenstøt.

Vi samarbeider med NTNU, Universitet i Stavanger og Chalmers i Gøteborg om videreutvikling av bruteknologi. Dette samarbeidet vil bli videreført og ekspandert, og er omtalt nærmer under kapitlet om Forskning og utvikling (FoU).

De konkrete fjordene

6.2.9. E39 Boknafjorden (Rogfast)

Planlegging og forberedelse av denne kryssingen har forgått over flere år i regi av Statens vegvesen Region vest. Det planlegges en nesten 28 kilometer lang undersjøisk tunnel i to løp fra Randaberg til Bokn. Dybden vil gå ned til om lag 390 meter under havet. Langs tunneltraseen er det gjennomført omfattende kjerneboring for fjellkvalitet fra spesialskip, samt omregulering for å få redusert tunnelens maksimalstigning opp til Arsvågen i Bokn til 5 prosent.

Prosjektet planlegges lyst ut i 2016 dersom endelige godkjenning i Stortinget foreligger. Lenger inne i fjorden ved Rennesøy er fjordkryssingen betydelig kortere, men langt dypere. Underveis i arbeidet ble det derfor sett på en alternativ 7,5 kilometer flerspenns hengebru på flytende plattformer fra Rennesøy. Arbeidet ble ikke videreført blant annet på grunn av svært høye kostnader. Prosjektet har en ambisjon om å gjøre Rogfast «energinøytral» gjennom det energianalytiske arbeidet med «Rogfast-Plus».

6.2.10. E39 Bjørnafjorden

Region vest har etablert en egen prosjektorganisasjon for E39 mellom Arsvågen og Os. Planprogrammet og konsekvensanalysen for alternativene skal være ferdig til behandling i april 2015, og en statlig kommunedelplan i april 2016. For selve Bjørnafjorden pågår tekniske forprosjekter for kryssingen, for både flytebru og rørbru. Kryssingen vil være 4-5 kilometer, avhengig av hvilken løsning som velges.

Flytebru-utredningen utføres av arbeidsfellesskapet Aas-Jakobsen, Cowi, Johs. Holt, med Aker Solutions, Global Maritime, NGI, Skanska blant underleverandørene.

Rørbru-utredningen utføres av arbeidsfellesskapet Dr. Techn. Olav Olsen AS, Norconsult og Reinertsen AS, med DNV-GL, Aker Solutions, Marintek og Snøhetta som underleverandører. Bistand til utvikling av TLP-konseptet, dvs. hengebru med tårn på flytende plattformer utføres av TDA og Aker Solutions.

Risikoanalyse for skipsstøt mot brukonstruksjon på Bjørnafjorden utføres av svenske SSPA. Vindmålinger er påbegynt for Bjørnafjorden og Langenuen, og utføres av Kjeller Vindteknikk. Strøm og bølgemålinger utføres av Danske hydrologiske institutt.

6.2.11. Sognefjorden

Samferdselsdepartementet har bestilt en konseptvalgutredning (KVU) for en kryssing i området for dagens ferje E39 Lavik-Oppedal.

6.2.12. Nordfjord

Regjeringen har valgt indre linje, via Kvivsvegen, mellom Skei og Volda. I forbindelse med dette arbeidet er det tidligere vurdert en hengebru ved Svarstad (Faleidfjorden) med et hovedspenn på om lag 1500 meter. Dette er 100 meter kortere enn tilsvarende bru over Julsundet. Det er dermed naturlig å avvente det tekniske arbeidet som skjer med Julsund-brua. Rørbru er ikke vurdert som aktuell på grunn av at det vil kreve svært lange tilslutningstunneler i fjell på begge sider av fjorden.

6.2.13. Voldafjorden

Det er ikke lenger aktuelt å krysse Voldafjorden siden indre linje over Nordfjorden er valgt som konsept mellom Skei og Volda.

6.2.14. Sulafjorden

Hafast, med kryssing av Sulafjorden er valgt som konsept mellom Volda og Ålesund. I løpet av første halvår 2015 gjennomføres et skisseprosjekt som vil vurdere ulike løsninger for kryssingen. I en slik teknisk gjennomgang blir det sett på flytebru, rørbru og kombinasjoner mellom disse. På innsiden av Hareid sentrum vil kryssingen kunne bli 5-6 kilometer lang, mens på den værmessig mer utsatte utsiden vil brulengdene kunne bli vel 3 kilometer. Undersøkelser av vind, strøm og bunnforhold igangsettes. Statens vegvesen har oppnevnt en felles prosjektleder for de tekniske vurderingene for kryssingen av Sulafjorden, Halsafjorden, samt for en eventuell kryssing av Vartdalsfjorden.
Det er betydelig trafikk med store turistskip i Sulafjorden, og det vil derfor også bli gjennomført risikoanalyse for skipsstøt.

6.2.15. Vartdalsfjorden

I sammenheng med at Hafast og kryssing av Sulafjorden er valgt som konsept mellom Volda og Ålesund, er Statens vegvesen bedt om teknisk å vurdere en kryssing av Vartdalsfjorden, som et alternativ til dagens kryssing via fylkesveg 653 Eiksundsambandet. Den 287 meter dype fjelltunnelen er for bratt for de krav som knytter seg til europaveger etter dagens standarder. Den ligger i en undersjøisk fjellrygg og lar seg ikke utvide med mindre det bygges en ny under dagens løp. I første omgang forbereder vi innsamling av vinddata for Vartdalsfjorden.

6.2.16. Romdalsfjorden

Møreaksen er valgt som konsept mellom Ålesund og Molde, og Statens vegvesen Region midt har opprettet en prosjektorganisasjon for dette. Prosjektet består blant annet av en 15,5 kilometer lang og 330 meter dyp undersjøisk tunnel mellom Vestnes og Otrøya i Midsund, og en hengebru over Julsundet med et hovedspenn på ca 1600 meter. Omfattende kjerneboringer for tunnelen starter våren 2015, og likedan forberedes innsamling av vinddata for hengebrua. For brua sin del pågår det et omfattende arbeid nå, med blant testing i vindtunnel.

6.2.17. Halsafjorden

Et skisseprosjekt for ulike måter å krysse Halsafjorden med bru, er i startfasen, med innsamling av data for vind, bølger, strøm og bunnforhold.

6.2.18. Konkrete målsettinger for teknisk klargjøring

Forutsatt at tilstrekkelige midler stilles til disposisjon i perioden 2014-2018, vil det være mulig å legge til rette for at konkurranse for prosjektering og bygging kan lyses ut for aktuelle fjordkryssingsløsninger i løpet av 2018:

- Hengebruløsninger med hovedspenn inntil 3700 meter
- Flytebruløsninger med flytedel inntil om lag 4000 meter
- Rørbruløsninger med lengde inntil om lag 4000 meter

Dette innebærer også at regelverk for dimensjonering og godkjenning av slike konstruksjoner må utvikles parallelt med øvrige arbeider.

Videre forutsetter vi at metodikk for beregning av livssykluskostnader for disse nye konstruksjonene utvikles og kan benyttes ved valg mellom alternative løsningsforslag. Fjordkryssingsprosjektet er en grunnleggende forutsetning for at nødvendig kompetanse til å sette i gang finnes, og for å sikre at kompetanse for prosjektering og bygging av bruene bygges opp i fagmiljøet.

6.2.19. Skisse til prosjektplan teknologi for fjordkryssinger

Vi ser for oss følgende hovedområder for utviklingsarbeidet:

- Hengebruer (på faste fundamenter i ett eller flere spenn)
  - Design, testing i vindtunnel, utvikling av materialer, byggeprosesser, instrumentering, drift og vedlikehold
- Flytebruer (ende- eller sideforankra, bruer på flytende pongtonger)
  - Design, testing i basseng, utvikling av materialer, bygging og installasjon, marine operasjoner, instrumentering, drift og vedlikehold
- Rørbruer (endeforankra med pongtonger, bunnforankra, ulike tverrsnitt)
  - Design, testing i basseng, ilandføring, materialer, bygging og installasjon, marine operasjoner, instrumentering, drift og vedlikehold, pilotprosjekt
- Fundamenter og forankringer (faste fundamenter og strekkstag)
  - Faste fundamenter på dypt vann, gjenbruk av plattformer, materialer, bygging og installasjon, forankring av strekkstag på dypt vann
- Fellesområder
  - Utvikling av regelverk for prosjektering og godkjenning, levetidskostnader, sikkerhet/risiko, arkitektur

I tillegg vil prosjektet gjennomføre, alternativt yte faglig og praktisk bistand, ved forberedelse og oppstart av konkrete fjordkryssingsprosjekt. Aktuelle oppgaver er å sette i gang lokale undersøkelser for måling av vind, bølger og strøm, samt utarbeide skisseprosjekt, forprosjekt og kostnadsoverslag som grunnlag for øvrige plan- og beslutningsprosesser.

6.2.20. Teknologiforskning og kompetanse

For de store konstruksjonene vil vi være helt avhengige av forskning og utvikling for både å kunne planlegge, bygge og drifte de.

For å kunne nå målene om teknologiutvikling forutsettes det en klar langsiktig målsetting og finansiering, slik at langsiktige avtaler kan inngås med forskningsinstitusjoner, og med konsulenter/entreprenører.

20 år kan høres lenge ut for å bygge en oppgradert og ferjefri E39, men det er stor faglig enighet om at årene må benyttes til fulle for at vi skal kunne nå målet i løpet av denne perioden. For å kunne benytte tiden frem til byggestart for de store fjordkryssingene best mulig, må det stilles tilstrekkelige midler og ressurser til rådighet.

Det haster å utvikle og tilpasse beregningsmetoder som er nødvendig for å kunne dimensjonere de ulike deler av konstruksjonene. Dette vil være noe av grunnlaget for å kunne fastsette hvilke standarder konstruksjonene skal tilfredsstille. Uten slike standarder vil det heller ikke kunne etableres et godkjenningsregime for slike konstruksjoner. For å få til det må arbeidet med å etterprøve hvordan store, ferdige konstruksjoner responderer på belasting over tid intensiveres.

Kompetansen som trengs for å bygge disse konstruksjonene må utvikles, da det ikke er bygget slike konstruksjoner før. Dette løses ved forskning og utvikling, og mye av dette vil måtte skje hos de store tekniske læreinstitusjonene. Som omtalt i FoU-kapittelet er det allerede igangsatt flere doktorgradsstudier, men omfanget må økes for at dette ikke skal representere for store begrensninger i kunnskap og kapasitet når den trenges.

Doktorgradsprosjekter er alene ikke nok, de tar fort lang tid. Generering av ny kunnskap vi trenger vil derfor i tillegg være gjennom oppdragsforskning og målrettede konsulentarbeider, men disse må i størst mulig grad integreres og koordineres med doktorgradsarbeidene.

Gjennomføringsevne er derfor ikke det samme som å fastslå teknisk gjennomførbarhet. Gjennomføringsevne innebærer blant annet:

- Å ha et utvalg av ulike konsept innenfor hengebruer, flytebruer, rørbruer, eller kombinasjoner av disse slik at en har et konsept som tilfredsstiller aktuelle krav for den konkrete lokaliseringen. Det kan være bredde, dybde, bunnforhold, naturlaster (vind, bølger og strøm), skipstrafikk, og miljøforhold.
- Å ha personell med nødvendig kompetanse. Som ansvarlig byggherre og eier av slike konstruksjoner krever det oppbygging av betydelig kompetanse, uansett valg av kontraktsform ved gjennomføring. Slik kompetanseoppbygging er en klar forutsetning for både den delen som går på gjennomføring og utførelse av kryssingene, men er også i like stor grad en forutsetning for Vegdirektoratets myndighets- og godkjenningsfunksjon.
- Teknologiforskning er en forutsetning for å framskaffe nødvendig grunnlag for både teknologiutvikling, regelverk og kompetanseoppbygging. Slik forskning vil omfatte beregningsverktøy, stokastisk respons av ulike lastsituasjoner, usikkerheter og så videre. Det vil også naturlig innebære validering av beregningsmodeller gjennom målinger, laboratorietester eller full-skala målinger.
- Regelverk som grunnlag for skisseprosjekt, forprosjekt og prosjektering. Det gjelder alle typer dimensjoneringskriteria, lastforskrifter, prosjekteringsregler, sikkerhetsforskrifter og så videre.

Denne forskningsdelen forutsetter at relevante universitetsmiljøer blir engasjert. Arbeidet må være langsiktig (mer enn 4 år) i det det vil involvere stipendiatstillinger og mastergradsoppgaver i tillegg til professorer og annet fagpersonell. Arbeidet må så langt som mulig bygges opp slik at det fortløpende vil bidra med kunnskap på områder som er kritiske for å bevege seg fra beregninger på konseptnivå til gjennomføringsnivå.

Universitets- og forskningsinstitusjonene har begrenset kapasitet til å gjennomføre slikt arbeid. Det er derfor viktig å få gjort nødvendig planlegging og oppstart av dette teknologiutviklingsarbeidet, slik at tilgjengelig personell ikke bindes opp i andre store utviklingsprosjekter.

Forskningsmiljøene er i gang med den teknologiforskningen som er et nødvendig grunnlag for å bevege seg fra nåværende konseptnivå til prosjektering og bygging. Av arbeid som er i gang kan det nevnes:

- NTNU har sett i gang instrumentering av Hardangerbrua, Gjemnessundet bru og Bergsøysundet bru, og registrering av data. For hengebruene blir det logget vind og konstruksjonsrespons, og for flytebrua blir det logget vind, bølge, posisjon og konstruksjonsrespons. Målingene skal gi grunnlag for å bestemme egenskapene til bruene og kontrollere disse opp mot tidligere beregninger.

- Det er sett i gang et samarbeid mellom NTNU og UiS på optimalisering av delt brutverrsnitt for hengebruer, basert på analyser og måledata fra vindtunnelforsøk som skal gjennomføres ved NTNU. Vi håper at resultatene fra forsøkene blir sammenlignet med forsøk som er gjort internasjonalt.
- Vegdirektoratet har signert en avtale med Chalmers universitet i Gøteborg. Dette miljøet har også kommet i gang med forsknings- og utviklingsarbeid, som er nærmere omtalt under FoU-delen.

Hvor lang tid dette arbeidet tar avhenger delvis av hvilke bruløsninger som er aktuelle. Uansett kan arbeidet gjennomføres parallelt med øvrige planprosesser, slik at det ikke oppstår forsinkelser grunnet manglende teknologiutvikling.

6.2.21. Pilotprosjekt for utprøving av teknologi

Det er på det rene at kryssingen av Bjørnafjorden mellom Stord og Os sør for Bergen, og Sulafjorden mellom Hareid og Sula sør for Ålesund er store kryssinger som vil kreve tekniske løsninger vi ikke har prøvd tidligere. De er brede og krevende, og enkelte tekniske løsninger vil det være fordelaktig først å ha prøvd ut i mindre skala.

Det vil derfor være aktuelt å vurdere om det parallelt bør settes i gang arbeid med en mindre fjordkryssing for å skaffe seg erfaring før de store kryssingene bygges. Dette vil trolig medføre enklere og bedre løsninger som vil redusere kostnadene som vil være forbundet med de store. I utgangspunktet er det ikke tidligere bygget rørbru, skjøting av rørelementer i sjø, og overgang fra rør til fjelltunnel under vann. I de tilfeller at en rørbru bare skal brukes for å komme under selve skipsløpet, er det også ønskelig å prøve ut en overgangsmodul mellom en lav flytebru og en rørbru, samt tilhørende marine operasjoner og forankrings- og fortøyningssystemer.

Vi forventer at videre arbeid med tekniske løsninger for både Bjørnafjorden og Sulafjorden gir klare indikasjoner på hvilke tekniske elementer som er særlig aktuelle for utprøving. Det bør derfor være utgangspunktet for hva en teknisk pilot bør inneholde, og så får det bli en vurdering hva som er viktigst å få prøvd og hvor det største potensialet for kostnadsreduksjon på senere kryssinger kan ligge.

En pilot er ikke nødvendig for å kunne ta stilling til om det er mulig å bygge eller ikke, men vil kunne bidra til å gjøre senere kryssinger smartere og enklere med mindre kostnader, eller bedre levetid. Det kan også være avgjørende for å få tillit til en løsning som ikke har vært prøvd tidligere.

Det legges opp til at Bjørnafjordkryssingen vil komme før kryssing av Sulafjorden, og det vil dermed kunne bli et spørsmål om en slik pilot vil forsinke kryssing av Bjørnafjorden. Teknisk sett tror vi ikke det. For Bjørnafjorden kan de formelle planprosessene forventes å ta lenger tid enn teknisk klargjøring. Det vil trolig også være tilstrekkelig at en teknisk pilot ligger langt nok foran kontraheringsprosess og dialogfase, at erfaringer fra piloten kan innarbeides og danne grunnlag for den teknologien som forutsettes brukt. Skulle det også være andre grunner til å stille spørsmålstegn ved valgte løsninger, vil det være tid til å foreta den type endringer.

En slik teknisk pilot vil måtte ha en størrelse som gjør det mulig å hente ut erfaring som er relevant for senere kryssinger. Et pilotprosjekt må kunne inngå i et eksisterende veinett, og dermed benyttes aktivt i trafikkavvikling siden. Den må også ligge på et sted hvor en kan forvente miljøforhold med tanke på bølger og strøm som kan anses relevante nok i forhold til de andre fjordkryssingene. Omfattende instrumentering er viktig slik at både bølger og strøm, tidevannshevninger m.m. blir registrert sammen med konstruksjonens respons på belastninger, og for å få bekreftet byggemetoder og marine operasjoner ved installasjon.

Halsafjorden har med sin vel 2 kilometer bredde, topografi og øvrige karakteristika som gjør den til en mulig interessant lokasjon for en teknisk pilot.

Så snart det er klart hvilke løsninger som er aktuelle for Bjørnafjorden og Sulafjorden, kan vi vurdere behovet en utprøving i form av teknisk pilot. Dersom det bygges en pilot, vil kontrahering av entreprenør for en totalentreprise kunne igangsettes relativt raskt basert på metoden om konkurransepreget dialog. Dette vil samtidig avdekke det spekteret av tekniske løsninger som kommer fra tilbyderne gjennom en slik kontraheringsprosess. Dette kan ha betydning for hvordan markedet vil forberede seg til de andre fjordkryssingene, som vil kunne være både enklere og verre enn Halsafjorden teknisk sett. Før konkurransepris kan gis av tilbyder, må formell og juridisk bindende kommunedelplan eller reguleringsplan være på plass, ekstern kvalitetssikring KS2 gjennomført og Stortingets aksept foreligge.

6.3. Energi

Vi er ikke kjent med at det tidligere har vært prøvd å integrere energiproduksjon ved bygging og drift av infrastruktur for transport. Her ligger det mye nybrottsarbeid, og det er mange fagmiljøer verden rundt som er svært interessert i dette.

Delprosjektet har levert flere rapporter i 2012/13.

Delprosjektet har fulgt nøye med på det som skjer både nasjonalt og internasjonalt på dette området. Statens vegvesen er også med på en del forskningsaktivitet gjennom ulike samarbeidsnettverk i Europa. Særlig i nettverkene rundt sammenslutningen av europeiske veglaboratorier (FEHRL) er det tatt initiativ innenfor flere spesifikke fagområder som også retter seg inn mot det store EU-forskningsprogrammet Horizon 2020. Flere av disse er svært relevante for E39.

Paradigmeskiftet vi ser i enkelte europeiske land, fra fossile og radioaktive brenselskilder over til fornybare kilder, vil akselerere og effektivisere produksjon og lagring av fornybar kraft stadig raskere. EU's mål er at i 2050 skal ingen kjøretøyer i byene bruke fossile drivmidler, og dette betyr at vi også for intercity- og regional trafikk må kunne takle en betydelig overgang til andre drivmidler både for lette og tunge kjøretøyer, innenfor en tidshorisont på 20-30 år. Det vil være vanskelig å forutse takten på et slikt skifte, men for oss blir det å prøve å legge til rette for hva dette kan kreve av plass og tilrettelegging langs strekningen. FEHRL's initiativ «Forever Open Road» forutser en tilsvarende utvikling, og ser på hvordan framtidens veger må lages for å tilpasse seg nye behov. Både for å få ned kostnader og redusere miljøpåvirkninger forbundet med infrastruktur.

Mye av transporten blir elektrifisert, men vi må også ta høyde for at hydrogen kan bli viktig. Dette vil kreve stort omfang av ladestasjoner og lagre for både elektrisitet og hydrogen. De arealplanene som lages for E39 må derfor prøve å forutse hvordan slike lagre kan innrettes i forhold til vegprofilet, og hvilken plass og separate atkomster det eventuelt krever utenfor selve vegarealet. Dette vil aktualisere den energiinnretningen vi har hatt i prosjektet tidligere, at lokal produksjon av strøm fra fornybare kilder enkelte steder langs korridoren både vil være interessant rent generelt, men også at de med «kortreist» strøm kan forsyne vegrelaterte installasjoner som

- Veg- og tunnelbelysning
- Varslingsanlegg
- Tunnelventilasjon
- Pumpeanlegg i undersjøiske tunneler
- Avisingsanlegg
- Ladestasjoner
- Overføring av energi fra (Vehicle-To-Grid-systemer (V2G)) og til kjøretøy under fart

Fra de fleste av disse lokale energikildene vil det trolig komme såpass små produksjonsvolumer at det vil være mest aktuelt å sende overskuddsproduksjon inn i energilagre tilsluttet et eget nett, i stedet for det nasjonale kraftnettet. For det nasjonale nettet vil det være en fordel å ha god forutsigbarhet for de strømmengder som skal inn på det, og større energilagre eller batterier vil representere en slik mulighet.

Trafikverket i Sverige har initiert et arbeid med hvordan den varmen som oppstår i svarte asfaltdekker når sola skinner, kan samles opp og for eksempel lagres til å tine is på brudekker og bratte bakker om vinteren. Sammen med Trafikverket ønsker vi å delta i den videre utvikling av dette konseptet, og ett av forskningsoppdragene hos Chalmers i Gøteborg går på dette teamet

Vi må vurdere om det kan være hensiktsmessig å ha egne lukkede strømnett for de behov som knytter seg til veganleggene og deres produksjonskilder. Det vil imidlertid kreve at energi i enda større grad lagres i ulike former for batterier eller lagre som kan sikre jevn og forutsigbar forsyning. Overskudd eller ekstra behov kan leveres til eller forsynes fra det nasjonale nettet.

Det nylig oppdagede stoffet grafén vil etter hvert kunne få stor betydning for energiområdet vi her snakker om. Oppsamlingen av energi fra svarte asfaltdekker vil kunne effektiviseres kraftig ved at varmen lettere kan ledes vekk fra vegdekket når grafén blandes inn i selve dekket. Tilsvarende vil grafén kunne bety langt enklere og bedre batterier og energilagre, med mindre volum og vekt. Potensialet som dette stoffet representerer er nærmere omtalt under kapitelet om FoU.

På det store undersjøiske tunnelprosjektet E39 Rogfast mellom Stavanger og Haugesund i Rogaland, er det opprettet et eget energiprosjekt Rogfast - PLUS. Målsettingen vil være at Rogfast skal bli et ledende samferdselsprosjekt innenfor optimal energiutnyttelse. Utnyttematerialer og høste av mulige energikilder der dette er mulig, for på den måten bli så klimanøytralt som mulig.

Denne målsettingen kan oppnås ved at alle deler av prosjektet (Byggherre, prosjekterende konsulent Norconsult, og entreprenører) motiveres til å vurdere løsninger som også tar hensyn til materialbruk, energibehov i drift og mulige måter å høste fra energi (varme, sol, vind, bølger, piezoelektrisk energi etc.). Mange av elementene vil være en del av den pågående prosjekteringsprosessen, mens noen av tiltakene vil kunne bære mer preg av forsking og utvikling av nye løsninger.

Temaer som vurderes i dette vil blant annet være:

- Tekniske installasjoner – mulighet for redusert forbruk i driftsfasen
- Høsting av energi fra restvarme fra kjøretøyer og innlekkasjevann
- Muligheter for vind og solenergi i dagsonene.
- Fokus på redusert materialforbruk – høyfaste materialer
- Kortreiste byggematerialer
- Økologi
- Tilrettelegge for aquakultur
- Synliggjøring av energiforbruk i kunst
- Måling av tiltak ved bruk av Ceequal og evt. Breeam
- Arkitektur, formgiving og kunst
- Piezoelektrisk energi (vibrasjoner)
- Landskapstilpasning

Ill.foto: Colourbox

Det er betydelig innlekkasje i alle undersjøiske tunneler, og Rogfast-tunnelen antas å ville ha en

innlekkasje på ca. 50 liter i sekundet. Dette vannet vil ha en temperatur på 14-15 grader. Det totale behov for å drifte ventilasjon, belysning og pumpesystem er beregnet til ca. 15 millioner Kwt pr år. Hele dette behovet vil kunne dekkes ved å ta ut 3-5 grader fra lekkasjevannet, noe som viser hvilket potensiale som ligger i den type teknologiutvikling. Infrastruktur er kostbart både å bygge og ofte også å drifte, og å kunne utnytte infrastruktur til flere formål vil derfor trolig kunne bli en kommende internasjonal trend.

Dette er et godt eksempel på hvordan store infrastrukturprosjekter kan innrette seg i forhold til utslipp og energiforbruk over livsløpet for å oppnå energinøytralitet.

Potensialet for å kombinere energiproduksjon og infrastruktur er stort, og det forskningsprogrammet som nå utvikles sammen med Chalmers tekniske universitet i Gøteborg retter seg mye inn mot dette. Dette er nærmere omtalt under kapitelet om FoU.

Utnytting av fornybare energikilder vil berøre rettigheter for grunneiere i vassdrag og sjø, og dette er det behov for å gå nærmere inn i.

6.4. Gjennomføringsstrategier og kontraktsformer

6.4.1. Utbyggingsstrategi og rekkefølge

Alle KVU-ene er nå avgjort, og planlegging kan videreføres over hele strekningen.

Samfunnseffektene det er redegjort for under kapittel 6.1 indikerer klart at verdien av større regioner og større sammenhengende bo- og arbeidsmarkeder som kommer på lengre sikt, er store i forhold til de mer umiddelbare transportøkonomiske besparelser som oppstår av å redusere reisetiden langs strekningen.

På grunn av topografien og de store fjordene har områdene langs E39 hengt dårlig sammen nord-sør, og det er derfor naturlig å gi prioritet til de strekninger der potensialene for de største bo- og arbeidsmarkedseffekter ligger. Ettersom disse strekningene også vil ha den største trafikken langs strekningen, vil de også gi størst umiddelbar reduksjon i trafikkulykker og støybelastning, i tillegg til bedre innkorting av reisetid.

Strekningene med de største samfunnsmessige effektene vil være:

1. Stavanger–Bergen (Rogfast og Bjørnafjorden)
2. Molde–Ålesund (Møreaksen)
3. For E39 mellom Stavanger og Kristiansand vil vi oppnå så store forbedringer på trafikksikkerhet, miljø og reisetid at dette er den tredje av de viktigste strekningene.

Og på disse strekningene er planleggingen kommet godt i gang.

Landstrekningene mellom Kristiansand, Stavanger og Bergen, og Molde og Ålesund vil dermed få helhetlige plangrep. Det er også flere andre strekninger som planmessig er kommet langt gjennom tidligere planinnsats. Det er en politisk føring fra Nasjonal transportplan 2014-23 om at det i den første tiårsperioden skal gis prioritet til landstrekningene mellom fjordene, og flere strekninger ligger inne i perioden. Flere strekninger har så lav standard at det både påvirker arbeidsforholdene i transportnæringen og lokale sammenbindinger innenfor enkeltkommuner.

Bedre standard på landstrekningene vil være en fordel for bygging av fjordkryssingene. Dette vil bety mindre miljøbelastning for de områdene som blir berørt av den ekstratrafikken som oppstår for

Foto: Heidi Ravnestad

å betjene de store byggeprosjektene. Det kan samtidig gi bedring på transportløsningene slik at det også kan forventes å gi utslag på enkelte kostnadselementer når fjordkryssingene skal bygges.

I tillegg til de strekningene som er nevnt ovenfor, vil det allerede i dag ligge til rette for å gjennomføre en helhetlig planlegging på strekningene mellom Bergen og Oppedal, Lavik og Byrkjelo, Byrkjelo-Hornindal, og Molde og Trondheim. På noen strekninger foreligger det klare planer, men det kan være fornuftig å vente med kontrahering og bygging inntil større sammenhengende strekninger er klare. Det vil spare mange ressurser, og kan gi lavere kostnader.

De neste områdene der fjordkryssinger kan knytte sammen mest befolkning og næringsaktivitet, vil være gjennom sammenbinding av bo- og arbeidsmarkedene mellom Ålesund og Søre Sunnmøre, i Nordfjord og Søre Sunnmøre, og Kristiansund og indre Nordmøre.

Kryssingen av Sognefjorden vil i forhold til de andre kryssingene ha mindre betydning for å gi større bo- og arbeidsområder. For regionale servicemarkeder og sammenbinding mellom industri og forsyningsbaser for offshore-virksomheten mellom Møre og Romsdal og Hordaland/Rogaland, har den imidlertid betydning. Statens vegvesen har mottatt bestilling på en KVU for et valg av teknologi for kryssing av Sognefjorden i området mellom Lavik og Oppedal. Videre planlegging vil avhenge av konseptvalgutredningen og Regjeringens behandling av den.

6.4.2. Forslag til utforming av plan- og utbyggingsprosess

Det er vanskelig å kombinere dagens planprosesser med gjennomføring av et prosjekt på størrelse med en oppgradert og ferjefri E39 i løpet av 20 år.

I dag er det vanlig med minimum 10 år til planlegging av enkeltprosjekt. For å få reduksjoner i planleggingstid må vi endre systemet ved å legge store deler av planleggingen som en del av entreprisen, som integrerte prosesser.

Statusrapporten fra 2012 foreslår en planprosess der det for lange strekninger blir laget «korridorplaner», med et detaljeringsnivå som tilstrekkelig beskriver de utfordringer som strekningen byr på, både teknisk og i forholdet til annen arealbruk. Planene vil formelt sett kunne være områderegulering eller kommunedelplaner. Her kan det gis rom for optimaliseringer som kan legges inn i entreprisene der slike ting prosjekteres i detalj av konsortiet innenfor kontrakten. Gjennom områder der vesentlige konflikter er forventet, kan detaljeringsnivået tilpasses dette og i enkelte tilfeller «låses» til bestemte løsninger.

Vi kan tilpasse kontraheringsmåte og kontraktstype til en slik tilnærming. Om entreprenøren kontraheres på grunnlag av en grovere plan, kan en detaljert reguleringsplan utarbeides parallelt med at entreprenøren forbereder driftsopplegget[10]. Dermed kan vi få til betydelig parallellitet mellom entreprenørens forberedelse og den detaljerte reguleringsplanen.

Tilnærmingsmåten kan spare betydelig tid, og gi bedre plass til innovasjon og utvikling innenfor kontraktene der potensialene i dag ofte ikke er utnyttet godt nok. Dette vil også redusere belastningen på byggherrens kapasitet.

6.4.3. Planlegging og erverv av grunn

Omfanget av formell planlegging er kritisk i forhold til ambisjonen om 20 års gjennomføringstid. Raffinering av de tekniske løsningene som inngår i de mest ekstreme kryssingene kan gå parallelt med den formelle planleggingen. Dette vil ikke bli dimensjonerende for tiden fram til ferdigstilt prosjekt.

En gjennomføring på 20 år forutsetter derfor stor grad av parallellitet mellom ulike delstrekninger og prosjekter. Det vil være nødvendig å ferdiggjøre enkeltprosjektene etter hvert som de planmessig og formelt er klare, uavhengig av om enkelte andre strekninger kan være viktigere og ha større samfunnsmessig effekt. Det vil være naturlig å igangsette planlegging først på de mest trafikkerte strekningene Kristiansand-Stavanger, Stavanger-Bergen og Molde-Ålesund. Enkelte strekninger kan få problemer med framdriften fram til de er klare for bygging, men det er på forhånd umulig å si hvilke. Årsakene vil svært ofte være av uforutsett naturvern- eller miljømessig karakter. Dette medfører at ferdige formelle planer i en viss utstrekning kan være uavhengig av når de settes i gang.

Sett fra et teknisk faglig ståsted, og for gradvis å bedre kompetanse og kapasitet i byggebransjen for den type løsninger, kan det være ønskelig å starte gjennomføringen av enkelte av de minst kompliserte fjordkryssingene først.

Disse planene bør i første omgang reservere et område med noe større bredde og fleksibilitet enn en detaljert reguleringsplan. Prosjektet tror at slike planer for store deler av strekningen vil være gode nok for å få oversikt over hvordan prosjektet påvirker både arealbruk, miljø, samt økonomisk omfang. Nøyaktighetsgraden bør ikke være større enn hva dette krever. I områder der interessene er mer omfattende og potensialet for konflikter er større, bør også nøyaktigheten tilpasses dette. I rapporten fra 2012 kan man lese

- *På grunnlag av Regjeringens beslutning i KS1-sakene gjennomføres det en kombinertområdereguleringsplan – og konsekvensutredningsprosess.*
- *Områdereguleringsplanene skal angi en korridor /ytteravgrensning som videre detaljering og gjennomføring av veganlegget må skje innenfor*
- *Områdereguleringsplanene kan omfatte lengre strekninger gjennom fl ere kommuner. Vi forutsetter at korridoren kan ha ulik bredde, avhengig av andre planhensyn i området*
- *Vi forutsetter at det blir utarbeidet og fastsatt et «program» med betingelser/vilkår for etterfølgende detaljreguleringsplanarbeid. Dette kommer i tillegg til korridoravklaringen. Programmet kan gjelde krav til det ferdige veganlegget, som for eksempel vilkår for støynivåer og avbøtende tiltak knyttet til naturmiljø, kulturmiljø og andre interesser i planområdet. Programmet med betingelser for detaljregulerings-planleggingen skal utarbeides i et nært samarbeid mellom Vegvesenet, fylkeskommune, berørte kommuner og statlige fagmyndigheter.*
  Konsekvensanalyser må derfor knyttes til områderegulerings- eller kommunedelplanene.

[10] Driftsopplegget er her tenkt inkludert både driftsopplegg, veglinjas høyde- og sideveis plassering, konstruksjonstyper og byggedetaljer, detaljene for utbyggingen som deponi, midlertidige riggplasser og adkomster.

Områdereguleringsplanen med konsekvensutredning (KU), skal utarbeides i samarbeid med berørte kommuner, fylkeskommuner og statlige fagmyndigheter og behandles etter de vanlige reglene i plan- og bygningsloven. Vedtatt plan vil være grunnlag for KS2, en proposisjon til behandling i Stortinget, slik dagens system er.

Forutsatt at KS2 og Stortingets samtykke er til stede, vil dette plangrunnlaget være godt nok for å engasjere en entreprenør gjennom en entreprisemodell som bygger på prinsippet om totalentreprise/ konkurransebaser dialog. I en slik modell er entreprenøren selv ansvarlig for både prosjektering og bygging. Det er viktig at eventuelle uavsluttede formelle planprosesser etter kontraktsinngåelse, er så forutsigbare at entreprenørens risiko i forhold til oppstart og gjennomføring av prosjektering og bygging, minimaliseres.

En hovedutfordring for E39 vil være at nybygde strekninger får en funksjonell levetid som samsvarer bra med den tekniske levetiden. På grunn av sterkere trafikkøkning enn ventet, og at standardkravene endres over tid, En bør planlegge sikre linjeføring for framtidig E39, som gjør at bygget standard kan tilpasses endret behov innenfor samme strekning. En bør kunne legge opp til høyere standard enn minimum, slik vegnormalene åpner for ut fra forventet trafikkmengde i prognoseåret.

Plantypen vil påvirke hvor mye ressurser planene for den enkelte strekningen vil kreve, og likedan hvilket organ som forutsettes å godkjenne planene til slutt. For Aksdal-Bergen, er det bestemt at kommunedelplanleggingen skal skje gjennom en statlig plan.

Etter Plan- og Bygningsloven er kommunen lokal planmyndighet. Dersom det forventes konflikter mellom kommuner eller mellom nasjonale interesser, betyr det at planvedtak må fattes i regjeringen på grunn av innsigelser. Da kan det være gunstig med statlig plan. For store prosjekter anbefales dette.

I dag forutsettes det at grunnlaget for ekstern kvalitetssikring KS2 er et kostnadsoverslag basert på vedtatt reguleringsplan og med usikkerhet +- 10 %. Kostnadsberegningsmetoden ANSLAG er en økonomisk risikoanalytisk modell som vil måtte brukes også på områderegulerings-/ kommunedelplanene (KDP). Metoden identifiserer de kostnadselementer som bidrar til å dra den økonomiske usikkerheten opp, og det vil derfor ofte være nødvendig å detaljere og gjennomgå disse elementene nærmere. Selv om plangrunnlaget strekningsvis kan gjøres enklere vil nøyaktighetskravet for kostnadsoverslag fortsatt kunne tilfredsstilles. Det kan likevel være mer hensiktsmessig å løfte det til 15-20 %. På den bakgrunn bør områderegulerings-/KDP-planer kunne godtas som plangrunnlag for ekstern kvalitetssikring KS2.

Det vil være Samferdsels- og Finansdepartementet som må ta stilling til om den eksterne kvalitetssikring KS2 kan basere seg på et mindre detaljert plangrunnlag enn i dag, samt hvorvidt usikkerheten kan justeres. Dette kan i første omgang innføres som en prøveordning for å opparbeide erfaring med ordningen.

Alt dette henger sammen. Vi mener det er kritiske faktorer for at planene som lages blir robuste og fremtidsrettede, at arealbruken i de områdene som berøres blir hensiktsmessig, og for å redusere behovet for endringer i tilknytning til byggefasen.

Det foreligger svært mange planer langs strekningen, av ulik alder og planmessig status. Det vil trolig være hensiktsmessig å sette flere av disse sammen til lengre strekninger, og det kan forventes at enkelte av planene må avløses av nye for å samsvare med den innretning og de standardkrav som E39-investeringene får.

På dette området er det behov for å finne de beste erfaringer med store prosjekter i inn- og utland, samt å bidra til å utvikle praksiser som vil være rasjonelle og bidra til å utvikle gjennomføringsevnen

på lengre sikt. Det er relativt liten erfaring med vegprosjekter der betydelige deler av innovasjon, forskning og utvikling legges inn i kontraheringsprosess og entrepriser. Det er viktig å legge de erfaringer som finnes i offshore-kontraktene eller andre relevante internasjonale kontrakter, og lage nye typer samspillskontrakter eller totalentrepriser.

6.4.4. Entreprisemarkedet

En utbygging med et omfang i størrelsesorden 312 milliarder norske kroner på 20 år, er både stort og ambisiøst. Ikke minst når prosjektet inneholder flere nye løsninger, og at vi står foran betydelige endringer i materialbruk og måte å bygge på for å redusere utslipp av CO2 både i byggefase og senere driftsfase. Det vil her være mye upløyd mark både for byggherre, konsulenter og entreprenører.

Størrelsen på kontraktene vil gjennomgående være store, og forventes i betydelig grad å bli håndtert av konsortier der flere entreprenører inngår. Alle slike konstellasjoner vil i det etterfølgende omtales som «entreprenøren» og benyttes som et samlebegrep for både enkeltstående entreprenører og konsortier.

Det vil være vidt forskjellig innhold og teknologi for rene landstrekninger og for selve fjord-kryssingene. I følge byggebransjen kan det være hensiktsmessig å ikke blande fjordkryssings-kontrakter med lange landstrekninger.

Hovedtyngden av kontraktene for landstrekningene må ha langt større veglengder og omfang enn hva som er typisk i dag. Både for å redusere kostnader og byggetid gjennom bedre forutsigbarhet, og mulighet for utvikling av kompetanse og kapasitet i entreprenørmarkedet. Samtidig gjøre det mer avlastende og mer gjennomførbart på byggherresiden.

Det er også ønskelig at omfanget av kontraktene reflekterer strukturen i bransjen ved at det blir lagt opp til ulik størrelse på kontraktene. For eksempel fra rundt 300 millioner kroner til over 10 milliarder for å beskrive et spenn. Muligheten til å dele opp kan variere langs strekningen, men vi ser at mellom Stavanger og Kristiansand, og Molde og Trondheim vil det gi seg flere slike muligheter med mange naturlige planmoduler.

Det som ellers vil påvirke hvor store kontrakter bransjen kan ta, vil være krav til byggetid og hvordan risiko er fordelt mellom byggherre og entreprenør.

Det norske entreprenørmarkedet har aldri blitt eksponert for slike prosjekter og kontraktsstørrelser som er aktuelle her. Det knytter seg derfor noe tvil til hvor stor del av byggeomfanget som markedet kan takle, og hvilken rolle norske entreprenører kan spille i de konsortier som anses som nødvendige for å kunne gjennomføre de større kontraktene.

På entreprenørsiden vurderes markedet som generelt sterkt både med hensyn til ordinær vegbygging og til betongkonstruksjoner. Omfanget av større stålkonstruksjoner har over en årrekke vært relativt beskjedent innenfor bygging av veginfrastruktur. Dette har klart påvirket entreprenørmarkedet på dette området, og over flere år har norske firma ikke deltatt i anbudskonkurranser i stålbrumarkedet. Med det omfanget vi kan se for oss rundt de store fjordkryssingene vi står foran, både på E39 og andre steder, antar vi at dette markedet vil utvikle seg betydelig i årene som kommer. Det kan godt tenkes at dette kan skje i samarbeid med stål- og verftsindustrien. Vi ser i dag på hvordan høyteknologisk kompetanse og produksjon der også kan utnyttes i elementer og moduler som kan brukes i bruer. Nøkkelen til å utvikle både kompetanse og kapasitet er imidlertid forutsigbarhet for at markedet vil etterspørre visse volum innenfor en viss tidsperiode. Med de klare målsettinger som nå knytter seg til flere av ferjeavløsningsprosjektene vil dette gi grunnlag for at bransjen også vil revitalisere og utvikle sin kapasitet på dette området.

For fjordkryssingsprosjektene må kontraktene være av en helt annen størrelsesorden og med et annet innhold enn det entreprenørmarkedet hittil har sett her til lands. Her kan de største kontraktene overstige 10 milliarder kroner, med store innslag av stålkonstruksjoner og maritime operasjoner. Enkelte av kontraktene kan derfor være interessante for store offshoreentreprenører som er vant til å håndtere store, komplekse og multidisiplinære utbygginger, med både betydelig risiko og med stort innhold av innovasjon og utvikling i kontraktene. Dette er noe vi har sett lite til i veg- og brukontrakter internasjonalt sett, men det er også sjelden at det bygges infrastruktur med et slikt innhold som her. Samtidig vet vi at det er stor evne til å håndtere den type komplekse prosjekter offshore, og kompetanse utviklet i Nordsjøen er verdensledende innenfor sitt felt.

Det er tradisjonelle utførelsesentrepriser som har vært den mest vanlige kontraktstypen i Norge. Disse baserer seg på at byggherren bestemmer løsninger, prosjekterer og innhenter tilbud på definerte prosjekter. Utenriks er det mye større andel totalentrepriser enn her i landet, men også her i landet øker omfanget av totalentrepriser nå.

Det er ønskelig å få belyst alternativer til tradisjonelle utførelsesentrepriser, som samspillskontrakter og totalentrepriser, og særlig alternativer som avlaster byggherrens kapasitet. Her vil det spesielt være interessant å se på fordeler ved entreprisemodeller basert på oppdragssamarbeid (konsortier), livsløpsorienterte modeller, OPS, osv.

Innen oljeindustrien brukes fra tid til annen en «light» versjon av totalentrepriser. Disse kalles gjerne ePC kontrakter i motsetning til konvensjonelle totalentrepriser (EPC kontrakt, Engineering, Procurement and Construction). Liten e (E for engineering) brukes her for å illustrere at man legger forholdene til rette for at entreprenøren kan påta seg ansvaret for detaljprosjektering. Slik legges byggeprosessen bedre til rette for å kunne ta i bruk entreprenørens egen utstyrspark og for at entreprenøren kan velge en fremgangsmåte de selv har erfaring med fra tidligere prosjekt. I dette tilfelle ønsker man å unngå at byggherren (via en rådgivende ingeniør) forteller entreprenøren hvordan han skal utføre jobben sin.

Ukritisk bruk av fastprisformat i store entreprisekontrakter med høy usikkerhet, leder til at entreprenøren må legge inn en «riktig» risikopremie i tilbudsprisen. I slike tilfeller bør vi vurdere alternative prisformat som reduserer entreprenørens risikoeksponering. Generelt bør entreprenørens risikoeksponering begrenses til forhold han selv kan påvirke - eksempelvis logistikk, produktivitet, rettidige leveranser og kvalitet. Blir en entreprenør pålagt ansvar for forhold han ikke kan påvirke eller kan beskytte seg mot, må han «forsikre» seg mot slike moment. Dette anses som en unødvendig merkostnad, etter som Staten generelt har tilgang på kapital til en lavere pris enn en entreprenør. E39-prosjektene kommer samtidig med at det skjer en stor aktivitetsøkning på samferdselssektoren ellers. Kapasiteten i hele bransjekjeden med byggherrefunksjoner, planlegging, prosjektering og bygging vil derfor være et høyst relevant spørsmål.

Det er på det rene at aktiviteten framover både i denne og kommende NTP-perioder vil være så høy at det må tas grep for å gjøre den totale porteføljen håndterbar både for byggherre og bransjen for øvrig. Dette vil typisk gå i retning av større kontrakter over lengre strekninger, og samling av mindre tiltak i sammenslåtte tiltakspakker. Store prosjekter er klart langt mer effektive med hensyn til de totale ressurser som trengs for å gjennomføre de. Det er også på de store prosjektene det kan oppnås effekter i retning av en industrialisering både av plan- og byggeprosessene.

Kapasitet vil i stor grad være et spørsmål om hvordan markedet tilnærmes, og det må antas at antallet utenlandske aktører vil øke i forhold til det vi ser i dag. God forberedelse i bransjen tror vi også kan gjøre det lettere for norske selskaper å knytte til seg utenlandsk kapasitet, og at norsk-styrt kapasitet kan økes på den måten. Andre forhold som vil påvirke dette vil være bedre og mer automatisert teknisk utstyr for planlegging og bygging. Her bør vi ligge helt i forkant av det som finnes på markedet og til dels bidra til utvikling selv. Bidragene fra FoU-virksomheten som er omtalt senere

antas å ha betydning for å tilpasse kapasiteten i hele bransjen.

Det som er spesielt for E39 er behovet for den spesielle kompetansen som knytter seg til fjordkryssingene, og da særlig for konstruksjoner og løsninger vi tidligere ikke har bygd. Den finnes derfor i svært liten grad, og for å kunne etablere både kompetanse og kapasitet på dette feltet er E39-programmet for forskning og utvikling helt sentralt. Gjennom dette programmet kan vi utvikle konsulenter med spesiell kompetanse, gi grunnlag for master- og doktorgradsstudier, og bygge en kritisk kapasitetsbase som entreprenørene siden også kan dra nytte av. Det er også viktig å opparbeide kompetansen innad i Statens vegvesen, siden vi skal være byggherre for fjordkryssingene, og ha ansvar for godkjenning av konstruksjonene.

Ettersom vi forutsetter at entreprisene hovedsakelig kan bli innenfor typen totalentreprisemodeller eller samspillskontrakter, burde også deler av FoU-virksomheten komme innenfor rammen av entreprisene. Dette kan gjøres gjennom at ferdigstilling av de enkelte strekninger må få nok tid til å dekke behovet for FoU også innenfor disse kontraktene. Dette forventes å bidra til utvikling av mer byggbare, mer industrialiserte og kostnadseffektive løsninger. I de tilfeller entreprisene kontraheres gjennom en konkurransepreget dialog, vil deler av FoU-innsatsen også kunne legges inn i dialogfasen.

6.4.5. Insentiver i kontrakter

Oljeindustrien har «eksperimentert» med ulike konsept for insentivbaserte kontraktsformat gjennom flere år. I sin enkleste from («target sum contracts») består disse av en kontraktsfestet kostnad tillagt et kalkulatorisk fortjenesteelement og et mindre risikotillegg. Entreprenøren honoreres for sine faktiske kostnader til materialkjøp og arbeidsutførelse (ofte i form av en «all inclusive manhour rate» eller «day rate»). Dersom de faktiske kostnadene, inklusiv kalkulatorisk fortjeneste og risikotillegg er mindre enn den avtalte «target sum», deles differansen mellom kontraktspartene etter et kontraktsfestet forholdstall. Er de faktiske kostnadene høyere enn target sum, må partene også dele overskridelsen. Entreprenøren blir imidlertid beskyttet mot å påta seg større tap gjennom en kontraktsfestet terskel. En slik terskelverdi settes normalt til summen av entreprenørens kalkulatoriske fortjeneste og risikotillegg, dvs. entreprenøren har en økonomisk risikoeksponering som er oppad begrenset til å miste sitt overskudd på kontrakten.

Det er flere ulemper knyttet til target sum kontrakt, spesielt om en forventer store endringer eller tillegg til kontraktens opprinnelige arbeidsomfang. Det er derfor over tid utviklet en rekke varianter av og forbedringer til dette kontraktsformatet. I den senere tid er det tatt i bruk «flerparameter» insentiver ofte referert til kontraktuelle Key Performance Indicators (KPI-er) ().

Det anbefales at det utformes konkurransegrunnlag som understøtter et prisformat som motiverer til samhandling, i et felles mål om å optimalisere livsløpskostnadene for nye veganlegg.

6.4.6. Kontraheringsgrunnlag og -tilnærming

Som omtalt tidligere foreslår vi at entreprenør kontraheres på et tidligere stadium enn hittil. Dette forutsetter at ekstern kvalitetssikring KS2 trekkes fram i tid, og baseres på en grovere reguleringsplan tilpasset den kompleksitet som måtte forefinnes for de enkelte prosjektene. Så snart planene er godkjent av Stortinget, kan strekningen lyses ut på anbud på grunnlag av denne planen. Særlig for landstrekningene vil valgt entreprenør ha juridisk rett til selv å velge høyde og sideveis plassering innenfor området, velge tekniske løsninger, velge brosted for den teknologi og byggemetode som forutsettes brukt på konstruksjoner, disponerer masser langs veglinja, mv.

For de større fjordkryssingene må dette vurderes fra sted til sted, men vil generelt sett være langt mer restriktivt sett fra vår side når det gjelder forhold som er forutsatt i planprogram og kommunedelplan,

og som kan karakteriseres som planforutsetninger i offentlig planbehandling. Dette vil kunne dreie seg om bestemte funksjonskrav som bredde, høyde og plassering av seilløpet knyttet til fjordkryssingene.

Kontraheringsformen vil være svært viktig for den tekniske utvikling innenfor et fagfelt. For å utløse innovasjon og utvikling av nye løsninger bør markedet bli invitert til å tilby det beste produktet, og ikke låser leveransen til dagens teknologi i stedet for å tilstrebe morgendagens teknologi. Visse funksjonskrav som skipspassasje, må naturligvis tilfredsstilles. Det er imidlertid viktig å ha en åpen tilnærming til funksjonskravene. Om de kan tilfredsstilles på ulike måter til forskjellige kostnader bør de være en del av en politisk behandling. For en skipspassasje vil den type krav ha svært stor betydning for kostnadene, og det vil derfor være naturlig å stille visse krav til maksimal fart og manøvreringsevne for skipene. Generelt sett bør kontraheringsmåten for en fjordkryssing være slik at leverandørmarkedet inviteres til å komme med alternative løsninger, slik at markedet kan bidra til utvikling av ny teknologi og nye måter å framskaffe løsninger på.

Dersom byggherren vil legge spesielle føringer som vil begrense entreprenørens fleksibilitet eller valgfrihet må dette framgå av anbudsgrunnlaget. Det vil for eksempel være naturlig at det settes visse krav til arkitektur for konstruksjoner, og særlig da for de store. En tilnærming basert på en konkurransepreget dialog kan imidlertid håndtere denne utfordringen.

Kontraheringsform og kontraktstype vil være av betydning for byggherrens kapasitet, og hvordan kapasiteten kan utnyttes i et marked som preges av større og mer omfattende byggeprosjekter. Kontrakttyper som fremmer enklere kontrollregimer, der mindre av kapasiteten blir brukt til kontroll, vil ikke bare være ønskelig, men også nødvendig, for å mestre byggherrerollen for en økende portefølje. Dette vil samtidig overlate mer valg av løsninger og byggemetoder til konsortiene, og vil være fremmende for innovasjon og utvikling i byggebransjen.

6.4.7. Internasjonale erfaringer og trender

Her har vi gjort et forsøk på å oppsummere internasjonale erfaringer med gjennomføring av store og teknisk vanskelige prosjekter i vegsektoren. Enkelte av de trender vi kan se er:

- Mange store og teknisk utfordrende prosjekter har vært assosiert med forsinkelser og kostnadsoverskridelser, ofte som følge av svak prosjektstyring og en mer kompleks risikoprofil. Dette gjelder spesielt ved bruk av u-testede innovative tekniske løsninger. Kostnadsoverskridelser og forsinkelser i kombinasjon med lånefinansiering har også ofte hatt betydelige negative effekter på prosjekters samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

- Slike erfaringer tilsier at betydelig ressurser bør brukes for å sette opp en effektiv, integrert gjennomføringsorganisasjon for megaprosjekter med en høykvalifisert og sterk prosjektledelse. I tillegg bør vi samle teknisk toppkvalifisert personell (fra administrasjonen og utenfra) for kontroll og styring av alle faser av prosjekter, inkludert prosjektkostnader og gjennomføring. Et ofte benyttet alternativ til en integrert prosjektorganisasjon av denne typen er å bruke OPS kontrakter. Da kan vi delegere prosjektering, anbudsutsetting, bygging, finansiering og drift/vedlikehold av veg, tunneler og bruanlegg til et konsortium, over en konsesjonsperiode som kan variere fra 25 til 80 år og lengre. Mye av risikoen blir dermed også overført, kostnadsoverskridelser blir ofte mindre og byggeperioden kortere. Dette medfører imidlertid ofte høyere kontraktsum og mindre kontroll og fleksibilitet i gjennomføringsfasen.

- Samarbeid og tidlig involvering av entreprenør, leverandører og kvalitetssikringseksperter i planlegging og prosjektering har ofte vist seg å resultere i mer vellykkede prosjekter (bedre planlegging og prosjektering av løsninger som er enklere og billigere å bygge, kan ofte ferdigstilles tidligere). Integrerte gjennomføringsmodeller, basert på partnering og

kooperasjon med positive incentivordninger, har vist seg å ha betydelige fordeler i mange land.

- Kontraktstyper som legger både planlegging, prosjektering og byggeansvar under en gjennomføringskontrakt, ofte med en hovedentreprenør eller et konsortium, er blitt mer vanlig etter hvert. En videre utvikling med prosjektering, bygging og drift og vedlikehold under samme langsiktige konsesjonsavtale, kan samordne interesser og insentiver til planleggere, entreprenører og den langsiktige operatøren av prosjektet. Dette kan også redusere kostnader knyttet til livssyklus, samt lette kvalitetskontroll under gjennomføring. En slik integrert gjennomføringsmodell kan lett utvides til også å omfatte alternativer for finansiering av store prosjekter med tilbakebetaling av lån og egenkapital ved bompengeinnkreving og årlige budsjettbevilgninger (OPS).

- Det er en økende trend mot å kontrahere og gjennomføre mega- og gigaprosjekter under OPS type avtaler. Dette skyldes blant annet at ansvarlige myndigheter finner det vanskelig å mobilisere tilstrekkelig offentlig finansiering over en relativt kort byggeperiode. Samtidig er det også enklere å kontrahere et konsortium til å styre og finansiere alle aspekter ved et megaprosjekt, inkludert å inngå enkeltkontrakter med konsulenter, underleverandører og underentreprenører.

- Mange store og relativt nye OPS prosjekter i USA og Australia i vegsektoren, basert på bompengeinnkreving for å betjene lån, har kommet i vanskeligheter på grunn av over-optimistiske trafikkprognoser. Mange av disse prognosene ble utarbeidet før den økonomiske krisen startet i 2008. Derfor har mange nyere prosjekter forsøkt å dempe trafikkrisiko for OPS-konsesjonæren ved at årlige betalinger for de tjenester konsesjonæren tilbyr også kommer fra ordinære vegbudsjettmidler. Slik kompensasjon er ofte basert på kvaliteten av fremkommelighet, sikkerhet og i noen tilfeller ved skyggetoll («shadow tolling») av tunge kjøretøyer, basert på trafikktellinger som kan komme i stedet for eller i tillegg til ordinære bompenger. Dette gjelder særlig Storbritannia og Australia.

- Fordelene ved «shadow tolling» er at: (i) bompengene blir lavere eller faller bort; (ii) trafikk og spesielt tungtrafikk benytter den nye forbindelsen i stedet for eldre og uegnede vegstrekninger uten bompenger; og, (iii) tilleggstrafikk som genereres av en sterkt forbedret veg eller broforbindelse, blir også større og får en sterkere trafikkvekst («ramp-up») som bedrer prosjektets lønnsomhet.

- Et hovedproblem ved mange megaprosjekter har ofte vært en dårlig identifisering, og svak eller ubalansert fordeling av risiko mellom kontraktansvarlig/byggherre og det konsortiet som vinner OPS kontrakten. Det er også viktig at risikoidentifisering og fordelingen internt i konsortiet mellom dets partnere, er vel gjennomtenkt for å unngå konkurser og/eller refinansiering.

- Den svake økonomiske utvikling siden 2007, lavere trafikkvekst og et strammere kapitalmarked er noen av årsakene til at det i USA og andre land er krav om betydelig privat egenkapital i finansieringsplanene til OPS anbydere. Opp til 30 % er ikke uvanlig. Dette at partnere har et betydelig «skin-in-the-game» i form av egenkapital, samt en betydelig gjeld (og gjerne fastpris-kontrakt) motiverer til ekstraordinær ytelse og kvalitet i gjennomføring av megaprosjekter. Dette er viktig siden ansvarlige offentlig myndigheter i økende grad er opptatt av at megaprosjekter gjennomføres innenfor vedtatte kostnadsrammer og timeplaner. Eksempler på store internasjonale prosjekter

Selv om enkelte av prosjektene og kontraktene langs E39 vil være atypiske i forhold til det som finnes internasjonalt, er det like vel mange prosjekter rundt om som både er store og relevante nok for dette. Det er derfor gjennomført en viss scanning av andre store internasjonale prosjekter med hensyn til

hvordan de er organisert, finansiert og hvilke kontraktstyper som er benyttet. Her har vi redegjort for noen av disse erfaringene. Informasjon knytter seg til utvalgte mega-prosjekter (ca. US$ 1 milliard og mer) fra andre land. De fleste blir gjennomført som OPS, men det forekommer også varianter av «design-build» og DBFOT kontrakter (design-build-finance-operate-transfer). Vi har valgt å ha fokus på engelsktalende land, og prosjekter som er under bygging eller som har vært i drift noen år. Prosjektene kommer fra USA, England, Canada, Australia, og Nederland. Du finner en nærmere omtale av de enkelte prosjektene i Vedlegg 5.

Alt dette er store kontrakter, og flere av dem anses som relevante, særlig for landstrekningene. Det er likevel pr. i dag uvisst hvor stor vekt kontraktene har lagt på innovasjon og utvikling av bedre materialer og byggemetoder. Det vil ha betydning for hvor relevant eksemplene kan anses å være for E39-kontraktene, der dette forutsettes å være vesentlige innslag i kontraktene.

Kontraktstype og kontraheringsform er også avgjørende for hvilken form planleggingen skal ha og hvor langt den skal føres, og derfor bør dette klarlegges tidlig i gjennomføringsprosessen.

7. Miljøspørsmålene

I den senere tid har det vært mye fokus på miljøspørsmål innenfor byggebransjen, og hvordan vi kan bygge og drifte med mindre miljøbelastning og mindre utslipp av CO2.

Fra byggsiden kjenner vi begreper som passivhus, aktivhus, lavenergibygninger og plusshus. Plusshus, også kjent som energinøytrale bygninger, er bygninger som gjennom driftsfasen genererer mer energi enn det som ble brukt til produksjon av byggevarer, oppføring, drift og avhending av bygget. Vi har de senere år sett flere eksempler på slike bygg. Standard Norge har utviklet kriterier for passivhus og lavenergibygninger, både for bolig- og yrkesbygninger.

Mange er nå opptatt av hvordan tankegangen i større grad også kan påvirke både materialbruk og byggemetoder for bygging av infrastruktur. For utslipp forbundet med bygging av infrastruktur er de største bidragsyterne betong, stål, asfalt og masseforflytting. For veganlegg anses byggefasen å være av underordnet betydning i forhold til de utslipp som knytter seg til trafikkens utslipp i den mangeårige driftsfasen etterpå. Deler av fagmiljøet mener imidlertid at utslippene i byggefasen er undervurdert. Siden det her dessuten er snakk om flere meget store konstruksjoner har vi lagt opp til mye oppmerksomhet mot disse spørsmålene i FoU-programmet. Dette gjelder både det å få godt tak på fakta, men også kunnskap om hvordan utslippene kan påvirkes gjennom andre og bedre materialer, bedring av byggemetodene, og bruk av andre energiformer i byggeprosessene. Sertifiseringssystemer som CEEQUAL og BREEAM både markedsføres og benyttes i Norge, men hittil har de blitt mest kjent innenfor bygg.

BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) ble utviklet i Storbritannia av BRE (Building Research Establishment) i 1988, og lansert første gang i 1990. Det er verdens eldste og Europas ledende miljøklassifiseringsverktøy. I 2008 ble BREEAM International lansert. En rekke land, deriblant Norge, er i ferd med å tilpasse BREEAM til nasjonale forhold. BREEAM har utviklet ulike evalueringsverktøy og manualer for ulike typer bygg. Disse kan anvendes for så vel eksisterende bygg som nybygg. BREEAM foreligger i dag kun for bygg, men en utgave for infrastruktur er under arbeid. En litt mer fyldig omtale finnes i Vedlegg 6.

I Storbritannia ble CEEQUAL innført som en miljøsertifiseringsordning for anleggsvirksomhet i 2003. CEEQUAL står for The **C**ivil **E**ngineering **E**nvironmental **QUAL**ity Assessment & Awards Scheme, og har gjennom 10 års utstrakt bruk utviklet både metode og prosess til å bli en design-, klassifiserings- og sertifiseringsstandard for bærekraftig prosjektering og bygging av offentlige og private anleggsprosjekter. Systemet ble utviklet i Storbritannia av «The Institution of Civil Engineers» (ICE), med støtte fra britiske myndigheter og britisk industri. En litt mer fyldig omtale finnes i Vedlegg 6. For Statens vegvesens prosjekter stilles det i «Håndbok 151 Styring av store prosjekter» krav om at en Ytre miljøplan (YM) skal utarbeides og inngå i prosjektets styrende dokumenter. YM-plan er et styringsdokument knyttet til gjennomføring av utbyggingsprosjekter, driftsprosjekter og vedlikeholdsprosjekter i Statens vegvesen. Arbeidet med YM-planen omfatter vurderinger av prosjektets miljøpåvirkninger med hensyn på ytre miljø, fastsetting av miljømål for prosjektet, samt etablering av opplegg for kontroll av prosjektets miljømessige kvalitet. En litt mer fyldig omtale finnes i Vedlegg 6.

Selv om systemkravene og hjelpemidler er på plass, er det likevel mye som mangler på at vi vet nok om hvilket potensiale som ligger både i løsninger, materialer og byggemetoder. I tillegg til at de blir en del av prosjektenes strategiske mål og styrende dokumenter. Behovet gjenspeiles i betydelig grad i forsknings- og utviklingsprogram som er gjengitt i kapittel 9.

8. Organisering

I dette dokumentet bruker vi ikke mye plass på å drøfte organisering. Dette er et av de politikkområdene der ny regjering forventes å komme med endringer i form av et eget utbyggingsselskap eller vegselskap. Vi anser det derfor ikke aktuelt å gå nærmere inn på spørsmålet om organisering.

Det er viktig at vi klarer å få til en effektiv framdrift på forskning og utvikling, planlegging, og kontrahering og gjennomføring når den tid kommer. I første omgang er det kritisk å komme i gang med overordnet planlegging av strekningen, å intensivere arbeidet med å utvikle teknologi og kunnskap, og å opparbeide nødvendig kompetanse og kapasitet på de områdene der dette mangler i dag. Dette kan intensiveres ved å omgjøre dagens delprosjekter til fag- og ressursenheter tilhørende en sentral gjennomføringsenhet/selskap eller sentral koordinerende fagenhet.

Vi foreslår fagenheter for:

1. Samfunn, videreføring av delprosjekt Samfunn tillagt Region midt
2. Fjordkryssinger, videreføring av delprosjekt Fjordkryssinger tillagt Region vest
3. Energi, videreføring av delprosjekt Energi tillagt Trafikksikkerhet-, miljø og teknologiavdelingen (TMT) i Vegdirektoratet
4. Gjennomføringsstrategier og kontrakter, videreføring av tilsvarende delprosjekt tillagt Veg- og transportavdelingen i Vegdirektoratet
5. Materialer
6. Risikostyring
7. Øvrig teknologi
8. Planlegging, Arkitektur og design (eventuelt)

8.1. Samfunn

Infrastrukturtiltak representerer store kostnader for samfunnet. I en beslutningsfase er det mange samfunnseffekter som tillegges betydelig politisk vekt. Vi har imidlertid manglet et metodisk grunnlag som gjør det mulig å tallfeste disse effektene. Dette gjelder særlig økonomiske effekter av mer regional eller nasjonal karakter, samt sosiale- og fordelingseffekter (delvis beskrevet i V712, men kan ikke beregnes i henhold til denne veiledningen). Hovedoppgaven til delprosjekt Samfunn har vært å se på noen av disse effektene, og se om det kan la seg gjøre å få metodiske tilnærminger til noen av dem, som gjør at de kan tallfestes. Eller i det minste å sannsynliggjøre bedre hvilken størrelsesorden de kan ha.

Noe av det arbeidet som har vært gjort tyder på at økt størrelse av felles bo- og arbeidsmarkeder kan gi effekter på produktivitet og verdiskaping i næringslivet som er langt større enn de transportøkonomiske effektene, mens andre arbeider konkluderer med effekter av en betydelig mindre størrelsesorden. En del av dette mener vi det bør arbeides videre med. Ikke minst slik at de faglige spriken ser i deler av dette arbeidet kan reduseres, og at det kan bli større konsensus om nivået på slike effekter. Vi vurderer et forskningssamarbeid med Norges handelshøyskole i Bergen for dette.

Et område vi har fått gjort lite på er hvordan mindre tidsavstander påvirker de strukturelle sider av samfunnet, dvs. hvilke betydning det kan ha for strukturene innenfor utdanning, offentlig administrasjon, helse, terminaler for fly- og sjøtransport, og hvordan større serviceregioner for handel og service kan påvirke kostnadsnivået i den type næringer.

Dette vil være faglig arbeid som i stor grad vil være av generell karakter, og som ikke nødvendigvis trenger å ha tilknytning til et bestemt prosjekt. Når vi likevel foreslår at vi viderefører et arbeid

her, skyldes det at arbeid med effekter og metodeutvikling er lettere når det kan skje i tilknytning til konkrete prosjekter av en slik størrelsesorden vi ser her. Hensikten vil være å utvikle analyser og metoder som kan brukes når infrastruktur endres i et slikt omfang at det vil kunne ha «game changer» effekter ut over de transportøkonomiske. Og at den type vurderinger kan ha betydning for beslutningsgrunnlag og politikkdannelse.

Hittil har Samfunnsgruppen hatt deltagelse fra Vegdirektoratet, Region midt og Region vest. For en videreføring bør også de andre regionene være representert. Resultatet av arbeidet kan dermed bli lettere tilgjengelig, og bidra til å dekke de behov som avdekkes i regionenes og Vegdirektoratets arbeid med nasjonal transportplan, og de effektvurderinger som blir gjort av mer strategisk karakter.

8.2. Fjordkryssinger

I løpet av de siste årene har delprosjektet bidratt til at de teknologiske premissene nå er endret. Det anses nå mulig å krysse alle de dype og brede fjordene som gjenstår, og som tidligere var ansett som umulige. Dette går ikke lenger på om det er mulig, men hvordan løsninger kan optimaliseres, gjøres enklere, og ikke gis større dimensjoner og kostnader enn nødvendig.

Dette arbeidet bør i hovedsak bestå av:

1. Oppdatere tekniske vurderinger av de fjordene langs E39 som er aktuelle for store konstruksjoner, klarlegge funksjonelle, sikkerhets- og standardmessige krav som kryssingene må tilfredsstille, anbefale teknologivalg, verifisere en teknisk løsning som byggbar.
2. Forberede et teknisk pilotprosjekt for rørbru som kan muliggjøre en pilot i mindre skala enn det de større kryssingene kan kreve.
3. Utvikle en kompetansebase for store fjordkryssinger med hovedvekt på flytebroer, rørbroer, hengebruer, og kombinasjoner mellom disse.
4. Identifisere behovet for forskning og utvikling innenfor disse brutypene, og være pådriver i dette arbeidet.
5. Bidra til å bygge kapasitet internt i Statens vegvesen, i konsulent- og entreprenørmarkedet, og hos høyere forsknings- og utdanningsinstitusjoner.
6. Bygge nettverk mot relevante norske og internasjonale fagmiljø som kan bidra til å klarlegge aktuelle problemstillinger for de ulike brutypene, og identifisere fagmiljøer som anses aktuelle for uavhengige tekniske kvalifiseringsoppdrag.

Det tekniske pilotprosjektet for rørbru som er nevnt under pkt. 2, er nærmere omtalt under kapittel 6.2.22.

Store deler av forskningsprogrammet ved NTNU er knyttet opp mot dette fagområdet, og er omtalt under kapittel 10.1.

8.3. Energi

Vi har i vårt arbeid tatt utgangspunkt i at innen 2040 kan halvparten av kjøretøyflåten drives enten av elektrisitet eller hydrogen. Omfanget og tidsperspektivet for den store oppgraderingen av E39 bør derfor prøve å ta hensyn til en slik mulig utvikling. Dette kan omfatte både hvor energien skal komme fra, hvordan den skal lagres og distribueres, og hvordan den skal gjøres tilgjengelig for kjøretøyene. Dette er et nytt fagområde på vegsiden, og Ferjefri E39 er det første prosjektet vi kjenner til som prøver å integrere veginfrastruktur med fornybare energikilder.

Vi har helt fra starten av hatt et delprosjekt for energi, og arbeidet hittil har vist at potensialene for energiutvinning langs E39 er så store at de vil være interessante å arbeide videre med. De naturlige

energimengdene langs vestlandskysten er åpenbart svært store, så det vil være et spørsmål om hvordan de kan høstes.

Hittil har produksjon av fornybar kraft vært mest rettet inn mot vind, strøm, bølger og sol. Men energimengden i vann, samt utnyttelse av krefter i fortøyningssystemene for flytende konstruksjoner framstår også som interessante å se nærmere på.

Det skjer i det hele tatt en rivende utvikling innenfor utnytting av alle former for fornybar energi, og det videre arbeid ser vi for oss bør skje innenfor flere områder:

1. Kartlegge framtidig behov i transportsystemet for elektrisk og hydrogenbasert energi.
2. Se på hvordan energien kan lagres mest mulig effektivt langs strekningen. De fleste av de potensielle energiuttakene vil ha karakteristika av småkraft, og hvordan den mest effektivt kan lagres i de ulike områdene vil være en nøkkel for å kunne nyttiggjøre seg energien hvor og når den trenges.
3. Se på distribusjonssystemet og vurdere hensiktsmessigheten av eget nett, struktur på ladestasjoner for strøm og fyllingsanlegg for hydrogen, og hvilke plass slike anlegg kan kreve.
4. Identifisere steder og lokasjoner i tilknytning til E39 for potensiell produksjon av fornybar kraft fra vind, strøm, bølger, sol, og temperatur i sjø.
5. Klarlegge de juridiske sider ved rettighetsspørsmål.
6. Hvordan installasjoner kan gjøres mest mulig effektive mht installering, drift og oppfølging, og fornyelse og utskifting.
7. Støtte innovasjon og utvikling innenfor dette feltet som kan ha særlig betydning for utnytting i transportsystemet.
8. Bidra til innovasjon, uttesting og pilotering av nye og uprøvde løsninger.
9. Følge opp det arbeid som skjer i regi av «Rogfast Plus» slik at den kunnskap og løsninger som kommer ut av det kan utnyttes av andre prosjekter.

Store deler av forskningsprogrammet ved Chalmers tekniske høgskole i Gøteborg er knyttet til dette fagområdet, og dette er nærmere omtalt i kapittel 10.2.

8.4. Gjennomføring og kontrakter

Vi vet at prosjektstørrelse og kontraktstyper påvirker effektiv ressursbruk, kostnader, teknisk levetid, rasjonell bruk av materialer, løsninger og byggemetoder, samt kompetanse og kapasitet både hos oppdragsgiveren, konsulent og entreprenør.

Noen trender som vi også ser i Norge er økt bruk av totalentrepriser, at mer prosjektering og detaljering skjer i leverandørmarkedet, økende bruk av engelsk i konkurransegrunnlagene, forsøk med EPC-lignende kontrakter som i stor utstrekning har vært brukt off-shore, og at det går i retning av økt standardisering for å kunne få mer serieproduksjon og mindre «skreddersøm» på anleggsstedet.

Det er økende erkjennelse av at sammenhengen mellom planlegging og utførelse/produksjon er for svak, at for mye ledelsesressurser bindes opp i tvister, og at byggherreorganisasjonene er for store i forhold til omsetning og omfang i selve utførelsesorganisasjonen. Det er også en utbredt oppfatning at måten det norske regelverket for offentlige anskaffelser praktiseres på, hindrer involvering og innovasjon i leverandørmarkedet, og at norske standarder hemmer utenlandske leverandørers inntreden i markedet.

Arbeidet med å utvikle mekanismene for gjennomføring er derfor svært så viktige, og både størrelse og kompleksitet i mange av kontraktene for E39 vil være slik at det må legges særlig vekt på gjennomføringsmodeller som sikrer best mulig bruk av ressursene både hos byggherren, hos konsulentene, og hos entreprenøren eller entreprenørkonsortiet.

Byggherren bør på sin side ikke føre prosjektene lenger med hensyn til teknisk detaljeringsnivå enn at innovasjons- og utviklingspotensialet hos konsulent, entreprenør og industri kan utnyttes best mulig. For byggherren vil dette både være et spørsmål om kapasitet, og om i større grad å kunne involvere gjennomføringskompetanse fra andre enn ofte ellers for å utvikle både byggemetoder og byggeoperasjoner.

Det vil også være viktig å sikre at det blir god interesse for og konkurranse om de kontraktene som lyses ut, og at vi finner mekanismer som sikrer god deltakelse fra bransjen. Spørsmål som det vil være viktig å drøfte er:

a) Kontraherings- og kontraktspørsmål som kan hindre konkurranse og deltakelse i konkurransene, slik som konsortier, risikofordeling, og garantiordninger. Samt andre ting som kan være begrensende for størrelse, varighet, og omfang ellers på kontraktene.
b) Vi bør se nærmere på noen av de mest interessante prosjektene i utlandet, og hvilke erfaringer og løsninger som kan være mest relevante å benytte seg av der. Dette gjelder særlig prosjekter med betydelig innslag av innovasjon og FoU.
c) Samle eventuell erfaringer med konkurransepreget dialog, og utvikle forståelse, kompetanse og kapasitet på denne kontraheringsformen i etaten og hos aktuelle konsulenter.
d) Ettersom konkurransepreget dialog er en ressurskrevende kontraheringsform, bør det også ses på alternativer til denne. Alternativer som også kan dekke behovet for å utvikle nye løsninger, og byggemetoder i kontraktene. Her vil samspill i kombinasjon med konkurransepreget dialog vurderes.
e) Utvikle og tilrettelegge for bruk av kontraktuelle insentivarrangement eller bonusordninger som setter fokus på livsløpsrettede prosjektmål og fremmer en vinn-vinn holdning hos kontraktspartene.

8.5. Materialer

I dag er det kun ca. 10 % av de rundt 60 000 materialtypene som er registrert i verden, som er i bruk. Årsaken er at det er liten kunnskap på dette området, og derfor er det store muligheter for at andre materialer enn de vi kjenner til, kan være bedre egnet. Mange materialer kan også la seg endre gjennom modifikasjoner og innblandinger av andre materialtyper og stoffer.

Grafen er et nytt stoff med så spesielle egenskaper at flere tror dette vil lede til en ny industriell revolusjon. Stoffet er 2-300 ganger sterkere enn stål. Med rundt en sjettedel av vekta til stål, er det samtidig klart at dette vil være et interessant stoff for mange fagområder. Et av våre forskningsoppdrag hos Chalmers tekniske høgskole i Gøteborg (CTH) går på hvordan stoffet kan utnyttes for bygging av infrastruktur, og det foreligger en forstudie «*Graphene feasibility and foresigth study for transport infrastructures*» innenfor dette feltet [11].

Grafen er gjenstand for svært stor forskningsaktivitet verden over, og EU har satt av i overkant av 1 mrd. euro til dette. Chalmers er koordinerende institusjon for den EU-finansierte forskningen. Anvendelsesområdene er svært mange. Vårt prosjekt ser først og fremt på hvordan stoffet på ulike måter kan påvirke bygging og drift av infrastruktur. Egenskapene til en rekke materialer kan for eksempel modifiseres gjennom innblanding av grafen med nano-teknologi, materialer kan gjøres langt sterkere eller beskyttes mot inntrengning av for eksempel vann, bli bedre energi- eller strømledere, gi mer effektiv produksjon og lagring av fornybar kraft, eller gi bedre og fleksible sensorer og elektronikk.

[11] http://www.vegvesen.no/_attachment/806033/binary/1019516?fast_title=Graphene+feasibility+and+foresight+study+for+transport+infrastructures%2C+Chalmers+2014.pdf

Høyere vegstandard dimensjonert for høyere fart vil gi store overskuddsmasser fra vegskjæringer og tunneler. Tidligere har slike masser enten vært dumpet uten å ha kommet til nytte, eller de har vært brukt til fylling av byggeområder av ulike slag. Slike masser har det allerede vært investert i, også i form av CO2-utslipp. Spørsmålet er om slike masser av ulik kvalitet kan tilføres ytterligere verdi og få en annen anvendelse som byggemateriale på et annet foredlings- og prisnivå, enn som fyllmasser. Det er også slik at både type og kvalitet på materialene vil variere langs strekningen, og derfor være egnet til ulike formål i selve vegbyggingen, og for eksempel som tilslag i betong. De mest høyverdige byggematerialene må ofte transporteres over lange avstander, samtidig som de også kan være viktige for andre formål. Dersom naturlige forekommende materialer i kan modifiseres til å bli gode nok, kan vi utnytte de som «kortreiste materialer». De vil samtidig både være rimeligere å bruke, og gi mindre utslipp (forbundet med transporten av dem). Dette er et område der geologiske og geotekniske forhold langs hele strekningen bør registreres, med tanke på hvordan de kan komme til nytte i nærheten av der de finnes eller oppstår.

Norsk betongteknologi fikk et kraftig oppsving i forbindelse med at store betongkonstruksjoner ble tatt i bruk i Nordsjøen. Det vil bli stilt større levetidskrav til de store konstruksjonene vi nå snakker om. Med planlagte levetider på 100 år, og opptil 200 år på de største og mest kostbare konstruksjonene, må vi utvikle betongteknologien videre. I dag vet vi ikke nok om hvordan vi skal sikre oss armert betong med levetider på 200 år. Dette knytter seg særlig til hvordan vi kan få større kunnskap om hva som påvirker størrelsen på riss og små sprekker, og hvordan for eksempel bakteriebaserte innbygde roboter, med selvreparerende egenskaper, kan fungere i marine miljøer. Dette kan forlenge levetider på armert betong, redusere vedlikeholdskostnader og bety vesentlige reduserte utslipp fra sementindustrien.

Det er på det rene at utviklingen av lette kompositmaterialer i mange tilfeller kan erstatte eller konkurrerer med betong, og slike materialer begynner å få stor utbredelse i flere land. Ikke minst gjelder dette kullfiberarmerte kompositter med meget gode styrkeegenskaper. Praksis og erfaring med slike materialer i Norge er relativt beskjedent. Det vil derfor være av interesse å skaffe mer erfaring med, og innsikt i, bruk av kompositter for å kunne velge materialer avhengig av byggested, utslipp, og betydningen av industrialisert prefabrikasjon og installasjonsmetoder. Her vil kontraheringsformen og hvordan funksjonskravene utformes, være viktige premisser for å få innovasjon og utvikling på dette feltet.

Hybridløsninger mellom ulike typer materialer kan også være interessante, som for eksempel i en betongkonstruksjon der betong kan ta trykkrefter og kompositter strekkreftene. Standardisering kan gi grunnlag for gjenbruk og et visst marked for leasing eller utleie av konstruksjoner.

Dette er eksempler på hvorfor en egen fagenhet for materialer vil være nyttig. På samme måte som for andre fagenheter vil den i størst mulig grad spille på personer og kompetanse som allerede finnes i de ulike deler av linjeorganisasjonen og hos utdannings- og forskningsinstitusjonene.

8.6. Risikostyring

Olje- og gass-virksomheten har over mange år lagt ned et stort og systematisk arbeid for å håndtere risiko, og dette har gitt resultater. På samme måte bør risiko i E39-prosjektene få en faglig koordinering og et felles rammeverk. Risikoforhold knyttet til datainnsamling, undersøkelser, bygging, driftsfase og sårbarhet kan i en viss utstrekning vurderes allerede i en tidlig teknisk konseptvalgfase. Flere av risikoene vil imidlertid være klart styrbare, og må håndteres gjennom risikostyring i gjennomførings- og driftsfase. Vi tror at en særskilt enhet kan stille krav til sikkerhetskulturene hos de mange aktørene som vil delta i både planlegging og gjennomføring av prosjektet, og systematisk følge opp at dette også blir nedfelt i all kontrahering og i kontraktene, og at de etterleves i praksis.

8.7. Øvrig teknologi

Det er svært mange fagfelt som ikke er dekket ovenfor, men som likevel vil spille en stor rolle i å bygge moderne infrastruktur på en framtidsrettet måte.

Intelligente transportsystemer (ITS) er et fagfelt i rivende utvikling. Teknologiutviklingen åpner for nye muligheter, og Statens vegvesen ønsker at FoU-prosjekter knyttet til E39-prosjektet i størst mulig grad skal ha en innovativ kraft som utnytter de nye mulighetene. Det er altså morgendagens ITS-løsninger vi søker.

Gjennom ITS Action Plan har EU definert utviklingen innen ITS de nærmeste 10 årene, http://ec.europa.eu/transport/themes/its/road/action_plan/ ITS Action Plan er godtatt også av Norge. FoU-initiativene knyttet til E39, må bygge på resultatene fra at ITS Action Plan er gjennomført. Det betyr at vi har tilgang til sanntidsdata fra en rekke kilder vi i dag ikke har. Det er etablert kontinuerlige bredbånds kommunikasjonsløsninger som sikrer bil-til-bil, bil-veg og veg-bil kommunikasjon. Det tekniske grunnlaget for en kooperativ vegtrafikk anses å være fullt utbygd.

I «Forever Open Road» (FOR), https://www.youtube.com/watch?v=AKuoO3nG5iM&feature=player_detailpage diskuterer FEHRL hvordan vi kan sikre veginfrastrukturen gjennom kontinuerlig overvåking med sensorer og lignede. Vegeier vil da til enhver tid ha full oversikt over alle problemer langs vegen (tilfeldige hinder, hull, ising, sterk vind etc.). Denne informasjonen kan formidles til driftspersonalet og til trafikanter og kjøretøyer slik at problempunkter unngås eller tas hensyn til under kjøring. Videre er det ideer om selvreparerende veger og/eller utskifting av hele prefabrikkerte seksjoner av kjørebanen. Selv om dette kan synes som fiksjon i dag, bør fagfolk og forskningsmiljøer arbeide videre med de europeiske organisasjoner som deltar i dette.

ITS griper etter hvert sterkt inn i selve kjøringen av bilene. Allerede med dagens teknologi kan bilene kjøres stor sett autonomt utenfor tettbygde strøk. Denne utviklingen vil skyte fart med de nye mulighetene ITS gir. Et område som fortsatt er lite påaktet, er hvordan dette vil påvirke måten vi bygger veger på. Dagens vegnormaler tar ikke høyde for dette. De er basert på forutsetninger og krav tilpasset trafikken og bilparken rundt 1960. Dagens bilpark og trafikk er en helt annen, og denne mismatch vil forsterke seg gjennom de nest 20 årene.

ITS vil ha stor betydning for vegtrafikken framover. Det er derfor svært viktig at ITS inkluderes ved definering av forskningsplanene. ITS griper inn i alle trinn i utvikling av en framtidig veg. Gjennom en aktiv FoU-policy kan Statens vegvesen, sammen med det øvrige statlige virkemiddelapparatet representert ved Forskningsrådet og Innovasjon Norge, bidra til innovasjon og økt konkurransekraft også innen ITS-næringen.

Selv om det er umulig fullt ut å forutse teknologiløsninger flere tiår fram i tid, er det likevel flere ting vi kan gjøre for å forberede det. Når vegene planlegges og bygges må vi så godt det lar seg gjøre forutse hvilken plass og forberedelse dette kan kreve både i overbygningen, langs vegene, i tunneler og i konstruksjonene. Dette vil forenkle og redusere kostnadene for slike installasjoner siden. Et annet viktig område for denne faggruppen vil være å holde god kontakt med teknologimiljøene i etaten, og dra nytte av internasjonale erfaringer på veg- og transportsiden og som påvirker hvordan veganleggene utformes og driftes på en stadig bedre måte.

8.8. Planlegging, arkitektur og design (eventuell)

Trafikksikkerhet i planlegging og bygging av transportanlegg er et godt integrert fagfelt i utforming av vegene. Noe avhengig av hvordan planleggingen blir organisert kan det likevel tenkes at det vil være hensiktsmessig at dette fagfeltet ivaretas av denne faggruppen.

Arkitektur og design vil være svært viktig for den store og langsiktige infrastrukturen som vi her snakker om, og som kan bli landemerker i hundrevis av år. Vi kan derfor vurdere å opprette en egen enhet for arkitektur og design, men oppgaveomfanget for en slik enhet vil bli sterkt påvirket av kontraheringsform og kontraktstyper. Andre ordninger bør derfor vurderes, og det kan tenkes at en form for arkitekturråd kan være mer hensiktsmessig.

9. Innovasjon, forskning og utvikling (FoU)

9.1. Bredde og struktur

En så dramatisk endring for en av landets viktigste vegstrekninger påvirker så store områder at det vil føre med seg store ringvirkninger. Mens de kortsiktige virkningene som endringer i transportøkonomi, trafikksikkerhet, støybelastninger og naturinngrep vil være relativt oversiktlige, vil de langsiktige virkningene være umulige å forutse fullt ut. Vi vet at de vil påvirke sosiale forhold, produktivitet og verdiskaping, samfunnsøkonomi, strukturer innenfor helse, utdanning, samferdsel, politikk og offentlig administrasjon. Det kan også ha langsiktige virkninger for naturmiljø, arealbruk, utslipp og marine forhold, energibehov, samt utfordre teknologisk på en måte vi ikke helt klarer å se. Men hvordan, i hvilket omfang, og hva som kan forutses og påvirkes, er det mye vi burde vite mer om. Programmet for FoU bør derfor innrettes så bredt at det også gjenspeiler det store spennet i utfordringer og kunnskapsbehov dette betyr.

Innsatsen på FoU bør og vil involvere ulike aktører; myndigheter, etater og offentlig sektor forøvrig, universiteter og høyskoler, forskningsinstitutt, bedrifter, brukere og virkemiddelapparatet. De ulike aktørene vil ha ulike roller og ulikt fokus, og det er essensielt at innsatsen koordineres om vi skal nå prosjektets mål. Gitt FoU-innsatsens faglige omfang, økonomiske ramme og langsiktighet, anbefaler vi at det overordnede koordineringsansvaret og den totale porteføljestyringen legges til én aktør. Aktøren må kunne ivareta helhetsperspektivet, håndtere den brede faglige tilnærmingen, sikre kvalitet både i tildeling og oppfølging av FoU-oppgaver, kvalitet i selve forskningen, utviklingen og innovasjonen, anrette for evaluering av innsatsen underveis og om 20 år, og initiere dynamiske prosesser som ivaretar utfordringene langsiktigheten gir i form av at vi ikke i dag vet hva FoU-behovet er om f.eks. 10 år. Det synes derfor mest naturlig at Forskningsrådet tar denne rollen, supplert med en styringsgruppe der ulike aktører er representert.

FoU-innsatsen vil ha ulike formål. Noe vil være rent utviklingsarbeid, og i stor grad ha relativt kortsiktig horisont. Andre oppgaver vil ha meget høyt forskningsinnhold, gjerne også stor grad av dristighet, og dermed en betydelig lengre tidshorisont. En tredje inngang er behovet for å bygge kompetanse i form av å utdanne gode forskere. Like viktig er behovet for å omsette forskning og kompetanse til gode innovasjoner, produkter og tjenester. Andre elementer er internasjonalt samarbeid, regionale tiltak, forskningsinfrastruktur, demo- og verifiseringsarbeid og nettverkstiltak. Uansett formål vil alt arbeidet avhenge av godt samarbeid og god dialog med brukere, både departementer og offentlig sektor generelt, og ikke minst næringslivet og samfunnet for øvrig.

Basert på det ovenstående foreslås FoU-aktiviteten gruppert i fire deler av varierende størrelse:

A. Vekt på utvikling

Statens vegvesen råder over midler til anbudsrunder, konsulentoppdrag, oppdragsforskning og egne FoU-prosjekter. Dette arbeidet vil ha en overvekt av utviklingsoppgaver og vi foreslår at dette blir styrt av Statens vegvesen som best kjenner det umiddelbare behovet direkte knyttet til totalprosjektet.

B. Vekt på forskning

Forskningsrådet råder over midler til bygging av strategisk kunnskap og kompetanse, produkter og tjenester. Dette arbeidet vil ha en vesentlig overvekt av forskningsoppgaver og styres av den aktøren som har mest erfaring i å forvalte langsiktige, strategiske FoU-satsinger. Typiske verktøy vil være senterordninger og tematiske forskningssatsinger, men det vil også være nødvendig med gode nettverkstiltak og møteplasser for forskerne. Vi foreslår at denne delen blir styrt av Forskningsrådet.

C. Vekt på kompetansebygging
Utdanningsinstitusjoner råder over midler til forskerutdanning. Dette arbeidet vil ha overvekt av forskningsoppgaver og styres av den aktøren som har mest erfaring i lange utdanningsløp. Vi har startet en dialog med NTNU i Trondheim, Universitet i Stavanger, NMBU på Ås, Handelshøyskolen i Bergen og Chalmers i Gøteborg. Vi vil også gå i dialog med flere institusjoner for å sikre tilstrekkelig robusthet.

D. Andre tiltak

a. For å kunne ta i bruk FoU-resultatene kreves både forskningsinfrastruktur i form av f.eks. laboratorier, og muligheter for små- og storskalatesting i demo-, pilot- eller verifiseringsprosjekter. Her vil det være viktig og nyttig å benytte seg av, og videreutvikle, nasjonal og internasjonal eksisterende forskningsinfrastruktur, eksempelvis i tråd med ESFRI og Forskningsrådets veikart som er omforente satsingsforslag. Demo-, pilot- og verifiseringsprosjekter kan være kostnadskrevende, men i noen tilfeller også avgjørende for å omsette forskning og kompetanse til gode innovasjoner, produkter og tjenester. Både Forskningsrådet og Statens vegvesen har tilstrekkelig erfaring med slikt arbeid til at dette kan inkluderes i punkt A og B over.

b. FoU-arbeid er i sin natur internasjonalt. Det er viktig å koordinere nasjonal innsats med arbeid som gjøres utenfor Norges grenser, eksempelvis EUs Horizon2020, slik at norske, offentlige midler brukes der de utgjør en forskjell tatt den totale innsatsen i betraktning. Dette ansvaret bør både legges i det enkelte FoU-prosjekt, men også i punktene A, B og C.

c. E39 har en tydelig regional dimensjon. Innovasjon Norge, SIVA og Forskningsrådet samarbeider allerede i regionen og det vil være naturlig at de sammen ivaretar denne dimensjonen i tett samarbeid med lokale brukere og myndigheter.

d. Langsiktigheten og bredden i FoU-arbeidet fordrer nye arbeidsformer både for å få fram tverrfaglighet og dristighet, men også for å søke å finne en robust strategi for fremtiden. Eksempelvis kan foresight, følgeforskning og sandpitmodellen benyttes og bl.a. har aktører som Teknologirådet og Forskningsrådet erfaring fra fasilitering av slikt arbeid.

9.2. Behovet

Fastlands Norge har over mange år brukt mindre ressurser på forskning og utvikling enn mange andre sammenlignbare land har gjort. I Nordsjøen har det imidlertid skjedd en rivende teknologisk utvikling. Siden Ekofisktanken kom på plass, stående på sjøbunnen i 1973, har olje- og gassektoren, via flytende installasjoner på store dyp, og fram til dagens bunninstallasjoner, evnet stadig å sprenge nye grenser og få mer ut av ressursene. Dette gjelder både leteteknologi, utvinning og transport, og hvordan reservoarene er blitt utnyttet bedre og dermed kan produsere lenger. Denne rivende teknologiske utvikling har imidlertid ikke kommet av seg selv, og sektoren har i spesifikke prosjekter klart å kombinere erfarings- og forskningsbasert kunnskap til framtidsrettede og praktisk gjennomførbare løsninger når behov og muligheter har meldt seg. Sektoren har også vært kjennetegnet av fagmiljø satt sammen av flere ulike fagmiljøer med ulik bakgrunn, og betydningen av dette i det å skape ny teknologi og nye tilnærmings- og byggemåter, bør ikke undervurderes. E39-prosjektenes omfang er også formidable totalt sett, og på noen områder finnes det ikke sidestykker selv utenfor Norge. Flere av de konstruksjoner som skal til for å krysse fjordene vil være større enn det som finnes i dag, designes for lengre levetider, samt at enkelte tekniske konsepter hittil aldri har vært prøvd.

Noe av behovet for forskning og utvikling er derfor lett å se, mens for andre deler av behovet kan det være verre. Det er bare for de mest ekstreme brukonstruksjonene at omfattende innovasjon,

forskning og utvikling vil være en betingelse for at vi skal kunne bygge de. Alt det andre kan vi bygge på den måten vi har gjort før, men vi kan også prøve å gjøre det både smartere og bedre. For å kunne bygge både konstruksjoner og anleggene for øvrig, med bedre teknisk levetid og med mindre miljømessige fotavtrykk som utslipp av CO2, vil det kreve at kunnskap om teknologi, materialer, produksjon og byggemåter løftes opp på et nytt nivå. Det vil imidlertid også gi oss kunnskap som vil gi oss fortrinn både som miljø- og teknologinasjon dersom vi viser evne til å utnytte det.

Det vil også ha betydning for hvordan vi forbruker våre material- og naturressurser forøvrig, og dermed vil denne tilnærmingen i et livssyklusperspektiv ha betydelig innvirkning på miljø og energiforbruk. Det samme gjelder påvirkningen på det biologiske mangfoldet, og hvordan vi trass i inngrep et sted kan bidra til å beholde eller sikre det.

Selv om det er mye vi ikke vet, skapes det samtidig også mye ny kunnskap som gir nye muligheter for å gjøre ting bedre og mer skånsomt for miljøet. Mye av innsatsen dreier seg derfor om å finne og utvide denne kunnskapen, og utnytte den der den kan bety noe for de løsninger vi skal lage på både sjø- og på landsiden.

Også innenfor tradisjonell vegbygging og for mindre konstruksjoner må vi stadig klare å utnytte og modifisere materialer som har mindre miljøpåvirkning, kunne bruke «kortreiste» materialer som kan gjøres gode nok, utnytte store masseoverskudd langs «stive» veglinjer til noe som kan utnyttes som en ressurs i stedet for å dumpes, sikre oss bedre mot ras, utglidninger og andre effekter av ekstremt vær, legge til rette for standardisert og industrialisert framstilling av byggeelementer som gjentas ofte, oppnå bedre levetider og lavere livsløpskostnader, smartere kvalitetskontroll, og smartere byggeprosesser og byggemåter.

Store brukonstruksjoner i stål lages ikke lenger i Norge, og er overtatt av markeder med langt lavere arbeidskostnader. Med lasersveising, sandwichløsninger, standardisering av komponenter og automasjon i en produksjonsfase vil stålforbruk og kostnader kunne reduseres kraftig, og markedet vil kunne tas tilbake til europeisk verfts- og stålindustri dersom det legges til rette for det. Særlig gir kombinasjonen mellom lasersveiste løsninger og sandwichbasert design med høy grad av automasjon, store potensialer for reduksjon av både materialer og kostnader, og at verfts- og stålindustrien kan komme inn og utvikle dette markedet videre.

Moderne vegsystemer krever også stadig mer energi i form av elektrisk kraft i driftsfasen etter at de er ferdige, og pr i dag er dette særlig ventilasjonsvifter i tunneler, pumpeanlegg i undersjøiske tunneler, veglys, værstasjoner, avfuktingsanlegg for brubjelker og hengekabler mm. I dag brukes ca 1 Terrawattime i året på de riks- og fylkesvegene som forvaltes av Statens vegvesen, dvs bortimot 1% av det totale norske strømforbruket. Et første mål vil være helt eller delvis å kunne dekke opp E39 sin andel av dette behovet. Strømbehovet for enkeltprosjekt som E39 Rogfast forventes å være ca 15 mill kWh/år, noe som anses mulig å produsere i nærheten av anlegget.

I takt med at elektrisitet og etter hvert også hydrogen, antas å overta som drivmiddel for kjøretøyparken, antar vi at fyllings- og ladesystemer for kjøretøy vil representere et stort behov i framtiden. Det vil være ønskelig at mest mulig av dette behovet også kan dekkes langs strekningen, og derfor vil lokal produksjon og lagring av slik energi på sikt kunne bli en stor og viktig sak. Mye skjer på dette området, men vi ser at lokalisering og teknologi for utnytting av flere fornybare energikilder i nærheten av E39 kan bli en stor sak.

Utviklingen på området energibærere vil trolig skje nokså parallelt med en sterk utvikling innenfor Intelligente transportsystemer (ITS). Dette fagfeltet tilrettelegger for at den sterke utviklingen vi de senere årene har sett på elektronikk og datasystemer, også kan utnyttes innenfor transportsektoren. Dette omfatter alt fra innhenting av veg- og føreforhold gjennom kjøretøyene som bruker vegene, via førerstøttesystemer, innslag av framtidige førerløse kjøretøyer, til overføring av energi til kjøretøyparken.

Dette betyr at vi allerede i dag bør prøve å forutse hva det betyr for utforming av vegene, plassbehovet og hvordan de kan tilrettelegges for senere installasjoner både i selve vegen og som vegkantinstallasjoner.

I EU er det et erklært mål at sikring av framkommeligheten i transportnettet er en betingelse for å kunne opprettholde næringslivets konkurransekraft. Samtidig må utviklingen av transportsystemet tilfredsstille de overordnede målene for transportpolitikken knyttet til trafikksikkerhet, klima/miljø, effektivitet og fremkommelighet. De samme krav og behov gjelder i hele Europa, inklusive Norge. Det skal være en felles europeisk transportinfrastruktur. FoU knyttet til utvikling av framtidas veger må derfor inkludere felles europeiske tanker og ideer. Disse er blant annet nedfelt i det europeiske Forum of European Highway Research Laboratories (FEHRL) sitt visjonsprosjekt «Forever Open Road» [12].

Visjons- og forskningsprogrammet «Forever Open Road» skal hjelpe medlemslandene med å håndtere denne utviklingen faglig sett. Programmet går på hvordan infrastruktur kan bygges og driftes med mindre belastninger på miljøet, hvordan både byggematerialer og mer industrialiserte byggemetoder kan redusere både tidsforbruk, kostnaderog utslipp over livssyklusen for slike anlegg. Det er ca 30 europeiske organisasjoner som i dag er medlemmer i FEHRL, og organisasjoner fra både USA, Sør-Afrika, Australia og Israel er assosierte medlemmer. Dette er en meget sterk faglig sammenslutning, og Statens vegvesen har vært medlem siden starten i 1989. FEHRL ønsker at E39 skal være ett av tre europeiske hovedprosjekter som vil inngå i utvikling og utprøving av materialer, vegtverrsnitt og byggemetoder mv.

På samme måte som i Nordsjøen krever også dette forskning og utvikling i betydelig omfang. Det er store historiske forskjeller mellom landene når det gjelder omfanget av forskning og utvikling som andel av brutto nasjonalprodukt (BNP). En oversikt viser at gjennomsnittet blant de ca. 60 landene som er med i 2011-oversikten er på ca. 2 %, mens Norge ligger på 1,66 %. Våre naboland, Finland, Sverige og Danmark, bruker alle over 3 % av BNP til FoU, og er dermed blant de landene i verden som ligger høyest [13]. Det er særlig FoU i det norske næringslivet som bidrar til de norske tallene, der også byggenæringen har brukt relativt lite til FoU. Noe som kan bidra til dette er norsk praksis med kontrahering av kontrakter, og hvordan FoU vektlegges og inkluderes i anbudsprosess og kontrakter.

Det anses som god internasjonal praksis å sette av ca. 3 % av prosjektkostnaden til forskning og utvikling. Avsetningen betraktes som en investering som vil betale seg gjennom kortere byggetid, og lavere bygge- og livsløpskostnader, å kunne bygge smartere med mindre utslipp og energiforbruk, og dermed bidra til permanente forbedringer i sektoren.

Ferjefri E39 er et prosjekt der kunnskap og ny teknologi er sterkt integrert i både bru- og landdel, og det nødvendige nivået for en slik satsning er vanskelig å bedømme. Det kan være at 3 % som beste praksis både kan være for høyt og for lavt, og at det etterpå vil vise seg hva behovet egentlig var. Forsknings- og utviklingsprogrammet må imidlertid være klart målrettet slik at det kan anses som «lønnsomt» for utbyggingen å gjennomføre de enkelte aktivitetene. Vi foreslår derfor 3 % som et utgangspunkt, og av en kostnadsramme på 150 (2014-tall) milliarder kroner blir dette 9 milliarder kroner innenfor en prosjektperiode på 20 år. Det trengs ikke tilførsel av ekstra midler til dette, men en vesentlig del av en slik avsetning må gjøres tilgjengelig så tidlig at ny kunnskap og teknologi kan utnyttes i planlegging og gjennomføring.

[12] http://www.foreveropenroad.eu/
[13] UNESCO Institute for Statistics, Catalogue Sources, World Development Indicators 2011

Det er imidlertid flere forhold som påvirker muligheten til å utvikle teknologi og kunnskap i et prosjekt. Store byggeprosjekter er ofte svært presset på tid, og delte finansieringsmodeller bruker ofte bompenger i den tidlige fase mens de offentlige bidrag ofte kommer senere. Dette gir et stort press både på raske kontraheringsmodeller, og kan gi for lite tid og midler til innsatsen for å forbedre materialer, tilpasse eller utvikle byggemetoder, og for eksempel optimalisere konstruksjoner for å redusere forbruk av materialer gjennom smartere løsninger.

Her vil utfordringen være å kunne kombinere oppdragsgivers krav og ønsker om funksjonalitet og levetid, og i større grad trekke inn forsknings- og ikke minst erfaringsbasert kunnskap i det konkrete prosjektet. Dette krever imidlertid både tid og ressurser tidlig i gjennomføringsfasen. Vi tror at en systematisk og bred tilnærming på dette området ville være svært lønnsomt både med hensyn til direkte byggekostnader, men særlig med hensyn til lavere livsløpskostnader og utslipp gjennom bedre kvalitet og teknisk levetid.

Den erfaringsbaserte kunnskapen kan best sikres gjennom en tidlig kontrahering av entreprenør eller et konsortium, der rammene for å kunne utnytte gjennomføringskompetansen når de forbereder seg til bygging vil være enklere. Løsningene kan deretter innarbeides i endelige formelle planer og i programmer for forskning, utvikling, innovasjon og personell med rett kompetanse.

Her må det norske forskningsmiljøet ved NTNU og Norden for øvrig utnyttes fullt ut, men det antas at også øvrige internasjonale forskningsmiljøer må benyttes på områder der de fra før er sterke. Vi har etter hvert bra oversikt over slike både i Europa, USA og Asia. Det vil være naturlig at FEHRL trekkes inn i et referanseorgan for å koordinere og bistå i arbeidet med å identifisere egnede forskningsmiljøer for ulike oppgaver.

En ny innretning for planlegging, kontrahering og gjennomføring vil ha betydning for når innsatsen på FoU-området mest naturlig vil komme, og når midlene for det prosjektrettede FoU-arbeidet bør gjøres tilgjengelig.

I forberedelses- og den generelle utviklingsfasen kan det skisseres at rundt halvparten av avsetningen på 3 % bør gjøres tilgjengelig. I kontraheringsfasen av entreprenører for de mer krevende kontraktene kan det tilsvarende forventes et mindre behov i dialogfasen, som forutsettes dekket av byggherren. En vesentlig del kan legges inn i selve entreprisekontraktene. Hvordan dette skal håndteres i forhold til entreprenørenes konkurransepriser kan vurderes nærmere, men det kan tenkes at det er mest hensiktsmessig å holde de utenfor. I forhold til en framdrift som 20 års ferdigstilling krever vil dette bety at vel halvparten av midlene bør være tilgjengelig de første 10 årene. Det er meget påkrevd å trappe opp det tekniske utviklingsarbeidet, og videreføre det forskningsarbeidet som allerede er startet. For at resultatene i størst mulig grad skal kunne bli tatt i bruk til det som bygges, bør innsatsen komme så tidlig som mulig i løpet av disse tjue årene.
Det tar tid å bygge opp kompetanse gjennom forskning og utvikling, og vi satser i stor grad på at kunnskap skal bli varig ved å løfte høyere utdanningsinstitusjoner innenfor de områdene det er grunnlag for. Dette vil utvikle kunnskapsnivå og lærekrefter, og dermed styrke utdanningen innenfor de fag dette vil omfatte. Ved utgangen av 2014 er det igangsatt rundt 30 doktorgradsprosjekter (PhD) ved NTNU i Trondheim, Chalmers i Gøteborg og UiS i Stavanger til sammen, og innholdet i dette er nærmere beskrevet senere i dette kapitlet.

Vi satser sterkt på at dette både skal være forskningsbasert og langsiktig gjennom omfattende bruk av universiteter og høyskoler. Noe av innsatsen retter seg derfor mot doktorgradsprosjekter slik at generering av kunnskap og videreutviklingen av denne blir varig og godt integrert i undervisningen. I forhold til framdriften av prosjektet vil imidlertid det å framskaffe kunnskap på den måten noen ganger kunne ta såpass lang tid at det vil være nødvendig med parallell oppdragsforskning og annen målrettet oppdragsvirksomhet mot andre forskningsinstitusjoner, fagmiljø og laboratorier med spisskompetanse.

Med god samordning med master- og doktorgradsprosjektene vil dette kunne bidra til å løfte kvaliteten både på forskningen og oppdragene med kortere tidshorisont.

Grovt sett kan vi skissere hovedområdene for forsknings- og utviklingsprogrammene slik:

1. Konstruksjonenes oppførsel, standardkrav, dimensjonering og godkjenningsregimer
2. Miljøregnskapene, og hvordan løsninger, valg og utvikling av materialer kan påvirke utslipp og energiforbruk, natur- og marine miljø, biologisk mangfold, kostnader, og levetider
3. Produksjon, lagring og bruk av fornybare energikilder og hvordan de kan utnyttes på lang sikt, og påvirke overgangen til fossilfrie drivmidler og drift av infrastrukturen.
4. Samfunnseffekter av redusert tidsavstand og bedre forutsigbarhet i transportsystemet
5. Drift og styring av transportsystemet gjennom standard, kvalitet, fart, intelligente transportsystemer, og hvordan dette påvirker trafikksikkerhet og utslipp

Det konkrete innhold her vil utvikles videre av den prosjektorganisasjon som skal gjennomføre prosjektene, og vil måtte være sterkt dynamisk i forhold til å håndtere problemstillinger som vil dukke opp etter hvert.

Behovet for innovasjon, forskning og utvikling er som nevnt stort, og det som er gjort hittil vil være bare starten på dette. Nedenfor er det gitt en nærmere omtale av det som er igangsatt allerede, men i vedlegg ligger det omtale av forslag som enda ikke er igangsatt. Det tar tid å bygge opp kapasitet for slike store programmer både hos bestiller og hos utførende institusjon. For det ene kan det mangle kandidater på universitetene, og hos oppdragsgiver kapasitet til å følge opp arbeidet, samt å spre kunnskap dit den er relevant.

Noen av de behov som Ferjefri E39-prosjektet har beskrevet for framtidig kunnskap for øvrig, er også grunnlaget for en rekke søknader rettet inn mot EU's store forskningsprogram Horizon 2020. Dette er ikke bare fra NTNU og Chalmers, men også fra forskningsinstitutter i Frankrike og Storbritannia.

10. Pågående forskningsprosjekter

10.1. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim

Vi har allerede satt i gang et omfattende FoU-program med NTNU. Nedenfor følger korte sammendrag av prosjektene som er i gang, mens definerte oppdrag som avvente midler og/eller kapasitet er omtalt i vedlegg 2.

Fjordkryssinger

Dynamisk respons av hengebruer/skråstagsbruer med flytende tårn
Hengebruer eller skråstagsbruer med flytende tårn representerer en ny brotype som vi ikke har erfaring med. Det vil være en kompleks interaksjon mellom forankringslinene og det flytende tårnet og mellom tårnet og den slanke brubanen. Dessuten vil det bli en samtidig virkning av trafikk-, hydrodynamiske - og aerodynamiske laster. Denne oppgaven dreier seg om å utvikle beregningsmetoder som kan benyttes til å predikere den dynamiske responsen til systemet.

Forankrede flytebruer og neddykket flytende tunneler utsatt for parametrisk eksitasjon
Flytebruer og neddykkede flytende tunneler omfatter mange ulike typer av forankringssystemer. Ved utforming av slike konstruksjoner er det viktig å kontrollere for ikke-lineære parametriske eksitasjon som kan påvirker flere aspekter av strukturen. Forankringssystemet kan oppleve sterk sideveis vibrasjon, som igjen kan gi store aksialvibrasjoner. Målet er å utvikle en designtilnærming for respons på grunn av parametrisk eksitasjon.

Modellering og analyse av demping i konstruksjoner
Demping i dynamiske systemer er en egenskap som ikke er like godt forstått som stivhet og masse. Dette prosjektet tar sikte på å svare på spørsmålet: Hvordan kan demping brukes i design for å optimalisere den dynamiske responsen for fleksible lange brukonstruksjoner i samvirke med luft og vann. Demping kan også introduseres gjennom ulike supplerende systemer som vil ha ulik aktualitet for de ulike brutypene som vurderes.

Innovativ design av kystkonstruksjoner ved tre-dimensjonal numerisk modellering
Numerisk modellering av interaksjon mellom konstruksjon og fluid etableres ved modeller som løser de tre-dimensjonale Navier-Stokes ligningene. Vi benytter kommersielt tilgjengelig programvare med GPL åpen kildetilgang. Betegnelsen på programvaren er REEF3. Vi tar sikte på å etablere bedre porøse media-algoritmer for kystkonstruksjoner.

Interaksjon væske-konstruksjon for neddykkede flytende tunneler ved bruk av turbulensmodellering
Med anvendelse for neddykkede konstruksjoner (neddykket flytende tunnel) gjennomføres storskala beregninger for interaksjon mellom væske og konstruksjon, inkludert virkningen av fri overflate. Aktuelle tverrsnitt kan være enkelt rør eller koblede parallelle rør. Videre vil vi kunne inkludere virkningen av interne bølger.

Kraftidentifikasjon ved bruk av målt dynamisk respons
Formålet med dette prosjektet er å anvende og videreutvikle teknikker for invers kraftidentifikasjon for å bestemme kreftene som virker på eksisterende bruer. Aktuelle bruer er bruene over Bergsøysundet, Hardangerfjorden og Gjemnessundet. Videre vil vi sammenligne resultater fra "state-of-the-art" hydroelastisk og aeroelastisk modellering, og endelig kvantifisere modellusikkerheter. Resultater fra prosjektet vil være bedre metoder for inverskraftidentifikasjon og spesifikke resultater for de aktuelle bruene.

Eksperimentell undersøkelse av hydrodynamisk oppførsel av slanke neddykkede legemer
Prosjektet vil studere de hydrodynamiske egenskapene til slanke konstruksjoner med ikke-sirkulært tverrsnitt. Det etableres beskrivelse av bevegelsesinduserte krefter som kan øke nøyaktigheten for integrerte analyser med samtidig strøm og bølgelaster. Kritiske strømhastigheter i forhold til instabil oppførsel (flutter/galloping) vil bli predikert. Videre vil koplingseffekter mellom horisontal, vertikal og roterende bevegelse bli undersøkt og dessuten bevegelsesinduserte krefter relatert til akselerasjon av konstruksjonen.

Skipskollisjon
Enkelte av fjordene som skal krysses i forbindelse med ferjefri E39 er trafikkert av meget store skip. Dette innebærer at skipskollisjon kan være et av de viktigste designkriteriene. Dette prosjektet tar sikte på å utvikle beregningsmetodikk som sikrer at sikkerheten til trafikantene på brua og passasjerene ombord på det aktuelle skipet blir ivaretatt samtidig som man får en økonomisk design av brukonstruksjonene.

Eksplosjonslaster og lasteffekter for rørbruer
Gjeldene lastforskrifter angir interne eksplosjonslaster på 700 kPa, og studien vil vurdere hvorvidt dette trykket kan være representativt for en statisk designlast. Dette vil studeres for både rektangulære og sirkulære tverrsnitt, og når de er omgitt av vann. Arbeidet inkluderer praktiske tester med rør av tilstrekkelig diameter og realistiske materialer, og instrumentering vil måle virkelig påvirkning i rom og tid. Dette vil danne grunnlaget for dynamiske analyser og beregningsmodeller.

Fundamentering på store vanndyp
Flytebruer med skipsløp langs land vil kunne benytte dype, faste fundamenter på 50-90 meter, og anbefalinger for slike arbeider vil trekke på erfaringer offshore med ulike fundamenttyper. Den mest egnede fundamenttypen vil være avhengig av vertikal last og bunnforhold, og må dimensjoneres for lastkombinasjoner fra vind, strøm, bølger og skipsstøt. Mens jacketløsninger på stålpeler vil kreve betydelig mektighet på sedimentene, vil gravitasjonsløsninger ofte kreve forutgående preparering av sjøbunnen. Innovative stagløsninger kan også være aktuelle.

Dynamisk respons i flytebruer utsatt for ytre miljølaster
Dette omfatter en omfattende instrumentering av Bergsøysundet flytebru, og arbeidet vil vurdere hvor representative dagens state-of-the art numeriske metoder knyttet til vind, bølge og strømlaster vil være for flytebruer. Hydrodynamisk demping spiller en viktig rolle for oppførsel av flytebruer, og arbeidet vil inneholde modellering av det totale interaktive lastbildet og responsbildet. Vind- og bølgefelt vil kunne variere betydelig over en fjord, og prosjektet vil inngående studere hvilke lastkombinasjoner som vil være representative for dimensjoneringen. Det er svært krevende å knytte målte responsdata for svingninger, vibrasjoner og dempningseffekter til de de miljølaster som samtidig måles over fjorden.

Trafikkmodell

Hvordan endrer større samferdselsprosjekter befolkningens bosettingsmønster, næringsstrukturen og etterspørsel etter transport?
Prosjektet skal utvikle en transportmodell som kan gi pålitelige prognoser for utviklingen i transportmønsteret ved ferjeavløsningsprosjekter basert på historiske data, registreringer og intervju. Dette integreres i de offisielle verktøy for transportprognoser; Regional Transportmodell, Nasjonal Transportmodell og den Nasjonale Godsmodellen.

Planlegging og vegteknologi

Smart oppvarming av brudekker
Oppvarming av brudekker for å smelte snø og is er effektivt, men har høye driftskostnader og tilfører

ekstra vekt til konstruksjonen. Et nytt konsept hvor varme brukes i kombinasjon med mekanisk fjerning blir utforsket. Ved hjelp av matematisk modellering og lab-/felteksperimenter skal prosjektet komme fram til designkriterier (W/m2), predikerte driftskostnader og standarden for snøbrøyting.

Bruk av lokale materialer for bygging av veger (kortreist stein)
Framføring av E39 vil generere betydelige overskuddsmengder av stein. Med mer avanserte metoder for testing og modellering av forskjellige typer anvendelse kan vi få en mye mer økonomisk og miljømessig fordelaktig bruk av materialene i forhold til om vi bruker dagens enkle og rigide system.

Vegutforming for å redusere utslipp og sikre effektiv mobilitet
Målet er å bestemme forholdet mellom parametere for geometriske utforming og kjøreatferd som evnen til å opprettholde konstant fart, for å modellere utslipp og kvantifisere de miljømessige konsekvensene av geometriske vegutforming.

Prosjektledelse

Gjennomføringsstrategier og kontraktsformer
Gjennomføringsstrategi og kontraktsform for prosjekt har virkemidler som er med på å bestemme utvelgelse av leverandører, fordeling av ansvar for usikkerhet, styringsmuligheter og hvordan samarbeidet skal foregå underveis. Noen av virkemidlene åpner for mer innovasjon fra leverandøren enn andre. Målet er å komme med en begrunnet anbefaling av gjennomføringsstrategier og kontraktsformer for Ferjefri E39, basert på nasjonale og internasjonale erfaringer fra store vegprosjekter og relevante olje- og gassprosjekt.

Tunneler

Ferjefri E39 har så langt ikke iverksatt forskningsprosjekter om tunneler sammen med NTNU, men det pågår flere relevante forskningsprosjekter som vil være av interesse også for E39-arbeidet. Forskning på tunneler ivaretas av Tunnel- og betongseksjonen i Vegdirektoratet, og E39-prosjektet delfinansierer noen undersøkelser i Etatsprogrammet Varige Konstruksjoner som vil komme med resultater i 2016.

Naturfare

Vanninduserte flom- og jordskred
Klimaendringer der meteorologiske forhold viser økende intensitet i nedbør og avrenning er en realitet. Forutsigbarhet for slike hendelser, forståelse av mekanismer for skredinitiering, evne til å analysere mekaniske og hydromekaniske aspekter, kraftoverføring fra skred på konstruksjoner og fysiske utløpsforhold ved skred vil bli vurdert i studiene, både i laboratorium og ved teoretiske studier.

Materialer

Dimensjonering i bruksgrensetilstanden og for lang levetid av store armerte betongkonstruksjoner
Betydning av krav til rissvidder og trykkavlastning for bestandighet av armerte betong-konstruksjoner.
Store armerte betongkonstruksjoner forventes å bli en sentral del av E39-prosjektet. Kravene til maksimal rissvidde i bruksgrensetilstanden er avgjørende for armeringsmengden i store betongtverrsnitt. De økonomiske konsekvensene er store, og det kan stilles spørsmål til gyldigheten av dagens beregningsmetode. Prosjektet vil gi et bedre grunnlag for bestemmelse av rissviddekrav for ulike typer konstruksjonselementer og eksponeringsklasser.

Evaluering og forbedring av metoder for rissviddeberegning.
I sammenheng med prosjektet ovenfor skal denne studien evaluere og forbedre beregningsmetoden og dimensjoneringsgrunnlaget for store armerte betongkonstruksjoner med hensyn til korrosjonskontroll og bruksgrensetilstanden.

Levetidsanalyser

Livssyklusanalyser og bærekraftig utvikling
Store infrastrukturprosjekter generelt, og særlig veitransport, påvirker det ytre miljøet i stor grad.

Disse påvirkningene er i rask endring med introduksjon av ny teknologi.

- Ferjefri E39 er planlagt gjennomført midt i en periode med rask endring av teknologi.
- Et godt beslutningsgrunnlag vil sikre en riktig seleksjon av prosjekter, samt at prosjektene gjennomføres på en god måte.

Det er derfor behov for et verktøy som kan beregne de samlede miljøbelastninger fra utbygging av infrastruktur i forskjellige fremtidsscenarier som tar høyde for endringer både i teknologi og klima.

10.2. Chalmers tekniska høgskola, Gøteborg

FoU-programmet med Chalmers tekniske høgskole i Gøteborg for perioden 2014-2020 inneholder 14 forsknings- og studieprosjekter. Nedenfor gjengis korte sammendrag av de oppdragene som allerede er igangsatt. I vedlegg 3 gjengis omtaler for planlagte prosjekter som ikke er påbegynt ennå.

Laser welded sandwich steel elements
Innovative ultra-light bridge deck concepts for long span bridges. This research project aims at developing new and novel structural concept which incorporates steel sandwich elements as an alternative for conventional orthotropic bridge decks typically used in the design and construction of ultra-long span bridges and movable bridges. Focus is on maximizing the stiffness-to-weight ratio in these bridge elements so as to allow for ultra-long bridges beyond what is considered feasible today. That is expected to bring substantial advantages in bridge designs similar to what is planned in the Ferjefri E39 project. A successful implementation of these new concepts is expected to have considerable impact on the design of long-span cable-supported bridges as a whole, including foundations, pylons and – more important – the cables supporting the bridge superstructure.

Infrastructure performance viewer (in co-operation with NTNU)
This project is related to the new infrastructures going to be built for the ferry-free E39 but offers at the same time the opportunity to be used for assessing the environmental and economic performance of rehabilitation and maintenance activities related to already existing infrastructures, such as roads, bridges and tunnels.

The project aims

1. to develop a tool to visualise the LCA and LCCA performance of roads and
2. to conduct a feasibility study related to other types of infrastructures, such as bridges and tunnels over the entire life cycle in an early design stage as well as in the phase of usage.

Assessing the sustainability around the E39 infrastructure corridor
The project will perform a sustainability assessment of the wider implications of the E39-project along the road corridor, taking local, regional and national aspects into consideration. The assessment aims for a more sustainable state regarding social, economic and environmental aspects and involves stakeholders to learn about issues of concern, uncertainties involved and ways to make trade-offs. The project involves Norwegian (UiB) and Swedish researchers and NPRA staff, and will run for an initial period of 3 year (with an option for prolongation).

Corrosion free reinforced concrete for the E39 infrastructures
Owing to the coast lines and the used of de-icing salt on the road in the winter, the E39 infrastructures will be exposed to severe chloride environment. Chloride-induced corrosion of steel in reinforced concrete structures is by far a worldwide problem related to the service life of infrastructures. From both Norwegian 10 years' and Swedish 20 years' field exposure data it is known that the conventional way of lowering down water-binder ratio may not sufficient for assuring 100 years' service life. This project intend to develop a novel covercrete and to complement the conventional durability design so as to assure desired service life of the E39 infrastructures without corrosion problems.

Safe and ice-free bridges using renewable thermal energy sources
Roads and bridges exposed to the climate in northern Europe needs de-icing by salt in the winter. An alternative potentially ecologically preferable to traditional de-icing is to heat the road with renewable energy. Heating of critically exposed sections of slopes could substantially increase accessibility of the road during winter time. The aim of this project is to explore a concept for ice-free roads and bridges by using renewable energy such as ground heat, sea water and solar panels. Furthermore, the project will investigate the possibility of establishing a thermal storage close to infrastructure as is needed for some of the energy sources. The developed concept will be validated in a demonstration site.

Constructed stormwater management systems extended to provide biodiversity-neutral roads
Constructed stormwater management systems (CSMSs) have the potential to promote aquatic biodiversity and provide new opportunities during and after road construction. Previously, CSMSs have been primarily designed and constructed for the removal of particles and particle associated pollutants, as well as peak flow reduction. The aim of this project is to develop a solution for the biodiversity-neutral construction of roads. In this project, we will develop a model to simulate the influence of environmental factors on the aquatic biodiversity in CSMSs. The developed model will be used to design biodiversity-promoting CSMSs along the E39 highway and for Norwegian roads in general.

The role of microbiological biofilm communities for degradation of sprayed concrete in subsea tunnels
Sprayed concrete is used for rock support in road tunnels. In Norwegian subsea tunnels, a novel deterioration process has recently been discovered resulting in degradation of the concrete and corrosion of the steel fibers, used for reinforcement. Microbial biofilms with putative iron- and manganese oxidizing bacteria have been observed and are suspected to be involved in the degradation process. In order to elucidate the role of these suspects, as well as other yet unobserved microorganisms for the degradation processes in the tunnels, thorough biofilm microbiological and chemical studies are necessary. Microbial communities and their activities involved in degradation (corrosion) of manmade materials are however complex and require molecular methods in order to avoid oversimplifications. In this research plan, we propose studies of spatial and successional patterns, using a suite of molecular methods for assessment of composition, diversity, stratification and activity of microbial communities in relation to the associated degradation of concrete and fibers.

The E39 as a renewable European electricity hub
The aim of this project is to provide a comprehensive assessment on how renewable energy (RES) technologies, such as wind power and energy storage technologies, can be integrated in the E39 infrastructure (bridges and roads) with respect to capacity (MW), energy (TWh), under different scenarios. The cost and possible revenues for such an E39-RES system will also be assessed under different assumptions. The work will provide a technology assessment of different RES electricity-generation and energy-storage technologies, as well as investigating their role in the European electricity system. The E39 as an isolated self-sufficient energy hub will be compared with E39 as an energy hub integrated in the north European energy system. This will be analyzed under different scenarios with respect to development of policy measures (EU-ETS and the Swedish-Norwegian

electricity-certificate market) and investments in other technologies including cross border transmission capacity. The results will be presented in 4 to 5 peer reviewed papers, including a licentiate and a PhD thesis. In addition, the aim is to execute some 3 MSc thesis works in connection to the project.

Graphene enhanced cementitious materials in the E39 infrastructures
Cement-based concrete is the most widely used building and construction material, but its intrinsic weak tensile strength greatly limits its application without steel reinforcement. Chloride-induced corrosion of steel in reinforced concrete structures is by far a worldwide problem related to the service life of infrastructures. This project intend to develop low-cost graphene for enhancement of cementitious material at the nano-scale so as to dramatically increase the tensile strength of cementitious materials and reduce the use of steel reinforcement.

Graphene feasibility and foresight study for road infrastructure (completed) [14]
The purpose of the feasibility and foresight study has been to outline the principal routes for developing the necessary graphene knowledge base, with the final aim to provide insights on how graphene can be utilized to its full and appropriate extent across the repertoire of infrastructures that Statens vegvesen deploys. Based on current status of knowledge about graphene, the study recommends that further investigations are concentrated around five areas:

1. Graphene coating for oxidation barrier and/or corrosion protection.
2. Graphene reinforced composites as construction material.
3. Graphene reinforced asphalt and concrete with emphasis on enhanced heat transport capability.
4. Graphene enhanced phase change materials.
5. Gas sensors for O2, CO, NOx, and other gases.

Induced urban and regional spatial development from a ferry-free E39 (in co-operation with NTNU)
The main reason for an investment in a "ferry-free E39" is regional and urban development. Today´s models and tools for cost/benefit analysis don´t account for: Firstly, Induced spatial development – i.e. longer term generation and redistribution of housing, business, commerce, industry and terminals - manifested in new buildings and facilities. Secondly, how resulting land-use shifts in turn lead to induced travel and freight transports – i.e. VMT [15]

This research project proposal addresses this problem in three ways:

1. A longer-run GIS model traces how major road investments between, around and trough Norwegian cities have induced new buildings (industry, offices, homes etc.) and what kind of activities – branches - that take place in those buildings over a multi-year time horizon.
2. Comparisons with impacts from similar projects like Öresundsbron.
3. A Markov chain stochastic model that replicates the historic development process and forecast future induced spatial development in a random process usually characterized as "memory-less": the next state depends only on the current state and not on the sequence of events that preceded it.

Graphene reinforced composite for asphalt pavements

Saving Weight by Using Steel Sandwich Bridge Decks
50% Financing of a postgraduate student

---

[14] The study report may be downloaded from http://www.vegvesen.no/_attachment/806033/binary/1019516?fast_title=Graphene+feasibility+and+foresight+study+for+transport+infrastructures%2C+Chalmers+2014.pdf

[15] Vehicle miles of travel

10.3. Universitetet i Stavanger (UiS)

Prosjekt om vindinduserte svingninger av lange bruer

- New PhD positions
  - System identification in bridge engineering
  - Wind induced vibrations of bridge cables and their suppression
- Adjunct Professor position in wind engineering
- Ongoing PhD studies
  - Improved numerical modelling of wind-induced response of long-span bridges
  - Understanding and mitigating bridge cable vibrations
- Full scale measurements and related activities
  - Remote sensing of turbulence characteristics in complex terrain
  - Enhanced acceleration measurement
  - GPS based monitoring
  - Monitoring by high-speed camera
  - Numerical study of flow in complex terrain

11. Kritiske forhold for gjennomføring

Omfanget på det samlede prosjekt er med sine 312 milliarder norske kroner meget stort, og ikke minst når ambisjoner å gjennomføre det over en periode på 20 år. Gjennomføringstidene for store prosjekter varierer sterkt, og de fleste har hatt gjennomføringsperioder på godt over 10 år. Noen går det langt fortere med. Vi tror at et typisk minimum for store enkeltprosjekter kan dreie seg om rundt 10 år fra start av planlegging til gjennomført utbygging. Hovedutfordringene knytter seg til planleggingsfasen, mens selve utbyggingsfasen kan gjøres relativt kort. Særlig vil gjennomføringstiden for flytende konstruksjoner kunne kortes ned da marine installasjonsoperasjoner av ferdige moduler vil være relativt kort. Selv om det er sterke ambisjoner både politisk og i forvaltningen om å redusere planleggingstiden sterkt, er det vanskelig å si hvor fort en slik reduksjon vil komme.

Med alle de prosjektene en oppgradert og ferjefri E39 vil omfatte, betyr det et behov for parallellitet i en gjennomføringsperiode. Selv om det viktigste framdriftsfremmende tiltaket vil være forutsigbarhet i finansieringen, kan kapasitetsutfordringer oppstå flere steder i verdikjeden for prosjektene. Det er først og fremst forvaltnings- og byggherresiden vi vurderer som mest kritisk. Det vil gi seg utslag i hvor langt Statens vegvesen som byggherre skal føre planene, og hvilken kontraheringsmåte og kontraktstype som velges.

Planleggingen vil uansett være det kritiske ledd, og derfor bør planarbeidet med de ulike strekninger, igangsettes så fort som mulig. Ingen vet på forhånd hvilke vanskeligheter som i praksis kan oppstå under planfasen, men spesielle utfordringer med flora, fauna, fornminner eller andre konflikter som oppstår, kan bety store forsinkelser. Det er ikke mulig å igangsette planlegging på alt samtidig, så en viss innfasing er naturlig. Dette betyr at når et prosjekt vil framstå som byggeklart ikke bare vil være avhengig av når planlegging igangsettes. For å kunne klare alt på 20 år betyr dette igjen at prosjekter bør gjennomføres så snart de er «gryteklare» for å kunne fordele belastningen på både byggherre og entreprenørsiden så godt som mulig i løpet av perioden.

Det andre som haster mye er forsknings- og utviklingsprogrammet, og det er allerede kommet godt i gang. Det er et omfattende program, og det er viktig å få resultatene for de ulike fagområdene såpass tidlig at kunnskap og byggemetoder kan utnyttes i det som i praksis skal bygges. Her kan nye materialer og byggemetoder bety store forskjeller på både byggetid, livssyklusegenskaper, og kostnader. Det vil derfor være lønnsomt å holde høy aktivitet i dette programmet. Igangsetting av flere ting under programmet er kommet godt i gang, men både midler og kapasitet vil snart bli begrensende faktorer.

Vedlegg 1

Nasjonal transportplan (2014-23) og Ferjefri E39

Side	
14 E39 ferjefri i løpet av 20 års-periode	Regjeringen har som ambisjon å binde Vestlandet sammen gjennom en opprustet og ferjefri E39 og legger i denne meldingen opp til oppstart av en rekke prosjekt langs E39 og til planlegging av andre. Samlet satsing på E39 i denne Nasjonal transportplan er om lag 42 mrd.kr, av dette utgjør bompenger 20 mrd. kr. Det statlige bidraget er 22 mrd.kr. Regjeringen legger i utgangspunktet til grunn at videre planlegging skal ta sikte på ferdigstilling i løpet av en tjueårsperiode. Regjeringen vil ved senere rulleringer av Nasjonal transportplan komme tilbake til hvordan ambisjonen skal følges videre opp.
21/22 Finansiering/ organisering særskilt prioriterte prosjekt	Regjeringen vil etablere en ny ordning for særskilt prioriterte prosjekt. Ordningen vil i større grad sikre at det er framdriften i prosjektene som bestemmer bevilgningen til de prioriterte prosjektene. Det kan inngås kontrakter utover budsjettåret opptil kostnadsrammen for de prosjekt som legges fram for Stortinget. Disse prosjektene skal ledes av en egen prosjektorganisasjon i vedkommende transportetat. Videre om årlige beløp. I tillegg vil prosjekt på øvrig InterCity-strekninger, konkrete prosjekt på E39, samt E19/rv 85 Tjeldsund – Gullesfjord – Langvassbukt og elektrifisering av Trønderbanen vurderes som prioriterte prosjekt.
22 Samordnings-strekninger	Om samordningsstrekninger med tiltak innenfor ulike programområder og vedlikeholdstiltak. I noen tilfeller kan det også ligge til rette for at samordningsstrekningene sammenfaller med store prosjekt som er prioritert i planperioden.
22/23 Effektivisering	Samferdselsdepartementet legger opp til at det etableres et eget program for effektiviseringsarbeidet i Statens vegvesen og Jernbaneverket i planperioden. Programmet skal omfatte følgende hovedområder: Anleggsmarkedet, byggherrefunksjon, planlegging, trafikant- og kjøretøytjenester, forvaltning av riks- og fylkesveger og administrasjon og interne støtteprosesser... I programmet skal det redegjøres for konkrete tiltak og forventede gevinster.
23 Halvering av planlegging-tiden	Regjeringen har som mål å halvere planleggingstiden for store samferdselsprosjekt. For å få til dette: -Skal statlige myndigheter praktisere en tydelig og tidlig medvirkning i plansaker – Skal det utarbeides veiledende frister for utarbeiding av planer og behandling av samferdselsprosjekt – Kan behandlingen av konseptvalgutredningen (KVU) og kvalitetssikringsrapporten (KS1) i større grad avklare hovedlinjer i trasè /korridorvalg og utbyggingsstandard, for å forenkle planleggingen etter plan- og bygningsloven. I tillegg kan det være aktuelt å samordne behandlingen av KVU /KS1 og planprogram i større grad – Vil statlig plan brukes mer aktivt i samferdselssaker.
24 Hovedsatsing E39	Hovedsatsingen på E39 i de kommende ti årene er på strekninger mellom fjordkryssingene. Ferjeavløsningsprosjektet for kryssing av Boknafjorden, Rogfast, bygges. Mellom Kristiansand og Stavanger vil det komme et kraftig løft for trafikksikkerhet og framkommelighet ved at det settes i gang tiltak på den viktige strekningen Kristiansand – Lyngdal. Strekningen Ålgård – Sandved bygges ut. Dette vil gi sammenhengende firefelts veg fra Ålgård til Bokn. Viktige strekninger mellom Stavanger og Bergensregionen bygges ut. Eksempler er Svegatjørn – Rådal og Nyborg – Klauvaneset. Det gjennomføres utbedringer på E39 i Sogn og Fjordane på strekningene Drægebø – Grytås, Birkeland – Sande og Bjørset – Skei, samt på strekningen Kjøs bru – Grodås. På aksen Ålesund – Molde – Kristiansund vil arbeidene på strekningen Lønset – Hjelset ferdigstilles. Det gjøres også store arbeider på strekninga Betna – Vinjeøra – Stormyra nord for Kristiansund, samt ferdigstilling av prosjektet Høgkjølen – Harangen.
26 Ikke korridor-fordelte midler 4940 (første fire år), 18230 (tiårs-perioden), 18690 (annen finansiering)	Rute 4: Stavanger – Bergen – Ålesund – Trondheim

34 KVU /KS1 grl for beslutning om videre planlegging	Det er gjennomført en rekke konseptvalgutredninger (KVU-er) med tilhørende ekstern kvalitetssikring (KS1) for de prosjektene med kostnadsanslag over 750 mill.kr og hvor det er konseptuelle valg. Dette gir grunnlag for regjeringens beslutning om videre planlegging av de ulike prosjektene.
34 Redusere avstands-kostnader	For å redusere avstandskostnader og styrke regional utvikling foreslår etatene videre utbygging av transportnettet mellom regioner og byer og reduksjon av flaskehalser. ..og på side 35: På riksvegnettet er utbygging og utbedring av de viktigste vegene for næringslivet (E6, E18, E16, E39) prioritert, noe som vil redusere og bedre sikkerheten.
34 Kortere planl.-prosesser	Etatene mener det er behov for å bedre planleggingen og gjennomføringen av prosjekt. Det arbeides med å gjøre planprosessene både raskere og mer effektive. Etatene peker også på at det er nødvendig å sette av tilstrekkelig ressurser til planlegging for å kunne gjennomføre investeringstiltakene
52 FoU, spiss-kompetanse	Det står en del om kunnskapsbehov – forskning og utvikling, mellom anna: Transportmodeller og samfunnsøkonomisk mernytte er eksempler på fagområder hvor det er behov for ytterligere forbedringer, slik at alle transportformene kan ivaretas på en god måte. Videre: Et betydelig forsknings- og utviklingsarbeid vil naturlig skje i transportetatene og Avinor. Det er viktig at samarbeidet om en tverretatlig forskningsstrategi bidrar til bedre koordinering og mer effektiv ressursutnyttelse. Samtidig er det nødvendig å sørge for at gode eksterne kompetansemiljø bygges opp. Dette krever at transportetatene stiller krav til institusjoner som skal utføre oppgavene og bestiller faglig utviklende FoU-aktiviteter.
53 Regjeringen vil:	Regjeringen vil: ..... Utvikle et transportsystem som binder sammen regioner og landsdeler, bidrar til robuste bo- og arbeidsmarkedsregioner, gir god framkommelighet og bidrar til effektiv næringstransport gjennom gode koplinger til godsknutepunkt av nasjonal betydning.
56/57 Ferjefri E39	Regjeringen har som ambisjon å binde Vestlandet sammen gjennom en opprustet og ferjefri E39, og legger derfor i denne transportplanen opp til oppstart av en rekke prosjekt langs E39, og til planlegging av andre. ... Omtale av strekninga og Vestlandet .... I Statens vegvesens stamnettutredning fra 2011 er det skissert en utviklingsstrategi med firefeltsveg fra Kristiansand til Vigeland vest for Mandal og på de mest trafikkerte strekningene rundt de største byene. På øvrige strekninger legges det opp til tofeltsveg eller tofeltsveg med midtrekkverk og forbikjøringsfelt der trafikkmengden tilsier dette. ... Videre om fjordene ... Arbeidet med å gjøre E39 ferjefri starter med bygging av Rogfast. Eventuell rekkefølge og trasèvalg for de andre fjordkryssingene er ikke avgjort. .... Videre om det vi har gjort i utredningsprosjektet Ferjefri E39 ... For å realisere bruer med ekstremt lange spennvidder og flytebruer på lange og værutsatte strekninger, er det nødvendig med en betydelig og målrettet forsknings- og utviklingsinnsats som grunnlag for videre teknologiutvikling. Videre må det utvikles et regelverk som grunnlag for utføring av forprosjekt og detaljprosjektering av slike bruer. Et slikt regelverk må omfatte dimensjoneringskriterier, lastforskrifter, prosjekteringsregler, sikkerhetsforskrifter m.m. Dette arbeidet kan pågå parallelt med videre planlegging. ...Om KVU/KS1. Etter at regjeringen har vedtatt konseptvalg kan planlegging etter plan- og bygningsloven begynne.
58 Region-forstørring og TS	Regjeringen vil bidra til at transportkorridorer utvikles for å oppnå regionforstørring. For eksempel kan videreutvikling av E39 føre til regionforstørring mellom byene på Mørekysten. Et sikkert vegnett vil redusere antallet alvorlige trafikkulykker .... Det er derfor nødvendig å tilrettelegge for lange sammenhengende vegstrekninger med møtefri veg på de mest trafikkerte delene av vegnettet.
58 E39 i tiårs-perioden	Hovedsatsingen på E39 i de kommende ti årene er på strekninger mellom fjordkryssingene. Ferjeavløsningsprosjektet for kryssing av Boknafjorden, Rogfast, bygges. Mellom Kristiansand og Stavanger vil det komme et kraftig løft for trafikksikkerhet og framkommelighet ved at det settes i gang tiltak på den viktige strekningen Kristiansand – Lyngdal. Strekningen Ålgård – Sandved bygges ut. Dette vil gi en sammenhengende firefelts veg fra Ålgård til Bokn. Viktige strekninger mellom Stavanger og Bergensregionen bygges ut. Eksempler er Svegatjørn – Rådal og Nyborg – Klauvaneset. Det gjennomføres utbedringer på E39 i Sogn og Fjordane på strekningene Drægebø – Grytås, Birkeland – Sande og Bjørset – Skei, samt på strekningen Kjøs bru – Grodås. På aksen Ålesund – Molde – Kristiansund vil arbeidene på strekningen Lønset – Hjelset ferdigstilles. Det gjøres også store arbeider på strekningen Betna – Vinjeøra – Stormyra nord for Kristiansund, samt ferdigstilling av prosjektet Høgkjølen – Harangen.

84 Planer og kompetanse	For å bidra til bedre kapasitet skal transportetatene arbeide for kontraktstrategier som samling av tiltak, samlet planlegging, utbygging av lengre strekninger samt økt bruk av totalentrepriser i prosjekter der dette egner seg. Innenfor fagområder med knapphet på kompetanse og kapasitet, vil staten ta ansvar for utvikling av samlet kompetanse.
85 Regjeringen vil	Regjeringen vil: - Sikre rasjonell gjennomføring og sammenhengende utbygging. – Legge til rette for forutsigbar finansiering gjennom egne vedtak. – Sørge for god gjennomføring ved prosjektorganisering og fastsatt sluttdato for spesielt prioriterte prosjekt. – Redusere planleggingstiden betydelig for store infrastrukturprosjekt. .....
86 Særskilt prioriterte prosjekt	Et «prioritert prosjekt» kan bestå av flere enkeltstrekninger /parseller, og for slike prosjekt skal følgende legges til grunn: a) Prosjektet skal ledes av en særskilt prosjektorganisasjon i vedkommende etat. b) For å styrke kostnadskontrollen i planleggingsfasen, kan departementet fastsette en foreløpig planramme på grunnlag av anslag gjort i KVU /KS1. Vesentlige endringer i kostnadsanslagene sammenliknet med planrammen må forelegges departementet. c) Statlig reguleringsplan skal vurderes for prosjektet. Dersom det besluttes statlig reguleringsplan skal det i hvert enkelt tilfelle vurderes om den statlige reguleringen skal legges til Samferdselsdepartementet. d) Prosjekt med en kostnadsramme på over 750 mill. kr skal ha kvalitetssikret kostnadsramme (KS2) når det legges fram for Stortinget. Når Stortinget vedtar igangsetting av prosjektet, vedtas samtidig en særskilt prosjektfinansiering. Prosjektfinansieringen består av følgende elementer: *egen bevilgning, eget vedtak i S (romertall), ... rasjonell framdrift. e).* I det enkelte års budsjett skal det årlige beløpet som er nødvendig for å holde rasjonell framdrift innarbeides, ... f) Prosjektet gis fullmakt til å inngå bindende kontrakter basert på den vedtatt kostnadsramme.
87 Samordningsstrekninger	Samordning av ulike tiltak langs en lengre strekning blir også kalt «samordnings-strekninger». ..... I noen tilfeller vil også samordningsstrekninger sammenfalle med store prosjekt som er prioriterte i planperioden.
88 Effektivisering av plan-prosessen	Stikkord for prosessene som har tatt kortest tid er: god prosjektledelse, god informasjon og dialog mellom aktører, forpliktende samarbeid for å holde framdriften og få interessemotsetninger. Bruk av tid på å avklare interessekonflikter tidligst mulig er derfor viktig. Det kan også redusere tidsbruken i reguleringsplanfasen. Planprogram kan benyttes til å begrense antall alternativer som skal utredes i planleggingen etter PBL. Videre kan både planprogrammet og eventuelt konsekvensutredningen brukes til å ta stilling til hvilke alternativer som skal behandles i reguleringsplanarbeidet uten at man må gå veien om kommunedelplan først.
89/91 Forslag til tiltak på kort sikt	Effektiviseringstiltak som kan iverksettes raskt: - Hvordan PBL kan brukes mer aktivt til samordning og tidlig involvering i planarbeidet, særlig av statlige interesser. – Hvordan det kan gis tydelige mål og inngås avtaler for samlet tidsbruk for en planleggingsprosess, eller for enkelte faser i prosessen. – Hvordan KVU /KS1 kan gi føringer for planlegging etter PBL og samordnes bedre med denne. – Når statlig plan eller statlig planprogram for store samferdselsprosjekt bør brukes. Statlig plan skal vurderes for særskilte prioriterte prosjekt.
113 Midler til planlegging/ grunnerverv	Planoppgavene i Statens vegvesen omfatter bl.a. overordnet utredning, utarbeiding av konkrete planer og uttalelser til andres planer. Årlig gjennomsnittlig rammenivå på nær 1 100 mill.kr til planlegging og grunnerverv. 490 mill.kr høyere enn i 2013.
126 E39 binder Vestlandet sammen Påvirker geografien	Regjeringen vil bidra til regional utvikling gjennom: ... En kraftig opprusting av E39 med ambisjon om en ferjefri forbindelse som binder Vestlandet sammen (s.123). Regjeringen har som ambisjon å binde Vestlandet sammen gjennom en opprustet og ferjefri E39. Utbyggingen av hele E39, fra Kristiansand til Trondheim, kan gjennomføres i løpet av 20 år dersom den gjøres samlet. Med en investering på 150 mrd.kr vil dagens trafikanter langs E39 få redusert reisetiden med rundt sju-åtte timer på hele strekningen. Innsparingene i reisetid lokalt er betydningsfulle, og de regionale virkningene av en E39-utbygging vil være svært gode. Et slikt løft vil være av stor betydning for utvikling av robuste bo- og arbeidsregioner. Mellom Stavanger og Bergen finner vi den største bo- og arbeidsregionen utenom Oslo-området. *Fyldig omtale av tiltak E39, mye det samme som på side 58.* Møre og Romsdal er et område som også TØI trekker fram med potensial for regionforstørring...
243 Korridor 4 Tabell s 246, Kart s 248	Utbygging av korridor 4 mellom Stavanger, Bergen, Ålesund og Trondheim, sammen med strekningen Kristiansand – Stavanger, er et hovedsatsingsområde for regjeringen, jf. ambisjonen om å binde Vestlandet sammen gjennom en opprustet og ferjefri E39. I korridoren går investeringene i hovedsak til utbygging av ulike strekninger på E39, og med reisetidsforbedringene en her vil oppnå legges det til rette for å redusere avstandskostnadene for næringslivet og for utvikling av bo- og arbeidsmarkedsregioner i denne landsdelen.

279-28 Korridor 4 KVU /KS1 på E39	Omtale av korridorens rolle og betydning i transportsystemet, transportvolum og transportmiddelfordeling, flaskehalser og utfordringer i korridoren, gjennomførte KVU/KS1 i korridoren, hovedprioriteringer og virkninger, riksveginvesteringer i korridoren og nærmere omtale av Rogfast, Svegatjørn – Rådal, Sotrasambandet, Ålesund – Trondheim og Betna – Vinjeøra – Stormyra. For KVU-ene vil departementet legge opp til videre planlegging når valg av konsept er avklart.
281 Hoved-prioriteringer	Regjeringens hovedprioriteringer i korridoren omhandler i hovedsak utbygging av E39 langs kysten, og konkrete prosjekt på E39 vurderes som kandidater til den nye ordningen med Prioriterte prosjekt, deriblant Boknafjorden (Rogfast). Videre er prioriteringene i korridoren knyttet til framkommelighets- og miljøproblemer på innfartsvegen til Bergen. Med disse investeringene vil en bl.a. oppnå en total reisetidsreduksjon i korridoren på om lag 55 minutter. Prioriteringene innebærer ferdigstillelse av om lag 206 km veg, 49 km midtrekkverk og 94 km veg som får gul midtlinje. I tillegg vil vi oppnå en reduksjon i antall drepte og hardt skadde i vegtrafikkulykker på om lag 6 personer.

Vedlegg 2

Sammendrag av forskningsprosjekter ved NTNU som pr. utgangen av 2014 ikke er igangsatt

Mer utfyllende informasjon om det enkelte prosjekt finnes i dokumentet kalt «Research proposals - Ferry free E-39», og nummereringen kommer derfra.

1 Fjordkryssinger

1.1 Numerisk simulering av koplede bevegelser for kjøretøy og bru under ekstreme miljølaster

Trafikksikkerhet er en av de grunnleggende faktorer som inngår i designkriterier for brukonstruksjoner og spesielt for lange fleksible henge- og flytebruer. I dette prosjektet skal det etableres numeriske modeller og gjennomføres responsanalyser for kjøretøy-bru systemer for å fremskaffe økt kunnskap om og forståelse av ulykkesrisiko for kjøretøyer under ekstreme værforhold. På dette grunnlag skal en så definer akseptabelt risikonivå for bruk i forhold til dimensjonering og drift av bruene.

1.3 Kritiske last kombinasjoner med fokus på hengebruer/skråstagbruer med flytende tårn

Kritiske sammenbruddstilstander skal vurderes for hengebruer/skråstagbruer med flytende tårn. Det etableres prosedyrer for identifisering av kritiske lastkombinasjoner for bruddgrensetilstand, progressivt sammenbrudd og grensetilstand for mulig utmatting. Dette baseres på aktuelle miljødata og tilhørende lasteffekter for konstruksjonene. Prosedyrene skal anvendes på eksempeltilfeller med fokus på hengebruer/skråstagbruer med flytende tårn.

1.4 Kombinert fluid struktur interaksjon (FSI) og vindtunnelstudie av brutversnitt for lange hengebruer

Det har blitt gjort store fremskritt i utviklingen av beregningsverktøy for interaksjon mellom luft/vann og konstruksjon i de siste årene. Det er allikevel ikke vanlig å bruke disse verktøyene i design av brukonstruksjoner fordi teknologien fortsatt er litt umoden. Denne oppgaven dreier seg om å videreutvikle FSI metodikken slik at den i større grad kan benyttes i design av brukonstruksjoner.

1.5 Hydroelastisk stabilitet av rørbruer

Rørbruer utsatt for havstrømmer kan bli ustabile som følge av interaksjon mellom sjø og konstruksjon. Dette er ett fenomen som er godt kjent i forbindelse med slanke brukonstruksjoner og som kan være ett avgjørende designkriterium for rørbruer. Dette prosjektet tar sikte på å etablere en bedre forståelse for hvilke instabilitetsfenomener som er kritiske for rørbruer.

1.7 Risikoevaluering for marine bruer med fokus på skipskollisjon og brann/eksplosjon

Prosjektet skal sammenstille og foreta relativ rangering av fare og risiko for brutypene. Beskrivelse av systemene (hendelses-tre, Bayesiske nettverk) og inkludering av mulige sammenbrudd/skader fra felles årsak. Det fokuseres på to dominante farer relatert til det aktuelle brukonseptet, nemlig brann/eksplosjon i neddykkede flytende tunneler og skipskollisjon for flytebruer. Detaljert risiko-evaluering gjennomføres med representasjon av sårbarhet og robusthet.

1.8 Virvelavløsningssvingninger av hengebruer/ skråstagsbruer

Vindinduserte virvelavløsningssvingninger inntreffer ved lave vindhastigheter og kan derfor gi

svingninger som reduserer trafikksikkerheten flere ganger i året. Internasjonalt finnes det nylige eksempler på brukonstruksjoner som har for store svingninger, noe som illustrerer at en ikke har full kontroll på dette fenomenet. Dette prosjektet tar sikte på å videreutvikle beregningsmodellene som benyttes til å modellere virvelavløsningssvingninger.

1.10 Pålitelighetsanalyse av marine bruer inkludert system- effekter
Det etableres en validert prosedyre for effektiv pålitelighetsanalyse for bruene. Eksempelberegninger gjennomføres for spesifiserte konsepter og relevante designparametere. Det inngår vurderinger av redundans og robusthet for skadetolerante konstruksjoner. Prosjektet vil også demonstrere betydningen tilgang på målte data.

1.11 Forankring av fjordkryssinger langs E39
En vil evaluere teknologi brukt offshore med hensyn til mulig bruk ved fjordkryssinger. Alternative løsninger kan være bruk av fjellbolter, peler eller steinfyllinger for gravitasjonsankere. Forankringstypen vil avhenge av sediment-type, helning av sjøbunnen og lastkarakteristikk. Basert på de spesifikke fjordkryssingene vil det bli gitt anbefalinger om de mest lovende forankringskonseptene. Det vil bli utviklet prototyper for testing av installasjons-metoder og kapasitet. Feltforsøk vil bli utført for å verifisere beregningsmetoder for kapasitet og metode for installasjon.

1.14 Avansert Numerisk Modellering av Flytende Strukturer
Fokuset er på flytende konstruksjoner som skal brukes for forankring av flytende bruer og tunneler. Disse konstruksjonene har interaksjon med bølger og strømning i tillegg til bevegelsen av hele strukturen. Prosjektideen er å bruke den tredimensjonale numeriske modellen REEF3D for å beregne bølge- og strømningskrefter på flytende konstruksjoner og resulterende strukturbevegelse, som gir mye innsikt i fysikken av interaksjon mellom struktur og vann.

2 Trafikk

2.2 Trafikkmodellering og vegutforming

Den nye E39 vil ha strekninger med ulik vegutforming og standard. En ny trafikkmodell vil bli utviklet for å analysere denne vegtypen og optimalisere trafikkavvikling, trafikksikkerhet, vegutforming og miljøforhold. For å unngå ulykker og andre negative konsekvenser, er det viktig å identifisere problemer på et tidlig stadium. En realistisk trafikkmodell vil være et godt hjelpemiddel for å finne de beste løsningene i en tidlig fase.

2.3 Vekt av kjøretøy i bevegelse
Tradisjonelt har vi brukt lengdeklassifisering av kjøretøy for å estimere andel tungtrafikk. En ny trafikkmodell og system for datainnsamling vil bli videre utviklet basert på virkelig vekt av kjøretøy og akselkombinasjoner. Dette vil bli brukt til å optimalisere vegutforming, vegslitasje, vedlikehold, trafikkavvikling, trafikksikkerhet og miljøforhold.

2.4 Strekningsdata og reisetid
Trafikkdata har tradisjonelt blitt innsamlet i punkter langs vegen. Men de mest interessante og nyttige data er knyttet til vegstrekninger. Vi har i de siste årene fått en del erfaring med strekningsdata, men det er et stort behov for videre forskning med hensyn til datainnsamling, analyse og bruk av slike data for å optimalisere trafikkavvikling, trafikkinformasjon, transportmodellering, vegutforming og effektiv bruk av vegnettet.

2.5 Ferjefri E39 med automatisk trafikkovervåking/styring, trafikksikkerhet og ruteplan-legging ved bruk av satellittdata
Satellittdata brukes stadig mer innen vei og transport for trafikkovervåking, trafikksikkerhet og

planlegging. Tre forskjellige satellittsystemer (radarsatellitter, GNSS (GPS) og fjernmåling satellitter) vil bli brukt. Styrken til satellittmålinger er at de gir hyppige dataopptak over store områder. Det endelige målet er å oppnå en optimal bruk av vegnettet. Ideen er en framtidsrettet ferjefri E39 med et trafikksystem som er enklere, raskere og sikrere.

3 Planlegging og vegteknologi

3.2 Bruk av georadar for kvalitetskontroll

En georadar kan brukes til å kontrollere lagtykkelser og homogenitet av de ulike lagene i vegkonstruksjonen. Når vi har utviklet systemene rundt bruken av georadar vil vi ha et nyttig verktøy for kontroll av vegkonstruksjonen i etterkant. Dette vil ha en oppdragende effekt på entreprenører og vil gi økt kvalitet og lengre levetid for konstruksjonene.

3.4 Frostsikring

Telehiv av veger er fortsatt et betydelig problem selv på helt nye veger. Målsetningen er å komme fram til mer fornuftige dimensjonering av frostsikring enn enkle system som bare foreskriver en gitt tykkelse av stein (eller bruk av isolasjonsmaterialer).
I 2015 er prosjektet blitt støttet av NFR, og 2 PhDer er utlyst, og forventes startet i september 2015.

3.6 Virkelighetstro visualisering av aktuelle løsninger for E39

Målet med prosjektet er å utvikle metoder og applikasjoner der geografisk informasjon fra "Norge digital" er visualisert sammen med 3D modeller av alternative løsninger for E39 ved hjelp av billig og lett tilgjengelig VR-utstyr. Dette muliggjør naturtro visualiseringer i planleggingsprosessen og vil kunne hjelpe til å skaffe bred tilslutning til prosjektet blant ulike berørte parter.

4 Prosjektledelse

4.1 Helse, Miljø og Sikkerhet (HMS) – Viktigheten for og læring fra E39-prosjektet

Innen temaet HMS er det interessant å studere hvordan en kan prosjektere og gjennomføre aktivitetene i prosjektet på en sikker måte uten ulykker. For å forbedre ytelsen på HMS bør det fokuseres på systemer, kompetanse og holdninger i alle kjeder av industrien. Målet er å identifisere faktorer som kan sette en høyere standard for HMS-arbeid i anleggsnæringen.
I 2015 er dette prosjektet gått i en dialog med Byggherre-seksjonen i Vegdirektoratet om videreføring.

4.2 Speed – up – Hvordan sikre raskere prosjekt-prosesser

Offentlige prosjekter er generelt langvarige prosjekter med spesielt lange planleggingsprosesser og lang prosjektgjennomføringstid. Ideen bak forskningsinitiativet Speed-up er å redusere den totale gjennomføringstiden for komplekse bygg- og anleggsprosjekter. Dette forskningsinitiativet ønsker å involvere E39-prosjektet i Speed-up prosjektet. Forskningen kan fokusere på hvordan redusere planleggingstiden og hvordan integrere planlegging og bygging på en mer tidseffektiv måte.
I 2015 er dette prosjektet gått i en dialog med Byggherre-seksjonen i Vegdirektoratet om videreføring.

4.3 Usikkerhetsstyring i infrastrukturprosjekter – konsekvenser for og læring fra E39-prosjektet

Effektiv Usikkerhetsstyring kan ofte føre til økt sjanse for prosjektsuksess. Rutiner og metoder for usikkerhetsstyring er utviklet. Men det er fortsatt gjenstående utfordringer knyttet til usikkerhetsstyring. Forskningen vil spesielt fokusere på implementering av usikkerhetsstyring tidligere i prosjektfasene og hvordan bedre utnytte mulighetssiden.

4.4 Kostnadsutvikling og kostnadsestimering i infrastrukturprosjekter

Det finnes ikke mye forskning som dekker kostnadsutviklingen fra tidlige faser til prosjektavslutning. Men forskning som er gjort viser at kostnadsestimater har en tendens til å øke under prosjektfasene for infrastrukturprosjekter. Forskningen vil fokusere på om og hvordan vi kan unngå denne utviklingen for E39-prosjektet og hvordan vi på en bedre måte kan forutsi et riktig kostnadsnivå tidlig i prosjektet.
I 2015 har NTNU startet en Post Doc på temaet.

5 Tunneler

5.1 Forbedret metodikk for håndtering av store innlekkasjer ved bygging av dype undersjøiske tunneler

Ved bygging av dype, undersjøiske tunneler i Norge (bl.a. Atlanterhavstunnelen) har de største utfordringene vært knyttet til håndtering av svakhetssoner med dårlig stabilitet og samtidig stor innlekkasje med høyt trykk. Effektiv forinjeksjon er det viktigste virkemiddelet for å takle slike forhold, og i dette prosjektet vil hovedmålet være å utarbeide sikrere og bedre metodikk for dette.

5.2 Sikker bruk av TBM (tunnelboremaskin) for bygging av dype undersjøiske tunneler

TBM er benyttet ved lange undersjøiske tunneler internasjonalt (bl.a. Kanaltunnelen og Storebælt), og også i Norge er TBM er vurdert for undersjøiske tunneler (inkl. dype som Rogfast). Fagmiljøet har konkludert med at videre FoU er nødvendig før TBM kan benyttes på sikker måte i tunneler som Rogfast, og i dette prosjektet vil dette bli gjort systematisk på grunnlag av kunnskaper fra fullførte tunneler.

5.3 Identifisering av geologiske forhold i tuneller

Prosjektet tar mål av seg å utvikle metoder slik at man ved hjelp av LIDAR data kan lage bedre 3D modeller for å identifisere geologiske strukturer inne i tuneller. Modellene vil danne utgangspunkt for nye dataverktøy som kan brukes til å lokalisere ustabilitet i de geologiske strukturene, enten helautomatisk eller delvis automatisk hvor andre parametere og ekspertvurderinger er involvert.

6 Naturfare

6.1 Vanninduserte flom- og jordskred

Klimaendringer der de meteorologiske forhold viser økende intensitet i nedbør og avrenning er en realitet. Forutsigbarhet for slike hendelser, forståelse av mekanismer for skredinitiering, evne til å analysere mekaniske og hydromekaniske aspekter, kraftoverføring fra skred på konstruksjoner og fysiske utløpsforhold ved skred vil bli vurdert i studiene, både i laboratorium og ved teoretiske studier.

6.2 Beskyttelse mot steinsprang

Veier tett inntil bratte fjellsider kan sikres mot steinsprang og sørpeskred gjennom å legge veien i tunell eller ved rasoverbygg i betong. Dersom kjøreretningene går i separate tunell-løp er et gunstig økonomisk alternativ en overfylt, fleksibel kulvert av korrugert stål. Dagens løsninger hemmes av for lav kapasitet på støtenergi, noe som bør kunne økes ved å utnytte samvirke med omkring- og overfylte masser. Dette søkes oppnådd gjennom laboratorieforsøk og numeriske simuleringer.

6.3 Deformasjonsanalyse av vei, fjordkrysninger og fyllingsområder på Ferjefri E39 ved bruk av satellittdata

Veier, fjordkryssinger og tunneler kan bli utsatt for deformasjon som kan føre til strukturelle skader. Målet er å overvåke infrastruktur på Ferjefri E39 og identifisere ustabile områder ved bruk av satellittdata. Dette for å støtte planlegging av ny infrastruktur eller rehabiliteringsprosjekter. Styrken til

satellittmålinger er at de gir systematiske og relativt hyppige dataopptak over store områder med høy grad av nøyaktighet.

7 Materialer

7.1. Dimensjonering i bruksgrensetilstanden og for lang levetid av store armerte betong-konstruksjoner

Prosjekt 7.1.2: Svinn, kryp, temperatureffekter og langtidsfasthet i store betongkonstruksjoner. Store armerte betongkonstruksjoner forventes å bli en sentral del av E-39-prosjektet. Kravene til maksimal rissvidde i bruksgrensetilstanden er avgjørende for armeringsmengden i store betongtverrsnitt. De økonomiske konsekvensene er store, og det kan stilles spørsmål til gyldigheten av dagens beregningsmetode. Prosjekt 7.1.2 vil gi bedre materialdata og beregningsmetoder for dimensjonering og planlegging av byggeprosessen ved å ta hensyn til tids- og temperatureffekter ved vurdering av rissutvikling.

8 Levetidsanalyser

Det som var foreslått er Igangsatt.

Vedlegg 3

Korte sammendrag av forskningsprosjekter ved Chalmers tekniske høgskole i Gøteborg som pr. utgangen av 2014 ikke er igangsatt. Nummerering fra forskningsdokumentet er beholdt.

2 Durable concrete structures with fibre reinforcement, Professor Karin Lundgren
The aim of this project is to understand how fibres influence the transport properties and the electrochemical corrosion process in reinforced structures, with respect to chloride induced reinforcement corrosion. The objective is to provide recommendations with respect to durability and input to service life models for ultra-high performance fibre reinforced concrete structures.

3 Future foundations for lightweight and floating structures, Professor Minna Karstunen and Associate professor Jelke Dijkstra
The aim of the project is to investigate the effect of complex (transient and cyclic) loading on the immediate and long-term foundation performance in both soft soils of lightweight structures such as floating tunnels, composite bridges and renewable energy facilities.

4 Hydromechanical response of transition zones in soft soils, Professor Minna Karstunen, Associate professor Jelke Dijkstra and Professor Åsa Fransson
The aim of the project is to investigate the effects of transition zones on the durability of the superstructure such as roads, bridges, fly-overs and tunnels. Particularly the transition from a road founded on a soft soil to a rock or from a soft soil to a stiff structure often leads to potential problems and high maintenance costs. The effect of the generally large changes in hydrogeological and geotechnical properties on the material response from the quasi-static and dynamic loads of the superstructure will be first studied, and improved solutions to alleviate excessive settlements at the transition will be offered.

Vedlegg 4

Internasjonale eksempler på mega-prosjekter

Ved Terje Wolden

USA:
New Ohio River Bridges (Kentucky-Indiana) med tilstøtende veisrekninger og kryss er nå under gjennomføring, forventet ferdig i 2017. Byggekostnad US$2.6 milliarder. Finansiering med en blanding av føderale budsjett-midler, føderale lavrente lån, statlige tilskudd og vanlige obligasjonslån tilbakebetalt med bompenger og ordinære bevilgninger. Gjennomføringsmodellene som er brukt er «design-build» kontrakt for bygging og med en separat drift-vedlikeholdskontrakt (for den delen som staten Kentucky er ansvarlig for). For den delen som staten Indiana gjennomfører er det valgt å bruke en OPS over 35 år med «availability payment» fra Indiana State pluss bompengeinntekter for å betale tilbake bygge- og driftskostnader. Entreprenøren som vant kontrakten i Kentucky er også med i det konsortium som vant OPS kontrakten i Indiana (The Walsh Group).

Intercounty Connector, Maryland (MD). Dette er en ny veistrekning og et prosjekt med en mer tradisjonell gjennomføring i 4 «design-build» kontrakter. Kostnad US$ 2,4 milliarder. Mesteparten av prosjektet er ferdig og under trafikk. Den siste vegseksjonen ble ferdigstilt våren 2014. Prosjektstyring er ledet av MD State Highway Administration, og drift og vedlikehold med tollinnkreving er det Maryland Transportation Authority (MTA) som har ansvaret for. MTA har også syv andre bomveier under administrasjon i MD.

Virginia's Interstate I-495 og I-95 Expresslanes. Total kostnad omtrent US$ 3 milliarder (2+1). Gjennomføring som OPS og finansiert med en blanding av egenkapital (fra det konsortium som vant kontrakten), VA statlig tilskudd og private+føderale lånemidler. Konsesjonsavtalen er på nesten 80 år og omfatter private drift, tollinnkreving (dynamiske satser avhengig av trafikkforholdene) og vedlikehold, mens Virginia Department of Transportation er eier av de nye anleggene og har kontraktsadministrasjonen. I-495 er en del av Capital Beltway rundt Washington DC.
I-95 Woodrow Wilson Memorial Bridge MD-VA. Kostnad USD2,5 milliarder, ferdigstilt i 2006. Tradisjonell gjennomføring og vedlikehold og ingen innkreving av bompenger. Teknisk krevende (12 felter med egne felter for gjennomgangstrafikk og HOV-bussfelter, samtidig som den kan åpnes slik at større båter kan passere).

Det er mange andre megaprosjekter i vegsektoren i USA, og de aller fleste har mye til felles med prosjektene ovenfor (OPS, bompengefinasiert, lang konsesjonstid og involvering av entreprenør i planlegging og drift-vedlikehold). Flere av konsesjonærene sliter med dårlig trafikkutvikling og lave inntekter som følge av treg økonomisk utvikling siden 2008 og andre forhold. Av 25 ferdigstilte prosjekter de seinere årene var 5 i VA, 2 i MD, 3 i Florida, 3 i Texas, 3 i California, og ellers spredt på flere stater.

Føderal støtte til slike megaprosjekter i veisektoren i USA kommer enten gjennom et Grant Anticipation Revenue Vehicle (GARVEE) program hvor det kan utgis obligasjoner (bonds) for prosjektfinansiering i byggefasen og innløsing av slik gjeld over drifts og vedlikeholdsperioden gjøres da med de føderale vegbudsjettmidlene under GARVEE programmet.

Et annet instrument for føderal finansiering av infrastruktur er TIFIA (Transport Infrastructure

Finance and Innovation Act) som gir direkte lån, lånegarantier og overtrekksordninger (lines of credit) for å finansiere store og komplekse mega-prosjekter av nasjonal og regional betydning over kort tid. Kredittbetingelsene er bedre enn banker normalt gir, med lavere rente og mer fleksibel tilbakebetalings betingelser.

England:
Hovedvegnettet er administrert av The Highway Agency og for deler av dette vegnettet er utbedringer, drift og vedlikehold satt bort til privat sektor gjennom langsiktige OPS avtaler som kalles «design, build, finance, operate» (DBFO) kontrakter under et private finansierings initiativ (PFI). Det er mange slike prosjekter under drift og flere under bygging og planlegging. Det største prosjektet er:

M25 London orbital motorway, London. Dette inkluderer utvidelse og forbedring av en lang seksjon av ringvegen rundt London. Dette er en DBFO konsesjon over 30 år (administrert av The Highways Agency) for et konsortium (Connect Plus) å detaljplanlegge, finansiere, bygge (utvide 106 km med ekstra felter og forbedre bruer og tunneler), og foreta drift og vedlikehold av dette og andre veier på tilsammen 400km over 30 år. Kontrakten er på ca. GBP 6.2 milliarder. I alt 16 kommersielle banker og European Investment Bank, finansierer prosjektet. Gjennomføringen er noe forskjellig fra I-495 Express: ingen innkreving av bompenger, men med «availability payments» årlig til prosjektet er betalt. Dette tar hensyn til antall felter som er tilgjengelig, «shadow tolls» for tungtrafikk og buss, bedring i trafikksikkerhet, og omfatter også regulering av hastighet for kapasitetsforbedringer i rushtiden.

A1 Darrington – Dishforth er en mye mindre DBFO konsesjon for oppgradering, drift og vedlikehold over 33 år av 53 km med hovedveg. Det som gjør dette prosjektet spesielt er måten konsesjonæren Road Management Services blir betalt for bygge- og driftskostnadene. Den engelske vegadministrasjonen betaler regelmessig over 30 år operatøren for den servicestandard som er tilgjengelig for trafikantene og oppmuntrer til mindre kødannelse og bedre trafikksikkerhet og trafikkavvikling.

Canada:
«Confederation Bridge» er en 12,9 km lang bru som binder sammen to kanadiske provinser, Prince Edward Island (PEI)og New Brunswick. Dette er en to-felts bru som erstattet en lengre ferjeforbindelse, og trafikken er i størrelsesorden 4000 kjøretøy per døgn. Prosjektet er nå i drifts og vedlikeholdsfasen som varer til 2032. Alternativer som ble vurdert under planleggingen inkluderte også et tunnelalternativ og en kombinasjon av tunnel, veifylling og bru. Prosjektet har likhet med fjordkryssinger på Ferjefri E39, med krav om seilingshøyde, drivisproblemer, vanskelig vintervedlikehold, og bompengeinnkreving (45 kanadiske dollar per bil som ikke er nok til å dekke byggekostnader, driftskostnader og betjening av lånefinansieringen). Prosjektet har betydelige regionale ringvirkninger (verdiskapning gjennom økt turisme, økonomisk vekst, og eksport) for PEI. Konsortiet som vant kontrakten hadde den lavest årlige tilskudd fra Canadas veibudsjett (award kriterium). Prosjektet hadde en fast pris på CaD 1 milliard og et kostnadssprekk på 300 millioner som måtte betales av bompengene.

Australia:
Australia bruker i stor grad prosjekt allianser som en gjennomføringsstrategi for store prosjekter. Det er en modell hvor vegmyndighet (Victoria Highway Department-VicRoads), konsulenter, entreprenør, og viktige underleverandører arbeider sammen på en integrert måte for å levere store prosjekter med mange enkeltkontrakter under en prosjektallianse avtale hvor det i prinsippet er blant annet: et kollektivt ansvar for ferdigstillelse av prosjektet, kollektiv deling av alle risikoer og muligheter som tilbys ved gjennomføring, samt painshare/gainshare arrangement for kostnadsoverskridelser og besparelser. Det har ikke i særlig grad vært brukt standardkontrakter og enhetlig anskaffelses prosedyre. Erfaringene er noe blandet ved sammenligning med PPP men

gode ved sammenligning med tradisjonelle metoder. Som oftest har ikke pris vært brukt som faktor i valg av alliansemedlemmer fra privat sektor, og dette har ofte medført kostnadsøkning for prosjekter sammenlignet med det overslag som er brukt ved godkjenning-budsjettering. (Evans & Peck and The University of Melbourne: In Pursuit of Additional Value- A benchmarking study into alliancing in the Australian Public Sector 2009.)

Ved gjennomgang av store og komplekse prosjekter på vegsektoren I Australia synes det som om OPS/PPP er den metoden som er mest brukt for gjennomføring de seinere årene. «Linking Melbourne Authority» er et heleid offentlig selskap som er særskilt opprettet for å administrere store og komplekse vegprosjekter på vegne av Government of Victoria. To prosjekter er nylig ferdig bygget og under privat drift: East Link inkluderer 45 km ny veg med to kjørebaner, to tunneler, 88 broer med en (bygge)kostnad på Au$2.5 milliard (australske dollar) levert av ConnectEast under en 39 år lang konsesjonskontrakt som innkluderer planlegging, bygging, finansiering, automatisk bompengeinnkreving, drift og vedlikehold. Peninsula Link er en 27 km lang motorveg med 28 bruer som åpnet I februar 2013. Betydelig økning i turisme og økonomisk vekst er forventet som resultat av bedre adkomst til halvøya. Konsesjonen er på 25 år og ble vunnet av SouthernWay for prosjektering, bygging, finansiering og drift/vedlikehold. Her er det ingen bompengeinnkreving, i stedet betaler Government of Victoria kvartalsvis et beløp til konsesjonær som er basert på at visse kvalitetsindikatorer er oppfylt relater til kapasitet, adkomstforhold, responstid, vedlikehold, miljøforhold og rapportering. Erfaringene er gode med OPS og et nytt prosjekt, East West Link Stage 1 er under kontrahering med et budsjett på over $6 milliarder for 18 km veg inkludert en 4,4 km tunnel.

Nederland:
A1/A6 highway mellom Diemen og Almere Havendreef er en stor OPS på ca. EUR 1 milliard som vegmyndighetene i Nederland (Rijkswaterstaat) har tildelt konsortiet “SAAOne” for vegutbedringer med påfølgende drift over 25 år av en 20 km lange seksjon av hovedvegen fra Schipol flyplass til Amsterdam og videre til Almere (SAA). Dette er en av i alt fire OPS-prosjekter for å bedre fremkommelighet til vekstområdet Almere over en 63 km lang strekning som foruten selve motorvegen inkluderer to tunneler, to lange bruer, en lang viadukt og en jernbanebru. Bygging har nettopp startet og ventes ferdig i 2017. Et teknisk interessant poeng er at vegfyllingene bygges opp med 4 million m3 sand som transporteres med hydraulisk “flushing” for å unngå betydelig lastebil-trafikk på A1 og tilstøtende veger.

OPS kontrakten ble kontrahert ved bruk av en konkurransepreget dialog prosedyre og inkluderte prosjektering, bygging, finansiering og drift-vedlikehold (DBFO). Finansieringen er kun med langsiktige banklån og egenkapital (90/10) med EIB som den største långiver, og transaksjonen tok kun 3 måneder fra kontrakten ble tildelt konsortiet til finansieringen var avklart.

I tillegg har Rijkswaterstaat en rekke vegprosjekter som gjennomføres som en kombinasjon av prosjektering og bygging, hvor tilbudene evalueres baser på “Best Value Procurement” metoden som Nederland har videreutviklet og bruker ofte for mer risikofylte prosjekter. Denne metoden tvinger anbydere å levere (i tillegg til pris) en teknisk risiko vurdering, en vurdering av andre risiko samt en “value added” plan. Risikovurderingene tvinger entreprenørene til å prioritere og kontrollere (eller minimalisere) risikoene forbundet med prosjektet som han er ansvarlig for, samt å identifisere risiko som ikke er andre sitt ansvar. Entreprenørens «value added» plan inkluderer de endringer som tilbys innenfor kontraktsprisen som kan betraktes som forbedringer utover oppdragsbeskrivelsen for prosjektet, for eksempel tidlig ferdigstillelse og/eller bedre kvalitet. Intervju av entreprenørens nøkkelpersoner på prosjektet er en del av prosessen for å identifisere den mest verdifulle leverandør. Omlegging av A9 ved Schiphol flyplass og breddeutvidelse av A1 Brunschoten-Hoevelaken er to eksempler på ferske prosjekter som er under gjennomføring og hvor denne metoden har vært brukt.

Vedlegg 5

Omtale av BREEAM, CEEQUAL og Ytre miljøplan

I den senere tid har det innenfor byggebransjen vært mye fokus på miljøspørsmål, og hvordan det kan bygges og driftes med mindre miljøbelastning og mindre forbruk av CO2.

Fra byggsiden kjenner vi begreper som passivhus, aktivhus, lavenergibygninger, og plusshus. Plusshus, også kjent som energinøytrale bygninger, er bygninger som gjennom driftsfasen genererer mer energi enn det som ble brukt til produksjon av byggevarer, oppføring, drift og avhending av bygget. Vi har de senere år sett flere eksempler på slike bygg. I Norge har Standard Norge utviklet kriterier for passivhus og lavenergibygninger, både for bolig- og yrkesbygninger.
Det kan virke som det har vært verre å få tankegangen for fullt inn på bygg og anleggsdelen av bransjen, og mange er opptatt av hvordan tankegangen i større grad kan påvirke både materialbruk og byggemetoder også der.

Sertifiseringssystemer som CEEQUAL og BREEAM både markedsføres og benyttes også i Norge, men hittil har de blitt mest kjent innenfor bygg.

BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) ble utviklet i Storbritannia av BRE (Building Research Establishment) i 1988 og lansert første gang i 1990. Det er verdens eldste og Europas ledende miljøklassifiseringsverktøy. I 2008 ble BREEAM International lansert. En rekke land, deriblant Norge er i ferd med å tilpasse BREEAM til nasjonale forhold.

Som miljøklassifiseringsverktøy kjennetegnes BREEAM blant annet av en kvalitetsreferanse egnet for utvikling, klassifisering og sertifisering av oppnådd kvalitet, og troverdig dokumentasjon gjennom 3.dje parts sertifisering.

BREEAM har utviklet ulike evalueringsverktøy og manualer for ulike typer bygg. Disse kan anvendes for såvel eksisterende bygg som nybygg. Bygningens miljøprestasjon bedømmes ut i fra et antall ulike områder. Det finnes minimumskrav for å oppnå poeng innenfor blant annet prosjektledelse, bygningens energibruk, inneklima slik som ventilasjon, belysning, beliggenhet i forhold til offentlig kommunikasjon, valg av materialer og avfallshåndtering.

I Storbritannia innførte man i 2003 CEEQUAL, en miljøsertifiseringsordning for anleggsvirksomhet. CEEQUAL står for The **C**ivil **E**ngineering **E**nvironmental **QUAL**ity Assessment & Awards Scheme, og har gjennom 10 års utstrakt bruk utviklet både metode og prosess til å bli en design-, klassifiserings- og sertifiseringsstandard for bærekraftig prosjektering og bygging av offentlige og private anleggsprosjekter. Systemet ble utviklet i Storbritannia av «the Institution of Civil Engineers» (ICE), med støtte fra britiske myndigheter og britisk industri. CEEQUALs mål og funksjon er å gjøre anleggsprosjekter mer miljøriktige, ved å tilby en uavhengig tredjepartsvurdering av miljøaspektene i anleggsprosjekter.

For Statens vegvesens prosjekter stilles det bl.a. gjennom Håndbok 151, Styring av vegprosjekter krav om at en Ytre miljøplan skal inngå i prosjektets styrende dokumenter. Den forutsettes å tilfredsstille de kravene som NS 3466:2009 Miljøprogram og miljøoppfølgingsplan for ytre miljø for bygg-, anleggs- og eiendomsnæringen, setter til miljøprogram og miljøoppfølgingsplan. De

skal også tilfredsstille de krav som NS-EN ISO 14000- og 9000-seriene stiller til henholdsvis Miljøstyringssystemer og Systemer for kvalitetsstyring.

Ytre miljøplan (YM-plan) skal etableres som separat dokument for prosjekter i byggefase og i fasene drift og vedlikehold. For fylkes- og kommune(del)plan og reguleringsplan skal ytre miljø være en del av planen og inngå i alle plandokumenter og i prosjektets kvalitetsplan. Reguleringsplanen skal inneholde en oppsummering av miljøkvaliteter som skal videreføres til byggeplanen.

Mal for YM-plan og tilhørende veileder gjelder kun for prosjekter i byggefase og fasene drift og vedlikehold. YM-planen utgjør en del av prosjektets kvalitetsplan, men utarbeides som et eget dokument. YM-planen utarbeides for å sikre at føringer og krav for det ytre miljøet blir innarbeidet i konkurransegrunnlag samt ivaretatt under gjennomføringen av prosjektet (utbyggings-, vedlikeholds- og driftsprosjekter).

Arbeidet med YM-planen omfatter vurderinger av prosjektets miljøpåvirkninger med hensyn på ytre miljø, fastsetting av miljømål for prosjektet samt etablering av opplegg for kontroll av prosjektets miljømessige kvalitet.

YM-plan er et nytt styringsdokument knyttet til gjennomføring av utbyggingsprosjekter, driftsprosjekter og vedlikeholdsprosjekter i Statens vegvesen. YM-planen omfatter ytre miljøforhold som tidligere ble behandlet i HMS-plan eller i andre dokumenter. YM-planen sammen med SHA-plan (Plan for sikkerhet, helse og arbeidsmiljø) erstatter således tidligere HMS-planer for prosjekter/ kontrakter. Utskillingen av ytre miljø fra HMS-planen skal gi større og mer selvstendig fokus på ytre miljø i prosjektene/kontraktene.

Statens vegvesen krever at det skal utarbeides YM-plan for alle prosjekter/kontrakter, uavhengig av størrelse. Hensikten med å ha en spesifikk YM-plan for hvert prosjekt/kontrakt er å sikre at Statens vegvesen som byggherre tar et klart og komplett ansvar for å klarlegge og håndtere miljøutfordringer i prosjektene¬/kontraktene. Alt arbeid i regi av Statens vegvesen, utført av egne ansatte eller entreprenører, skal gjennomføres på en måte som er forsvarlig med hensyn til ytre miljøpåvirkninger. YM-planen kan variere fra et meget enkelt til et omfattende dokument avhengig av prosjektets/ kontraktens størrelse og kompleksitet.

Planer for håndtering av ytre miljøforhold vil være under utvikling i det enkelte prosjekt/ kontrakt og gjennom anleggets bygge-, drifts- og vedlikeholdsfase. YM-planen skal derfor være et levende dokument som følger utviklingen i prosjektene/kontraktene, men dog med «frysing» av visse milepælsversjoner av planen knyttet til hovedmilepælene i prosjektet/kon-trakten.
Hjemmel for YM-planen finnes i internkontrollforskriften «Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter».

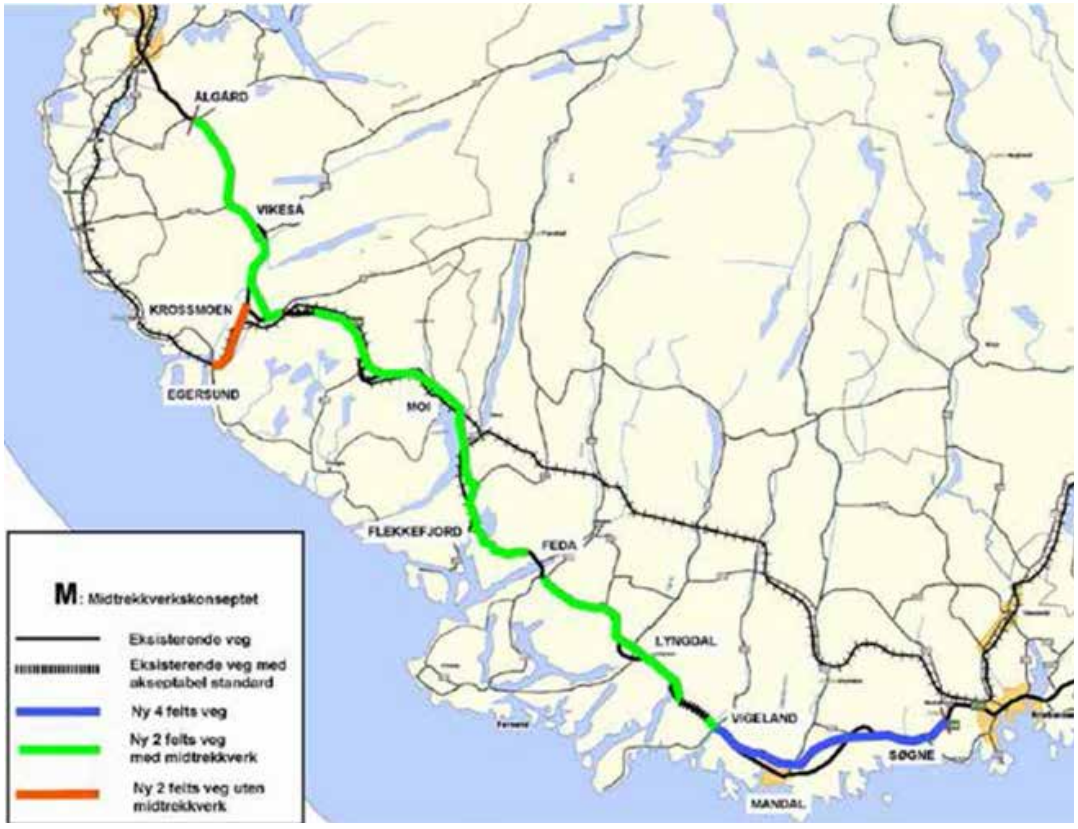
Selv om systemkravene og hjelpemidler er på plass, er det likevel mye som mangler på at vi vet nok om hvilket potensiale som ligger både i løsninger, materialer og byggemetoder. Dette gjenspeiles i betydelig grad i forsknings- og utviklingsprogram som er gjengitt i kapittel 10.

Vedlegg 6

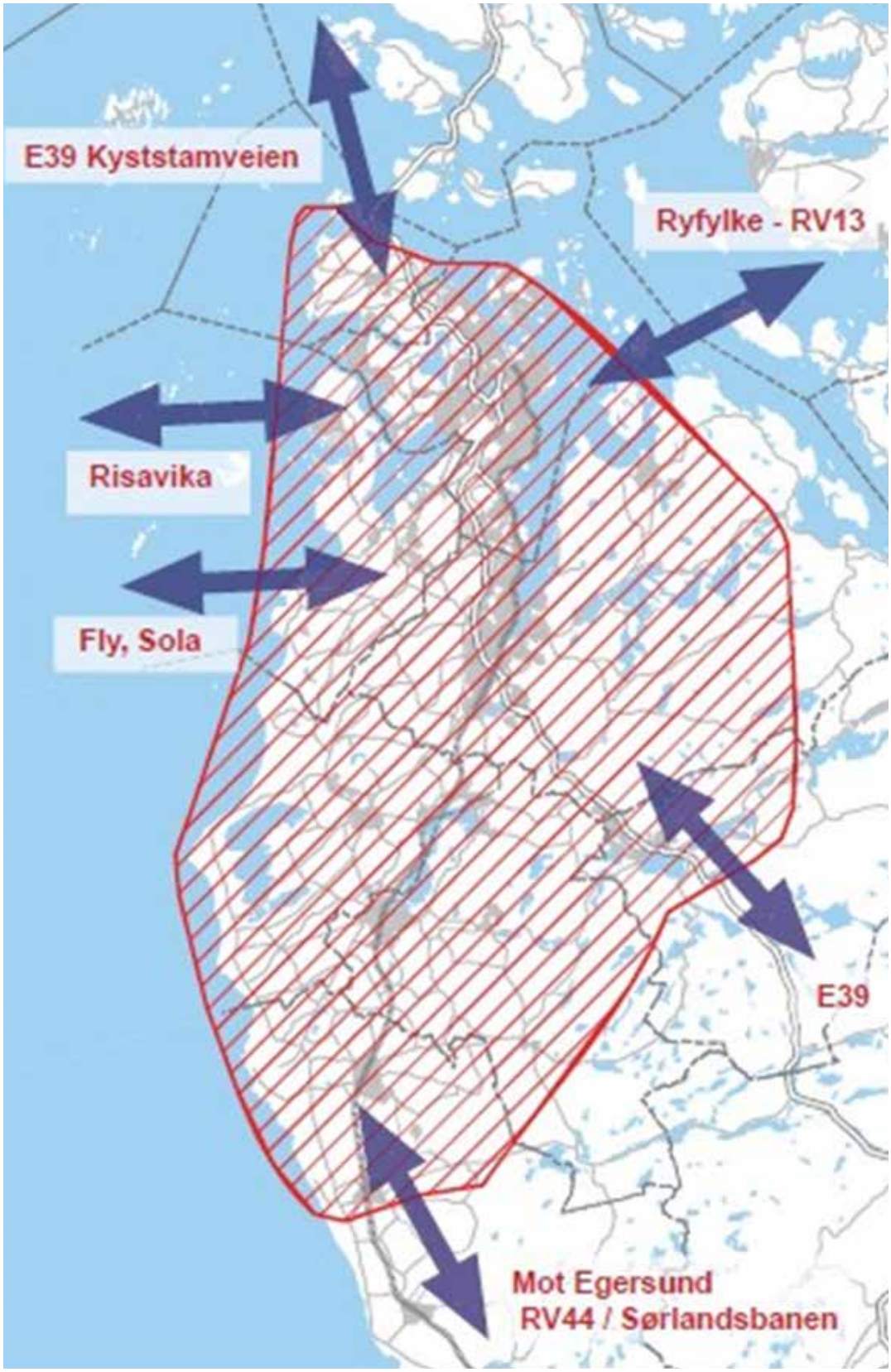
Figurer og kart for KVU-ene

Kart som viser strekning for de ulike KVU-ene.

Konsept Ytre ringveg i KVU Kristiansandsregionen

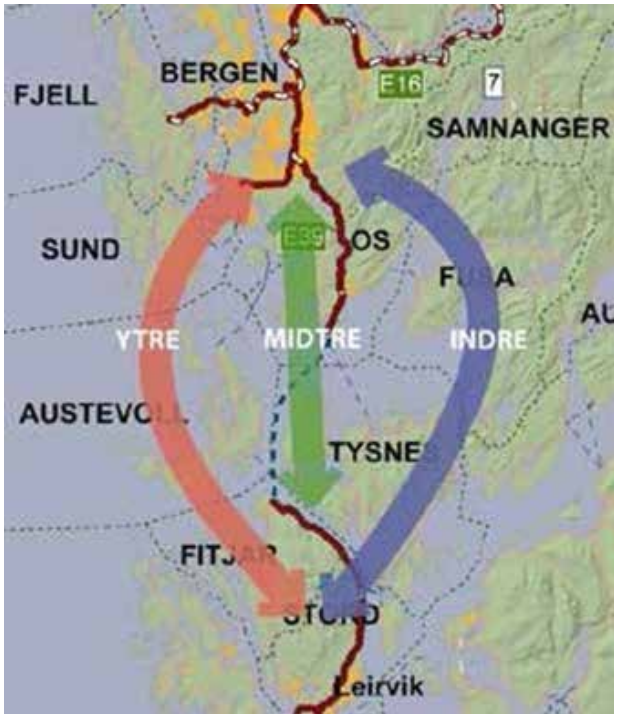


Kart KVU Søgne-Ålgård

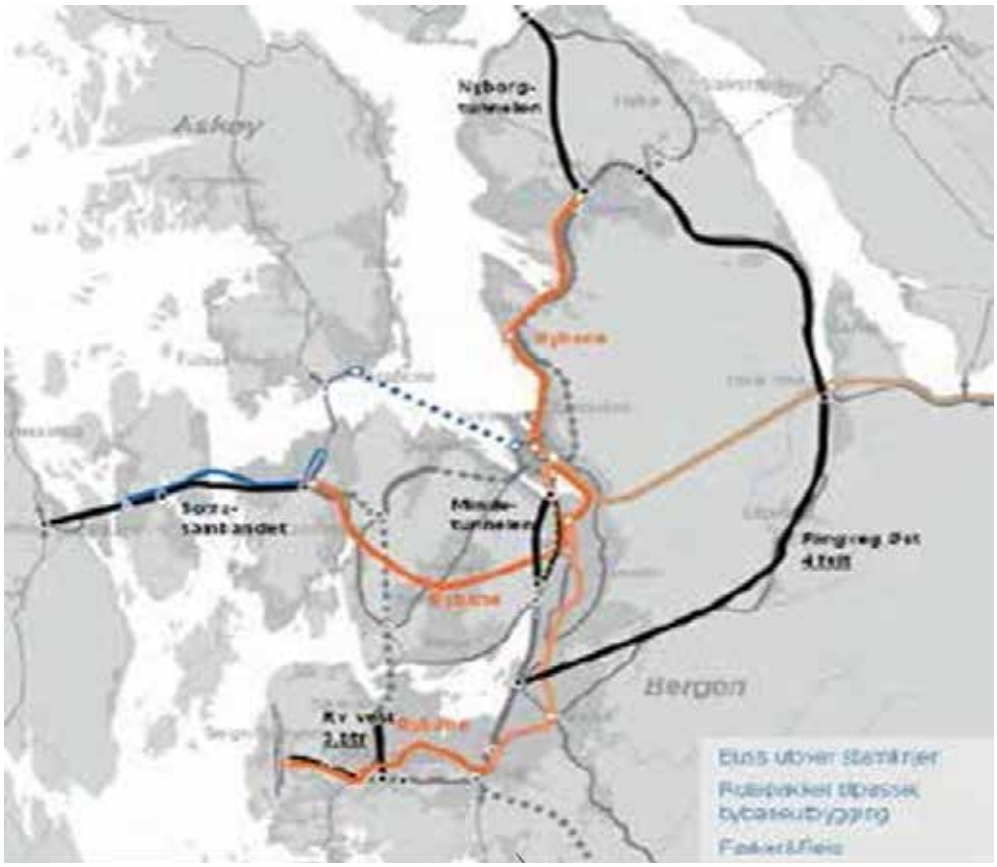


Område for KVU Transportsystemet på Jæren

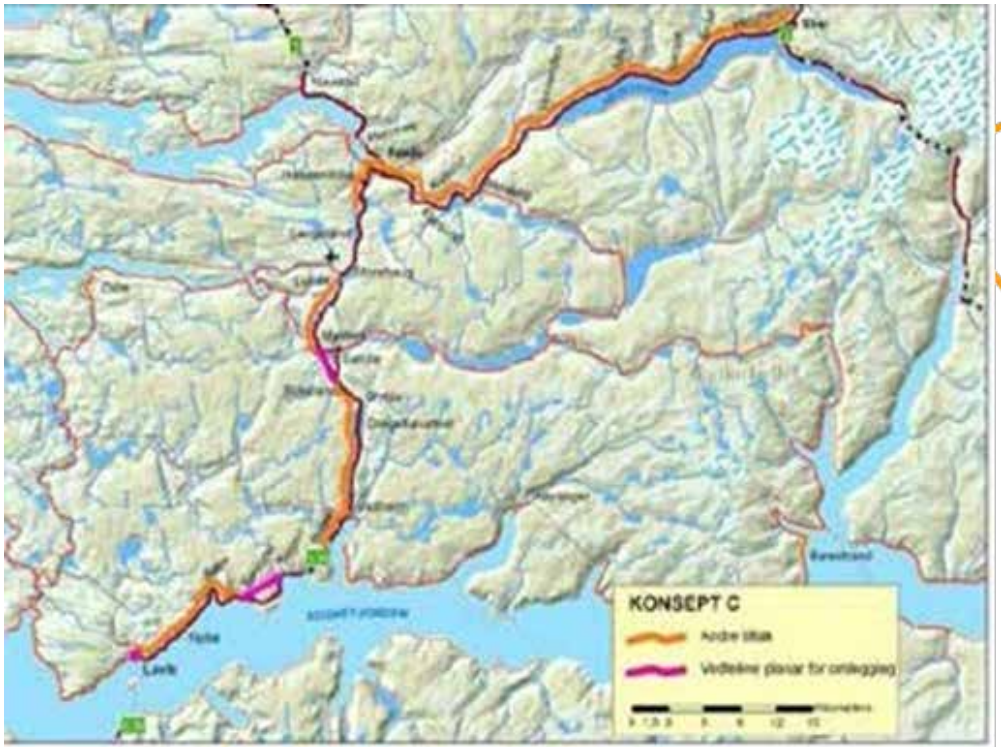
KVU Boknafjorden



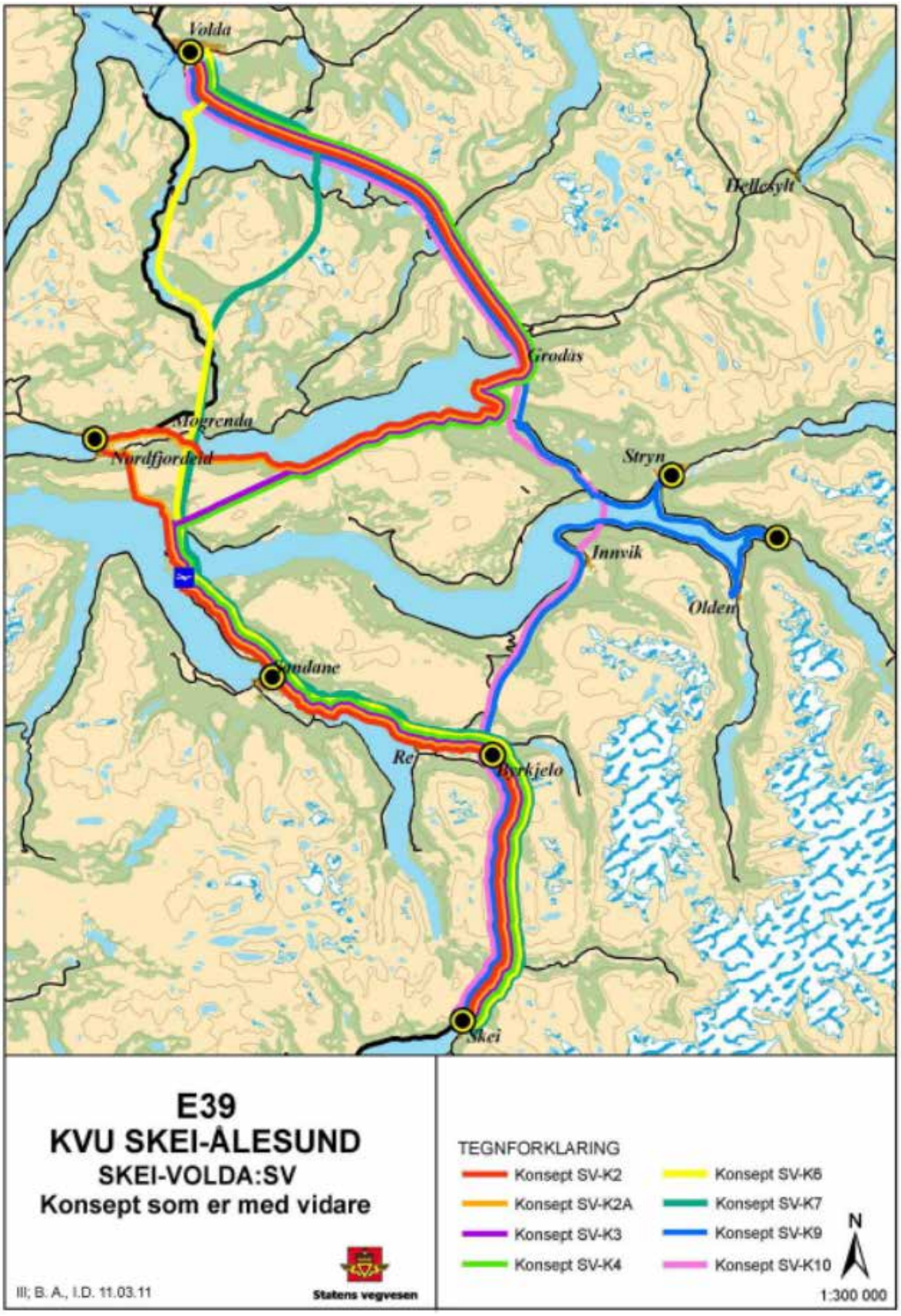
Hovedkonseptene i KVU Bjørnafjorden



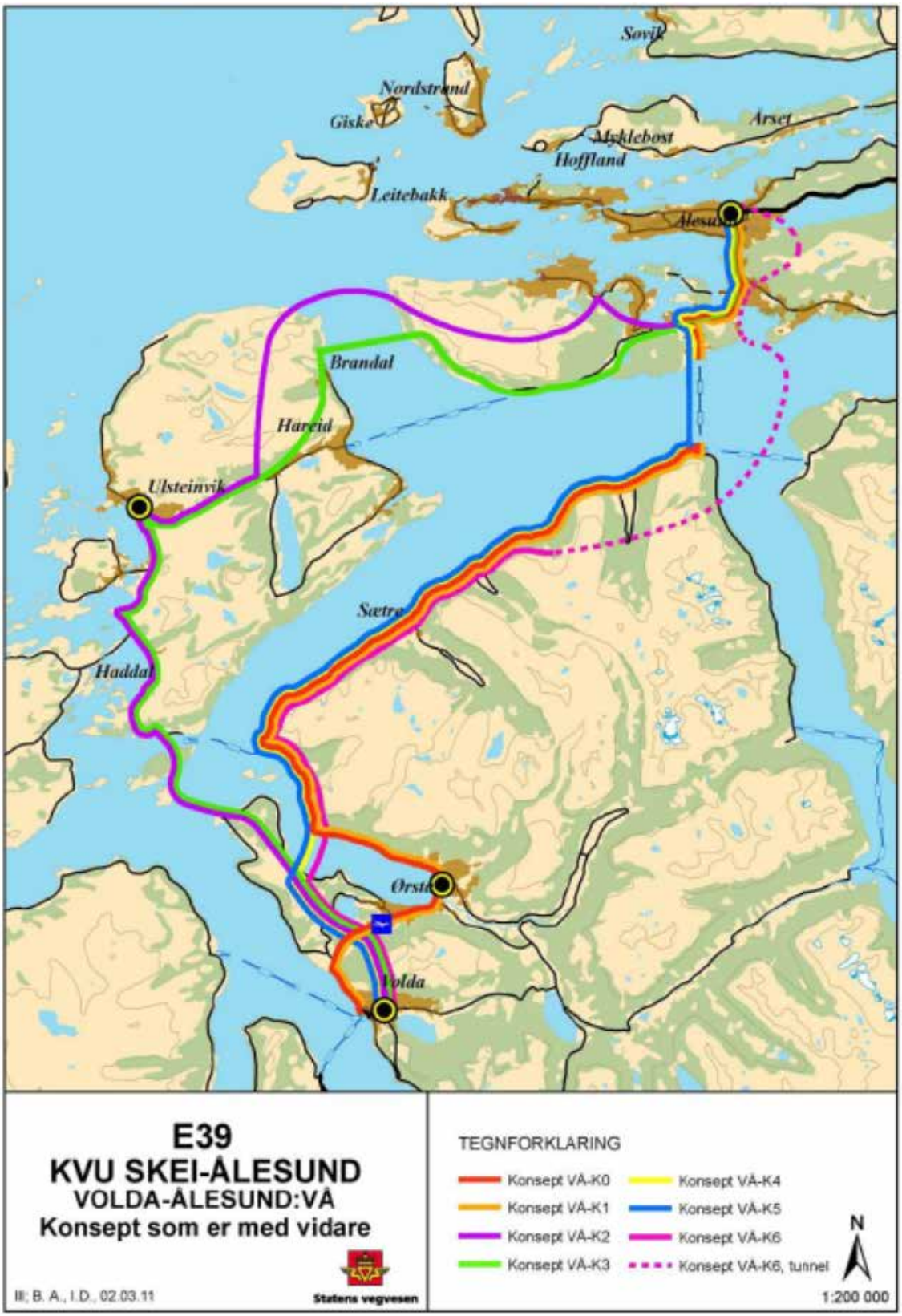
KVU Bergensregionen



KVU Lavik-Skei

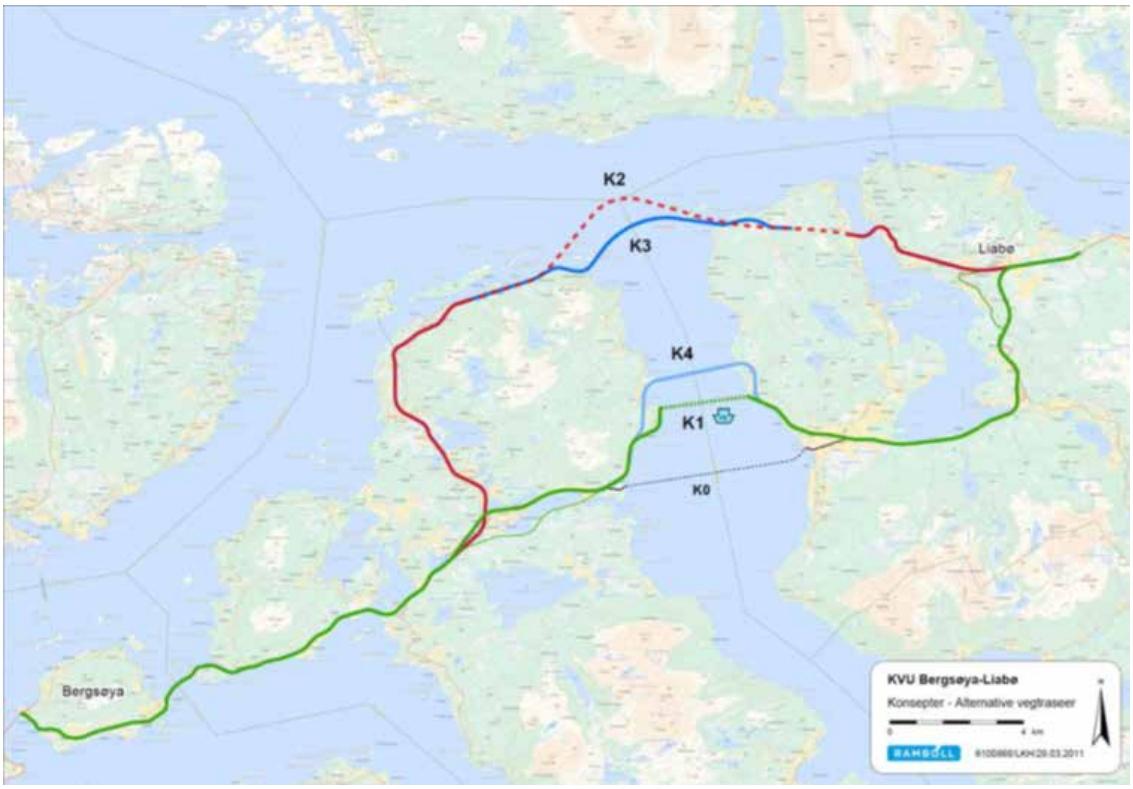


KVU Skei-Ålesund, oversikt for strekningen Skei-Volda



KVU-Skei-Ålesund, oversikt for strekningen Volda-Ålesund

KVU Ålesund-Bergsøya



KVU Bergsøya-Valsøya

Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO
Tlf: (+47 915) 02030
publvd@vegvesen.no

15-0883 grafisk.senter@vegvesen.no

Trygt fram sammen