

nr. 89

Publikasjon

OFU Gimsøystraumen bru

Hovedresultater og oversikt over sluttdokumentasjon



Statens vegvesen
Vegdirektoratet

Veglaboratoriet

Publikasjon nr. 89

OFU Gimsøystraumen bru

**Hovedresultater og oversikt over
sluttdokumentasjon**

**Vegdirektoratet
Veglaboratoriet**

Oslo, juli 1998

<p>Forfattere: Aage Blankvoll</p> <p>Firma: Statens vegvesen Nordland</p>	<p>OFU Gimsøystraumen bru:</p> <p>Hovedresultater og oversikt over sluttokumentasjon</p> <p>Dato: juli 1998</p> <p>Antall sider: 64</p>
<p>Ekstrakt:</p> <p>Publikasjonen presenterer hovedresultater, beskriver måloppnåelse og nytteverdi av prosjektet OFU Gimsøystraumen bru som ble gjennomført i tidsrommet 1993-1997. Den gir også en oversikt over kunnskapsformidling i prosjektperioden og over utarbeidet dokumentasjon i prosjektet.</p>	<p>Stikkord:</p> <p>Bru Betong Armeringskorrosjon Inspeksjon Vedlikehold Reparasjon Instrumentering Overvåkning</p>
<p>Extract:</p> <p>The Publication presents the main results, to which extent the project objectives are achieved and discusses the utilitarian value of the Gimsøystraumen Bridge Repair Project carried out in the period from 1993 to 1997. The Publication also gives an overview over the written documentation worked out in the project.</p>	<p>Keywords:</p> <p>Bridge Concrete Corrosion Inspection Maintenance Repair Instrumentation Monitoring</p>

Omslagsdesign: Svein Aarset, Oslo
 Forsidebilde: S. Bøckmann, Bodø
 Illustrasjoner: Det Norske Veritas, Bergen og SCC Abel Engh AS, Drammen
 Redaksjon/
 produksjonskoordinator: Helge Holte, Veglaboratoriet
 Trykk: Helli Grafisk as, Oslo

Opplag: 800

Forord

Prosjektet «OFU Gimsøystraumen bru» var et samarbeid mellom Statens vegvesen, Rescon A/S og Statens Nærings- og Distriktsutviklingsfond (SND). Prosjektet knyttet forskning og utviklingsoppgaver til reparasjon av Gimsøystraumen bru i Nordland. Prosjektet startet i 1993 og ble avsluttet i 1997.

Det har i løpet av de siste 10 årene blitt fokusert på skader på våre kystbruer av betong. Behovet hos Statens vegvesen for nye vedlikeholds- og reparasjonsmetoder for betongbruer i kystklima var i korte trekk bakgrunnen for inngåelsen av OFU-kontrakten. I Statens vegvesen var det nært samarbeid mellom Nordland vegkontor, Bruavdelingen og Veglaboratoriet i Vegdirektoratet.

I prosjektets siste år besto basisorganisasjonen av en styringsgruppe og to prosjektgrupper. Prosjektgruppene hadde ansvaret for utarbeidelsen av sluttdokumentasjonen i prosjektet.

Styringsgruppen besto av Arnfinn Pettersen (Statens vegvesen Nordland), Geir Tjugum (Rescon AS), Håvard Østlid (Veglaboratoriet), Olav Grindland (Bruavdelingen), Elisabeth Schjølberg (Produksjonsavdelingen, Vegdirektoratet), Gørild Malm Cornejo (Veglaboratoriet) og Jan Henrik Sæther (SND). Prosjektleder var Aage Blankvoll, Statens vegvesen Nordland. Bernt Kristiansen, prosjektleder og prosjektansvarlig hos Rescon, har møtt fast i styringsgruppen.

Reparasjonsgruppen besto av: Reidar Kompen (Veglaboratoriet), Aage Blankvoll (Statens vegvesen Nordland), Tor Berg (Statens vegvesen Nordland), Per Austnes (Statens vegvesen Møre og Romsdal), Einar Noremark (Statens vegvesen Hordaland), Knut Grefstad (Bruavdelingen), Bernt Kristiansen (Rescon AS), Bjørn Bonsak (Rescon AS) og Jon Halden (SCC Abel Engh AS).

IDV-gruppen hadde følgende medlemmer: Bård Espelid (Det Norske Veritas), Øystein Vennesland (NTNU), Erik J. Sellevold (NTNU), Ketil Videm (UiO), Bernt Kristiansen (Rescon AS), Roar Myrdal (Rescon AS), Claus K. Larsen (Veglaboratoriet), Finn Fluge (Veglaboratoriet), Aage Blankvoll (Statens vegvesen Nordland) og Tor Berg (Statens vegvesen Nordland).

Reparasjonsanbefalingen og Instrumenteringsanbefalingen er forutsatt å være et supplement til Statens vegvesens håndbøker som omhandler samme tema:

Håndbok 147: Forvaltning, drift og vedlikehold av bruer

Håndbok 136: Inspeksjonshåndbok for bruer

Håndbok 015: Feltundersøkelser

Håndbok 026: Prosesskode-2. Standard arbeidsbeskrivelse for bruer og kaier, 1997
Håndbok 129: Dokumentasjon av bruer.

Resultater fra prosjektet er også benyttet i utarbeidelsen av håndbøker der det har vært mulig i forhold til utgivelsestidspunkt.

Det er planlagt videre oppfølging av prøvereparasjonene på Gimsøystraumen bru i en 10-års periode etter prosjektets avslutning. Resultatene fra oppfølgingsprosjektet vil kunne medføre revisjoner av prosjektets «Reparasjonsanbefaling» og «Instrumenteringsanbefaling».

Sammendrag

Prosjektet «OFU Gimsøystraumen bru» hadde følgende hovedmålsetninger:

- Kompetanseheving
- Fremskaffe ny kunnskap
- Utvikling av produkter
- Reparasjonsveiledning
- Rehabilitering av brua
- Sertifisering av Rescon og Resconsult iht. ISO 9000-serien
- Bedre Rescons konkurransevne.

Alle disse målsetningane er helt eller delvis oppnådd. Nytteverdien av prosjektet har derfor vært stor på flere områder.

Prosjektets størrelse og kompleksitet har bidratt til å gi både Statens vegvesen og Rescon kompetanseheving på flere ulike områder. FoU-aktiviteter knyttet til prøvereparasjonene og dr. gradsarbeidene har fremskaffet ny kunnskap som ligger på et høyt faglig nivå.

Det er i prosjektet lagt vekt på å lage skriftlig dokumentasjon slik at resultatene skal kunne nyttiggjøres i nye prosjekter. Resultatene fra prosjektet er gjennom hele prosjektperioden formidlet gjennom kurs, seminarer og konferanser hos Rescon, internt i Statens vegvesen og eksternt både nasjonalt og internasjonalt.

Prosjektet har resultert i flere nye eller forbedrede produkter. Riktig bruk av de nye produktene vil bidra til å senke vedlikeholdskostnadene både for Statens vegvesen og andre byggherrer.

Prosjektet har gitt Rescon, som er en liten bedrift i et næringssvakt område, mulighet til å fokusere på utvikling av produkter og teknologi for å dekke Statens vegvesen sitt behov innen betongrehabilitering. Det har styrket Rescons teknologi og økt konkurransevnen samtidig som det har vært god distriktsutvikling.

Prosjektet har vært lønnsomt for Rescon i hele prosjektperioden pga. økt salg til Statens vegvesen og andre. Det ekstra salget har dekket mer enn Rescons egenandel av investeringene. Siden prosjektet startet, har omsetningen i Rescon økt fra ca. 100 mill. kr pr. år til 170 mill. kr i 1998, hele tiden med et godt økonomisk resultat. Det anslås at prosjektet kan tilskrives mer enn 50 % av veksten.

Summary

The objectives of the OFU-Gimsøystraumen Bridge Repair Project were:

- Increase of competence in maintenance and repair of concrete bridges
- Obtain new knowledge and understanding of factors decisive for the durability of bridges in a harsh marine environment
- Further development of existing products and development of new products for maintenance and repair of concrete bridges
- Produce guidelines for maintenance and repair of concrete bridges
- Carry out maintenance and repair of Gimsøystraumen bridge in a technically and economically optimal way
- Classification of the companies Rescon and Resconsult in accordance with the ISO-9000 series
- Increase the competitive power of Rescon in the home market and to increase the export of their products and services.

The project started in 1993 for an initial period of four years. The research has brought forward many interesting and important results. The need for a follow-up period of 10 years has been highlighted.

The three main parties involved in the project were the Norwegian Public Roads Administration (NPRA), the Norwegian Industrial and Regional Development Fund (SND) and Rescon AS. Rescon is the only wholly Norwegian owned company, which develops and produces products for maintenance and repair of concrete structures.

Many of the results of the project were presented at an international conference in May 1997 to mark the end of the project. The papers were published in the Proceedings from this conference /9/ and in the Additional papers to the proceedings /10/.

This Publication presents the main results of the Gimsøystraumen Bridge Repair Project and gives an overview of the written documentation worked out in the project.

All of the objectives were more or less achieved, and the utilitarian value was high in several different areas.

Because of the extent and complexity of the project activities both Rescon and NPRA have increased their competence in several fields. R&D activities linked to the trial repairs and to the Ph.D. studies have provided new knowledge at a high-level.

The need to work out written documentation to be used in coming projects has been emphasized. The results from the project are presented at several courses and conferences both in Norway and abroad.

The project has resulted in several new products with improved properties. The correct use of these products will contribute to decreased maintenance cost for the NPRA and other owners of buildings and structures.

The project has given Rescon the possibility to focus on product development to cover the needs of NPRA. The focused work within the project has improved the technological competence and increased the competitive power of Rescon.

The project has increased the sales to NPRA and others in the project period and therefore been profitable. The extra sales have more than covered the investment that Rescon had to make in the project. Since the project started, the turnover has increased from NOK 100 millions in 1993 to NOK 170 millions in 1998. The profit has been good each year. It is estimated that the project has contributed indirectly to more than 50 % of the growth in the turnover.

Innhold

1	Innledning	1
2	Prosjektet OFU Gimsøystraumen bru	2
2.1	Generelt	2
2.2	Målsetninger.....	2
2.3	Prosjektinnhold.....	3
2.3.1	<i>Forsknings- og utviklingsaktiviteter</i>	3
2.3.2	<i>Prøvereparasjoner</i>	4
2.3.3	<i>Målrettet produktutvikling</i>	4
2.3.4	<i>Sertifisering av Rescon</i>	5
2.3.5	<i>Doktorgradsutdanning</i>	5
2.4	Prosjektorganisering.....	6
2.5	Økonomi.....	8
2.5.1	<i>Kostnader</i>	8
2.5.2	<i>Finansiering</i>	8
3	Gimsøystraumen bru	9
3.1	Generelt om brua	9
3.2	Tilstanden til brua.....	10
4	Hovedresultater	11
4.1	Klimapåkjenning og tilstandsvurdering	11
4.1.1	<i>Kystklima</i>	11
4.1.2	<i>Kloridbelastning</i>	11
4.1.3	<i>Tilstandsvurdering</i>	12
4.1.4	<i>Valg av vedlikeholdsstrategi - nåverdiberegninger</i>	14
4.2	Prøvereparasjoner.....	16
4.2.1	<i>Mekanisk reparasjon</i>	16
4.2.2	<i>Overflatebehandling</i>	17
4.3	Instrumentert overvåkning.....	19
4.3.1	<i>Planlegging og prosjektering</i>	19
4.3.2	<i>Sensortyper</i>	20
4.3.3	<i>Automatisk overvåkningssystem</i>	21
4.3.4	<i>Installasjon og driftsfase</i>	22
4.3.5	<i>Bruk av måledata</i>	23

4.4	Produktutvikling	24
4.4.1	<i>Faser i produktutvikling</i>	24
4.4.2	<i>Dokumentasjon av materialer og ferdig produkt</i>	25
4.4.3	<i>Produkter fra prosjektet</i>	27
4.4.4	<i>Helse, Miljø og Sikkerhet i produktutvikling</i>	30
4.5	Sertifisering av Rescon.....	31
4.6	Doktorgradsutdanning	32
5	Sluttdokumentasjon	33
5.1	Publikasjoner.....	33
5.2	Andre rapporter.....	34
5.3	Kurs- og konferansebidrag.....	36
6	Formidling av resultater	41
6.1	Kurs, seminarer og artikler.....	41
6.2	Avslutningskonferanse.....	41
7	Måloppnåelse	43
8	Nytteverdi	46
8.1	Nytteverdi for Statens vegvesen	46
8.2	Nytteverdi for Rescon AS	46
8.3	Samfunnsøkonomi.....	47
8.4	Nytteverdi for de akademiske miljøer.....	48
9	Langsiktig oppfølging	49
10	Referanser	50

1 Innledning

Prosjektet «OFU Gimsøystraumen bru» har vært spesielt ved at det har knyttet sammen forsknings- og utviklingsaktiviteter og praktiske problemstillinger i prøvereparasjoner av Gimsøystraumen bru i Nordland med målrettet produktutvikling hos Rescon AS. Andre sentrale deler av prosjektet har vært doktorgradsutdanning og sertifisering av kvalitets-systemet til Rescon og Resconsult iht. ISO 9000-serien.

Gimsøystraumen bru ble bygget i tidsrommet 1979-1981. Brua var godt egnet som forsøks-objekt fordi brua ikke hadde kritiske skader som gjorde øyeblikkelige reparasjoner nødvendige. Brua er representativ for kystbruer bygget i 1970- og 1980-årene både når det gjelder utforming og hvilke spesifikasjoner som var benyttet.

En offentlig forsknings- og utviklingskontrakt (OFU-kontrakt) er en avtale mellom en offentlig etat og en norsk bedrift som påtar seg å levere et produkt eller en tjeneste. En forutsetning er at det foreligger et offentlig anskaffelsesbehov som ikke kan dekkes tilfredsstillende gjennom eksisterende tilbud. Formålet med OFU-kontrakter er tosidig. Det er for det første å bedre og effektivisere offentlig virksomhet ved bruk av nye løsninger og for det andre å styrke bedriftenes leveringsmuligheter til det offentlige samt bidra til økt konkurranseevne hjemme og ute. Ordningen finansieres over budsjettet til Næringsdepartementet som igjen har delegert administrasjon av OFU-kontrakter til Statens Nærings- og Distriktsutviklingsfond (SND).

2 Prosjektet OFU Gimsøystraumen bru

2.1 Generelt

«OFU Gimsøystraumen bru» har vært et samarbeidsprosjekt mellom Statens vegvesen, Rescon AS og Statens Nærings- og Distriktsutviklingsfond (SND). Prosjektet har knyttet forskning og ulike utviklingsoppgaver til reparasjon av Gimsøystraumen bru i Nordland. Prosjektet startet i 1993 og ble avsluttet i 1997. Prosjektet ble bygget rundt to større kontrakter. Det var en offentlig forsknings- og utviklingskontrakt (OFU-kontrakt) mellom Statens vegvesen Vegdirektoratet og Rescon AS og en entreprise mellom Statens vegvesen Nordland og Resconsult AS som er datterbedrift til Rescon AS. Entreprisen omfattet prøvereparasjoner av Gimsøystraumen bru.

2.2 Målsetninger

Prosjektet «OFU Gimsøystraumen bru» hadde følgende hovedmålsetninger:

Kompetanseheving

Det skal oppnås generell kompetanseheving hos prosjektdeltakerne Rescon og Statens vegvesen på området rehabilitering av betongbruer.

Ny kunnskap

FoU-aktivitet i prosjektet skal blant annet gjennom dr. ing.-studier bidra til å fremskaffe ny kunnskap om de faktorer som påvirker betongbruers bestandighet i kystklima og bidra til å fremskaffe bedre totalløsninger for rehabilitering av bruer.

Utvikling av produkter

Gjennom produktutvikling skal eksisterende reparasjonsløsninger både videreutvikles og forbedres. Det skal utvikles nye produkter/løsninger for vedlikehold og reparasjon av betongkonstruksjoner. Nye og forbedrede produkter/løsninger skal bidra til å øke teknisk levetid og senke årskostnader for betongbruer.

Reparasjonsveiledning

Det skal utarbeides retningslinjer, krav og prosedyrer som skal inngå i en rehabiliteringshåndbok i Statens vegvesen. Resultater i prosjektet skal formidles til brukerne på en slik måte at resultatene kan benyttes som et aktivt hjelpemiddel ved fremtidig vedlikehold og reparasjon av betongbruer.

Rehabilitering av brua

Gimsøystraumen bru skal rehabiliteres på en teknisk og økonomisk forsvarlig måte.

Sertifisering iht. ISO 9000-serien

Rescon og Resconsult skal oppnå å bli sertifisert iht. ISO 9001 og ISO 9002.

Bedre Rescons konkurranseevne

Prosjektet skal gi Rescon økt konkurranseevne på det hjemlige marked og gi Rescon et fundament for eksport av produkter og tjenester internasjonalt.

2.3 Prosjektinnhold

Prosjektet bestod av følgende fem hovedaktiviteter:

- 1) Utviklingsgrunnlag
- 2) Prøvereparasjoner
- 3) Måltrettet produktutvikling
- 4) Sertifisering av Rescon
- 5) Doktorgradsutdanning.

2.3.1 Forsknings- og utviklingsaktiviteter

Hovedaktiviteten «Utviklingsgrunnlag» ble styrt av Statens vegvesen og utført av tre ulike prosjektgrupper. Det faglige ansvaret for å utarbeide detaljplaner og beskrivelsestekster for prøvereparasjoner og instrumentering ble lagt til prosjektgruppene «Prøvereparasjon» og «IDV». Disse prosjektgruppene foretok også evaluering av prøvereparasjoner og instrumentering. En annen viktig delaktivitet var å spesifisere funksjonskrav for produkter basert på prosjektets erfaringer. Det ble utført av «Problemedefinisjonsgruppen». Hensikten med spesifisere funksjonskrav var å sikre at bedriftens produktutvikling innenfor prosjektet rettet seg mot behov hos Statens vegvesen. For sammensetning av prosjektgruppene se kapittel 2.4.

«Problemedefinisjonsgruppen» og «Prøvereparasjonsgruppen» ble i prosjektets siste år slått sammen til én prosjektgruppe: «Reparasjonsgruppen». «IDV-gruppen» og «Reparasjonsgruppen» har hatt ansvaret for utarbeidelsen av sluttdokumentasjonen i prosjektet.

2.3.2 Prøvereparasjoner

Prøvereparasjonene i 1993, 1994 og 1995 omfattet reparasjon av samtlige søyler og overbygningen mellom akse 1 og 3. Alle prøvereparasjonene ble organisert på samme måte og ble inndelt i følgende delaktiviteter:

- 1) Forhåndskartlegging
- 2) Mekanisk reparasjon og overflatebehandling
- 3) Instrumentering og overvåkningsutstyr
- 4) Dokumentasjon.

Prøvereparasjonene, bakgrunnen for de valg som ble gjort i forkant av hver enkelt prøvereparasjon og erfaringer fra hver enkelt prøvereparasjon er utførlig beskrevet i Publikasjon nr. 84 «Sluttrapport OFU Gimsøystraumen bru: Prøvereparasjon og produktutvikling» /1/.

En sentral del av prøvereparasjonene var oppfølging vha. instrumentert overvåking. Målsetningen med instrumenteringen var å dokumentere virkningen av vedlikeholds- og reparasjonsmetodene som ble benyttet. I instrumenteringen ble det lagt vekt på oppfølging av armeringens korrosjonstilstand og de faktorer som påvirker denne. Det var også et mål å foreta utprøving i felt av ulike målesystemer for korrosjons-overvåking. Instrumenteringsopplegget på brua er beskrevet i Publikasjon nr. 86 «Slutt-rapport OFU Gimsøystraumen bru: Instrumentering, dokumentasjon og verifikasjon» /3/.

2.3.3 Målrettet produktutvikling

Målet med prosjektets produktutvikling var å lage nye produkter og forbedre eksisterende produkter slik at disse skulle brukes til ulike vedlikeholds- og reparasjonstiltak for betongbruer. Produktutviklingen skulle bidra til økt levetid og reduserte årskostnader for betongbruer.

Produktutviklingen i OFU-prosjektet var direkte knyttet til betongbruer i marint klima. Rescon hadde ved oppstart et vidt spekter av produkter som også kunne brukes til reparasjon av bruer. Disse produktene var imidlertid utviklet for et mer generelt marked og ikke spesielt tilpasset reparasjon av kystbruer i betong. Det var derfor nødvendig å videreutvikle enkeltprodukter for at de skulle tilfredsstillende krav som stilles ved vedlikehold og reparasjon av betongbruer i marint klima.

Produktutviklingen ble delt inn i fem delprosjekter avhengig av produkttype:

- 1) Sement og sement/lateks baserte produkter
- 2) Herdeplastprodukter
- 3) Impregneringer og malingsprodukter
- 4) Tilsetningsstoff til betong
- 5) Andre produkter.

Inndelingen ble gjort for å lette oversikten og styringen av prosjektet. I praksis blir ulike produkter satt sammen til reparasjonssystemer.

Produktutviklingen ble knyttet opp til prøvereparasjonene for at erfaringer fra praktisk utførelse skulle gi grunnlag for videreutvikling av produktene.

2.3.4 Sertifisering av Rescon

Kvalitetsstyringssystemet til Rescon og Resconsult er i prosjektet blitt gjenstand for en målrettet gjennomgang med sikte på å oppnå sertifisering iht. ISO 9000-serien. Utvikling, salg og produksjon i Rescon skulle sertifiseres etter ISO 9001, mens Resconsult som spesialentreprenør skulle sertifiseres etter ISO 9002. Det Norske Veritas ble valgt som revisor for ISO-sertifiseringen.

Arbeidet med kvalitetsstyringssystemet ble utvidet til også å omfatte miljøstyring etter kravene i den europeiske EMAS-ordningen. Det Norske Veritas ble valgt som revisor også for dette arbeidet.

2.3.5 Doktorgradsutdanning

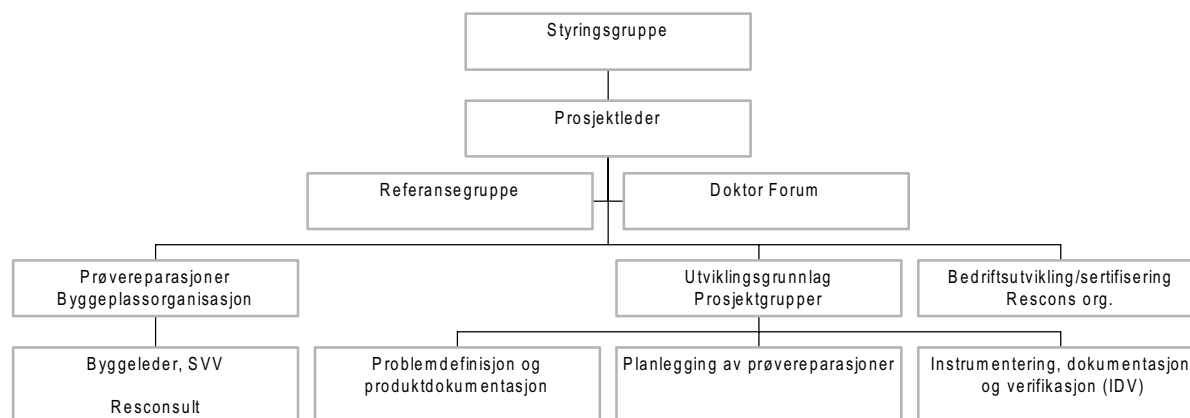
Innenfor rammen av prosjektet skulle det gjennomføres to doktorgradsarbeider og to kandidater ble engasjert etter ekstern utlysning. Det var Claus K. Larsen som til daglig arbeidet på Veglaboratoriet og Roar Myrdal som ble ansatt hos Rescon. Doktorgradsarbeidet til C. K. Larsen tok for seg kloridbinding og porevannets sammensetning i betong og ble knyttet opp til Norges Tekniske Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) med førsteamanuensis Øystein Vennesland som veileder og dr. ing. Elisabeth Schjølberg, Veglaboratoriet som hjelpeveileder. Doktorgradsarbeidet til R. Myrdal handlet om elektrokjemiske målemetoder for overvåking av armeringskorrosjon. Dette arbeidet ble gjennomført ved Universitetet i Oslo med professor Ketil Videm som veileder og Cand. Scient. Geir Tjugum som hjelpeveileder. I tillegg ble en tredje doktorgradsstudent, Per Egil Steen, som arbeidet på Bruavdelingen, knyttet til prosjektet. Denne doktorgraden var imidlertid finansiert av Norges Forskningsråd. Per Egil Steens avhandling omhandlet

levetidsvurderinger for betongbruer i kystklima. Avhandlingen var knyttet til NTNU med førsteamanuensis Øystein Vennesland og professor Erik Sellevold som veiledere.

Til støtte for doktorgradsstudentene ble rådgivningsgruppen «Doktorforum» etablert. Den besto av doktorgradsstudentene, deres veiledere og prosjektleder Aage Blankvoll.

2.4 Prosjektorganisering

Tilsammen har ca. 50 personer vært involvert i gjennomføring av prosjektet i løpet av prosjektperioden. I Statens vegvesen har det vært et nært samarbeid mellom Nordland vegkontor, Bruavdelingen og Veglaboratoriet i Vegdirektoratet. Prosjektorganisasjonen er vist nedenfor.



Figur 2.4-1: Prosjektorganisering «OFU Gimsøystraumen bru».

«Styringsgruppen» har bestått av: Arnfinn Pettersen (Statens vegvesen Nordland), Geir Tjugum (Rescon AS), Håvard Østlid (Veglaboratoriet), Olav Grindland (Bruavdelingen), Elisabeth Schjøberg (Vegdirektoratet, Produksjonsavdelingen), Gørild Malm Cornejo (Veglaboratoriet) og Jan Henrik Sæther (SND).

Prosjektleder har vært Aage Blankvoll (Statens vegvesen Nordland). Prosjektleder og prosjektansvarlig hos Rescon, Bernt Kristiansen, har møtt fast i styringsgruppen.

«Prøvereparasjonsgruppen» har bestått av: Knut Grefstad (Bruavdelingen), Bernt Kristiansen og Geir Tjugum (Rescon AS), Jon Halden (SCC Abel Engh AS), Petter Wistnes (1993), Tor Berg (1994-1996) og Aage Blankvoll (Statens vegvesen Nordland).

«Problemdefinisjonsgruppen» har bestått av: Reidar Kompen (Veglaboratoriet), Per Austnes (Statens vegvesen Møre og Romsdal), Per Egil Steen (Bruavdelingen), Einar

Noremark (Statens vegvesen Hordaland), Bernt Kristiansen, Bjørn Bonsak og Geir Tjugum (Rescon AS), Jon Halden (SCC Abel Engh AS) og Aage Blankvoll (Statens vegvesen Nordland).

«IDV-gruppen» har hatt følgende medlemmer: Bård Espelid (Det Norske Veritas), Øystein Vennesland og Erik Sellevoid (Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet, NTNU), Ketil Videm (Universitetet i Oslo), Bernt Kristiansen og Roar Myrdal (Rescon AS), Claus K. Larsen og Finn Fluge (Veglaboratoriet), Aage Blankvoll og Tor Berg (Statens vegvesen Nordland).

«Referansegruppen» har bestått av: Reidar Kompen (Veglaboratoriet), Per Austnes (Statens vegvesen Møre og Romsdal), Einar Noremark (Statens vegvesen Hordaland), Gunnar Liestøl og Per Egil Steen (Bruavdelingen), Øystein Vennesland og Erik Sellevoid (Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU), Bård Espelid (Det Norske Veritas) og Malvin Sandvik (Norwegian Contractors).

«Doktorforum» har hatt følgende medlemmer: Elisabeth Schjølberg (Veglaboratoriet/Selmer), Øystein Vennesland og Erik Sellevoid (Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU), Ketil Videm (Universitetet i Oslo), Claus K. Larsen (Veglaboratoriet), Roar Myrdal og Geir Tjugum (Rescon AS), Per Egil Steen (Bruavdelingen) og Aage Blankvoll (Statens vegvesen Nordland).

Byggeledere for prøvereparasjonene hos Statens vegvesen var Petter Wistnes (1993) og Tor Berg (1994 og 1995). Anleggsledere for Resconsult var Odd Lorentzen (1993) og Trond Helgedagsrud (1994 og 1995).

Det har vært mindre endringer i prosjektorganisasjonen gjennom prosjektperioden. I prosjektets siste år ble det ikke utført prøvereparasjoner og byggeplassorganisasjonen ble følgelig lagt ned. I tillegg ble «Problemedefinisjonsgruppen» og «Prøvereparasjonsgruppen» slått sammen til én prosjektgruppe: «Reparasjonsgruppen».

2.5 Økonomi

2.5.1 Kostnader

Kostnader fordelt på hovedaktiviteter er vist nedenfor:

Prøvereparasjoner:	10,00 millioner
Utviklingsgrunnlag/rapportering:	6,40 millioner
Produktutvikling og ekstern produktdokumentasjon:	8,70 millioner
Sertifisering av Rescon og Resconsult:	4,60 millioner
Doktorgradsutdanning:	2,70 millioner
Administrasjon:	2,90 millioner
Sum:	35,30 millioner

Kostnadene var fordelt på to kontrakter. OFU-kontrakten var opprinnelig på 16,55 millioner kroner. Finansieringen ble gjort av Statens vegvesen, SND og Rescon AS med fordelingen 40/40/20. Partene økte senere sin innsats i prosjektet slik at endelig budsjett ble 25,3 millioner kroner.

Den andre kontrakten i prosjektet ble inngått mellom Statens vegvesen Nordland og Resconsult AS (datterbedrift til Rescon AS). Kontrakten omfattet prøvereparasjoner av Gimsøystraumen bru og hadde en budsjetttramme på 10 millioner kroner.

2.5.2 Finansiering

Prøvereparasjonene, som hadde en kontraktsramme på 10 millioner kr, ble finansiert av Statens vegvesen Nordland.

OFU-kontraktens arbeider på 25,30 millioner kroner ble finansiert på følgende måte:

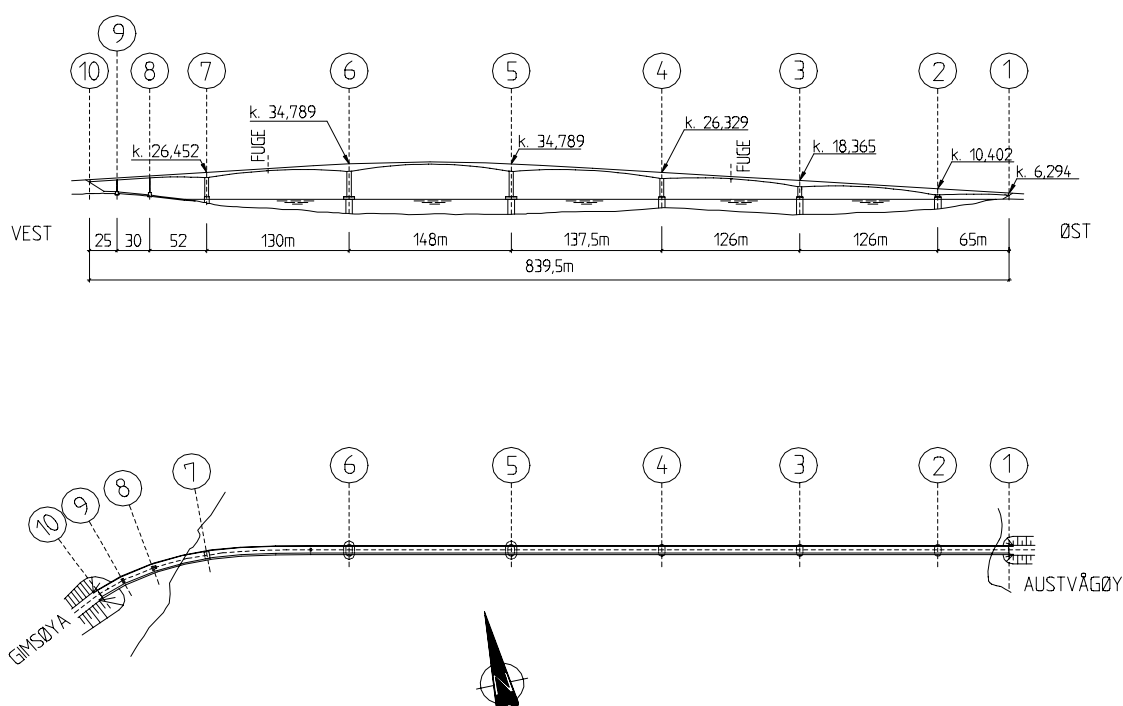
Statens vegvesen:	11,37 millioner
(Kontanttilskudd: 3,65 millioner)	
(Egeninnsats, egen dr.student: 1,35 millioner)	
(Egeninnsats, for øvrig: 6,37 millioner)	
SND (kontanttilskudd):	8,72 millioner
Rescon AS (egeninnsats):	5,21 millioner
SUM:	25,30 millioner

Egeninnsatsen fra Statens vegvesen er hovedsakelig dekket av Veglaboratoriet og Bruavdelingen i Vegdirektoratet og Statens vegvesen Nordland. I tillegg har Statens Vegvesen Møre og Romsdal og Statens vegvesen Hordaland bidratt ved å dekke kostnadene til egne deltakere i prosjektgrupper.

3 Gimsøystraumen bru

3.1 Generelt om brua

Gimsøystraumen bru ligger ca. 30 km vest for Svolvær langs E10 og forbinder Austvågøy med Gimsøy. Brua er tilsammen 840 m lang fordelt på 9 felt. Brua er en fritt frambygg bru (FFB) i etterspent betong med åpent kassetvernsnitt. Kassehøyden varierer fra 2,2 m til 7,4 m. Orienteringen til brua er tilnærmet øst / vest i bruas lengderetning. Brua ligger i ytre kyststrøk med forholdsvis hard klimabelastning. På grunn av bruas geometriske utforming og overbygningens varierende høyde over havet og er det store forskjeller i eksponeringen mot vær og vind for ulike deler av brua. Dette kan illustreres ved at kjørebanelen stiger fra 6 m over havet ved landkar i akse 1 til 36,5 m over havet ved seilingsløp mellom akse 5 og 6, se figur 3.1-1.



Figur 3.1-1: Gimsøystraumen bru.

Prosjektert betongkvalitet for søyler var C35 og tilhørende armeringsoverdekning 50 mm. I overbygningen ble det brukt betongkvalitet C40 og overdekning 30 mm. I horisontale konstruksjonsdeler var det tillatt å benytte monteringsjern i overdekningssonen. Benyttet armeringskvalitet er Ks 50 og Ks 40 (bøyler) i hele brua.

3.2 Tilstanden til brua

Brua hadde synlige skader i form av rustutfelling og bom på de laveste delene av overbygningen ved akse 2. Denne delen av brua hadde svært høyt kloridinnhold. De synlige skadene skyldes i hovedsak armeringskorrosjon. Skadeomfanget var størst på le-siden, dvs. på nordvegg og underkant av brukasse. Bruk av monteringsjern i overdekningssonen har vist seg å ha betydelige konsekvenser for det observerte skadebildet til brua, men også konstruktiv armering var angrepet av korrosjon. Bruas søyler var i relativ god forfatning. Hovedårsaken er at overdekningen i søylene er større enn i overbygningen og at monteringsjern ikke har vært benyttet.

Nærmere beskrivelse av tilstanden til brua er gitt i Publikasjon nr. 85 «Sluttrapport OFU Gimsøystraumen bru: Klimapåkjønning og tilstandsvurdering» /2/.

4 Hovedresultater

4.1 Klimapåkjenning og tilstandsvurdering

4.1.1 Kystklima

Temperaturmålinger på brustedet viser at det er forholdsvis små variasjoner i løpet av året. Månedsmiddel i perioden juli 95 til juni 96 varierte bare fra -2,6 °C til +9,9 °C, dvs. i underkant av 13 °C. Frostpåkjenningen på betongen er liten. Det er svært sjelden at det forekommer spesielt lave vintertemperaturer, og antall perioder med temperatur under 0 °C er få.

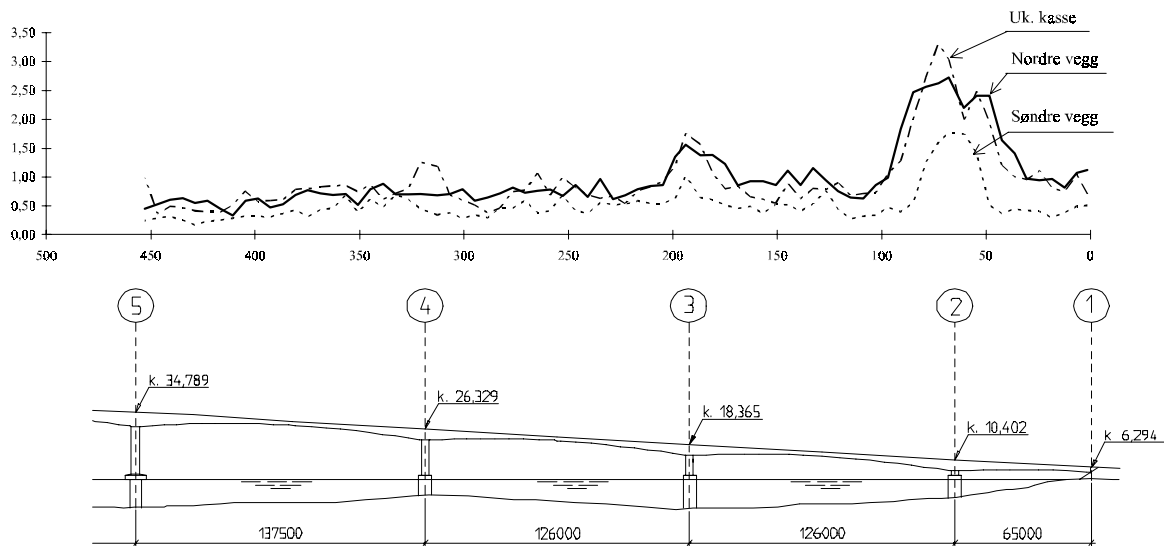
Vindstyrken varierer over hele året med kastevinder på opptil 40 m/s. Den dominerende vindretningen for de høyeste vindhastighetene er fra sør og nord, mens brua går ca. øst-vest. Det er mest nedbør ved sør/sørvestlig vind. Dette har stor betydning for kloridbelastningen på brua.

4.1.2 Kloridbelastning

Det er dokumentert at kloridbelastningen på utsatte kystbruer er bestemt hovedsakelig av fire faktorer:

- 1) Høyde over sjø. På Gimsøystraumen bru er kloridbelastningen svært høy opp til 12-15 m over sjøen for deretter å avta med høyden.
- 2) Lo/le-effekten. Kloridbelastningen er markert større på flater som ligger i le for vind og nedbør. Effekten kan bero på regnbelastning/ikke-regnbelastning og undertrykk på le-siden som gjør at sjørokk legger seg på betongoverflaten.
- 3) Størrelse og form på værpåkjente flater. Påkjenningen er større på store tverrsnitt og tverrsnitt med uheldig geometrisk utforming (og spesielt på le-siden av disse) i nærheten av søyler.
- 4) Avvasking- og geometrieffekt. Kloridbelastningen har en tendens til å avta helt nederst på søylene. Det kan skyldes lokale geometrieffekter eller avvasking fra regnvann eller sjøvann.

På en større konstruksjon virker alle faktorene i kombinasjon, og kan forsterke hverandre lokalt. Figur 4.1-1 illustrerer faktor 1–3 ovenfor.



Figur 4.1-1: Gjennomsnittlig kloridnivå (% av sementvekt) i dybde 0-10 mm på underside, sørvegg og nordvegg av brukassen på Gimsøystraumen bru.

4.1.3 Tilstandsvurdering

Kostnadseffektivt vedlikehold forutsetter at man klarer å tolke inspeksjonsresultatene riktig. Denne tolkningen er fortsatt noe av det aller vanskeligste i bruvedlikeholdet. I OFU-prosjektet er det utført store mengder materialundersøkelser. Ved en systematisk behandling av resultatene er erfaringsgrunnlaget utvidet og kan brukes for å ta bedre strategibeslutninger.

OFU Gimsøystraumen bru har lagt grunnlaget for å bedre kvaliteten i en slik strategivurdering. Det er oppnådd gjennom det systematiske arbeidet med bearbeiding av inspeksjonsresultater. Det gir økt forståelse av nedbrytningsprosessene forårsaket av klorider fra marint miljø. Gjennom systematisk oppfølging av Gimsøystraumen bru i årene fremover vil erfaringsgrunnlaget for å estimere levetid og vedlikeholdsstrategi ytterligere forbedres. Dette vil kunne gi økonomisk gevinst for norsk bruforvaltning ved at vi blir flinkere til å velge riktig tiltak til riktig tid basert på en vurdering og sammenligning av ulike vedlikeholdsstrategier.

Viktige resultater fra OFU-prosjektet er dokumentasjon av at «kritisk kloridinnhold for korrosjon» og «potensial som betyr korrosjon» ikke er enkelttall men svært varierende størrelser, se tabell 4.1-1 og 4.1-2. I Publikasjon nr. 87 «OFU Gimsøystraumen bru: Anbefalinger for inspeksjon, reparasjon og overflatebehandling av kystbruer i betong» /4/ er det gitt råd og veiledning for systematikk i måleopplegg slik at resultatene av ulike typer målinger kan brukes samlet. Usikkerheten i konklusjonen reduseres dersom trenden i hver for seg usikre måleresultater er den samme.

Tabell 4.1-1: *Kloridinnhold - korrosjonsgrad.*

Cl i % av sementvekt		Korrosjonsgrad	
Gjennomsnitt	Gjennomsnitt \pm standardavvik		
0,13	0,00 / 0,26	A	Ingen korrosjon
0,46	0,01 / 0,91	B	Små punkter med korrosjon
0,76	0,17 / 1,35	C	Overflatekorrosjon
1,23	1,01 / 1,45	D	Kraftig korrosjon
1,56	0,75 / 2,37	E	Groptæring

Tabell 4.1-2: *Potensialer - korrosjonsgrad.*

EKP-verdier (mV)		Korrosjonsgrad	
Gjennomsnitt	Gjennomsnitt \pm standardavvik		
- 49	- 139 / + 41	A	Ingen korrosjon
- 148	- 259 / - 37	B	Små punkter med korrosjon
- 142	- 297 / + 13	C	Overflatekorrosjon
- 295	- 376 / - 214	D	Kraftig korrosjon
- 322	- 463 / - 181	E	Groptæring

Tilstandsvurderingen bør resultere i sikrest mulig konklusjon om skadeårsak, skadegrad og skadekonsekvens. I Statens vegvesen finnes det et kodeverk for disse begrepene. Kodeverket er beskrevet i Inspeksjonshåndboken /11/.

Bedømmningen av skadegrad er i OFU-prosjektet knyttet opp til en levetidsmodell som er en videreutvikling av den velkjente levetidsmodellen av Tuutti /12/.

I bedømmningen av skadekonsekvens er statiske vurderinger og/eller beregninger helt nødvendige. Betydningen av statiske vurderinger og beregninger som grunnlag for vurdering av skadekonsekvens og valg av vedlikeholdsstrategi er dokumentert i prosjektet.

Statiske vurderinger og/eller beregninger må benyttes ved vurdering av risiko ved bruk av ulike vedlikeholdsstrategier. Et mulig resultat av en statisk vurdering eller beregning, er at enkelte vedlikeholdsstrategier blir vurdert som uaktuelle pga av for høy risiko i forhold til bruelementers eller hele bruas bæreevne.

4.1.4 Valg av vedlikeholdsstrategi - nåverdiberegninger

Kostnadseffektiviteten til de vedlikeholdsstrategiene som ut fra tekniske vurderinger anses å være aktuelle anbefales bestemt ut fra økonomiske betraktninger. Anbefalt metode for å bestemme den mest kostnadsoptimale vedlikeholdsstrategien, er nåverdiberegninger. Bakgrunnen for bruk av nåverdiberegninger er NS 3454 «Årskostnader for bygninger» /13/.

I prosjektet er de økonomiske konsekvensene av ulike vedlikeholdsstrategier og -metoder sammenlignet ved hjelp av nåverdiberegninger. I nåverdiberegningen benyttes et estimat av fremtidige kostnader. Dette estimatet er delvis basert på en forventet skadeutvikling og en forventet levetid for materialer/produkter. Disse levetidsvurderingene er ikke basert på målte verdier og matematiske modeller, men er basert på skjønn/erfaring. Det er selvsagt usikkerhet forbundet med en slik skjønnsmessig vurdering, men viktig i denne sammenheng er at usikkerheten er tilnærmet lik for alle strategiene slik at dette muliggjør en sammenlikning. Nåverdiberegningene utføres med en realrente på 7 % som er i tråd med det Statens vegvesen vanligvis benytter.

Formel for utregning av nåverdier:

$$N = V_{t1}(1+r)^{-t1} + V_{t2}(1+r)^{-t2} + V_{t3}(1+r)^{-t3} + \dots + V_{tn}(1+r)^{-tn}$$

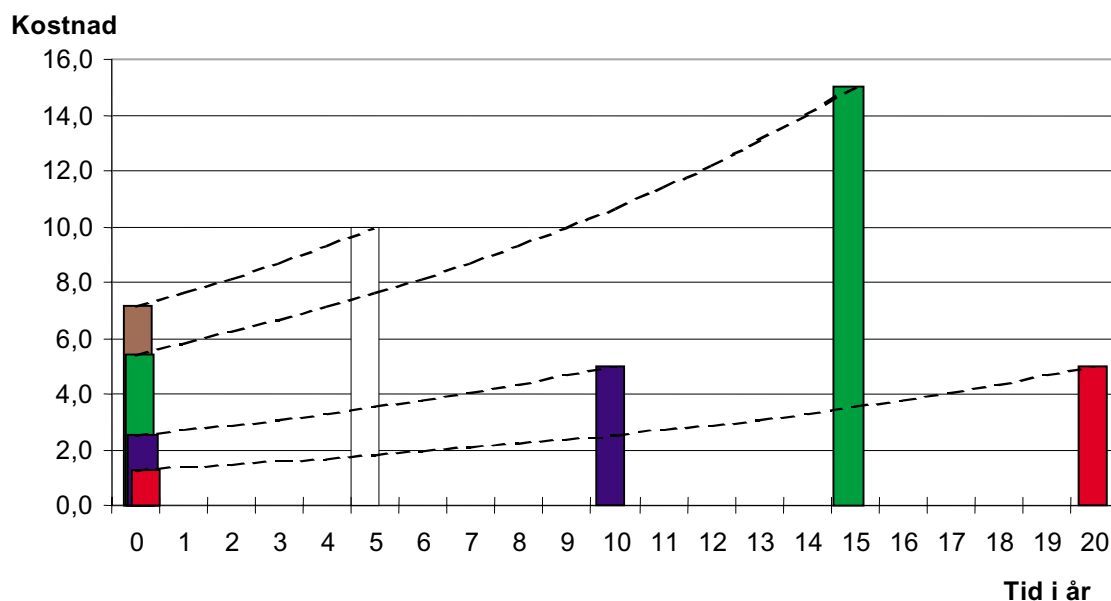
N = nåverdi

V_{t1} = kostnad for vedlikeholdstiltak ved tid t1

V_{t2} = kostnad for vedlikeholdstiltak ved tid t2

r = realrente (for tiden 7 %).

Prinsippet for nåverdiberegning er illustrert i figur 4.1-2. Kostnader som påløper om 5, 10, 15 og 20 år blir omregnet til nåverdier, og en ser at nåverdien blir mindre desto lengre ut i tid tiltaket utsettes.



Figur 4.1-2: Illustrasjon av nåverdiberegninger.

For at nåverdiberegninger skal være pålitelige, må en imidlertid ha gode data for levetid og vedlikeholdsfrekvens for metodene som vurderes. Slike data mangler en fortsatt, men likevel gir nåverdiberegningene et rimelig godt holdepunkt for de valg som må gjøres.

En nærmere beskrivelse av forutsetninger for bruk nåverdiberegninger og eksempler på nåverdiberegninger for ulike strategier, er gitt i Publikasjon nr. 87 «OFU Gimsøystraumen bru: Reparasjonsanbefalinger» /4/.

4.2 Prøvereparasjoner

4.2.1 Mekanisk reparasjon

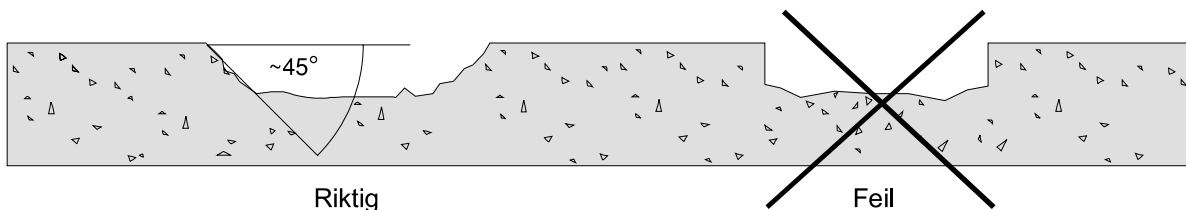
Mekanisk reparasjon omfatter bortmeisling av skadet betong, rengjøring av underlaget og fylling av såret med ny mørtel. Mekanisk reparasjon omtales også som tradisjonell reparasjon og har i perioder vært benyttet ukritisk uansett skadeårsak og skadegrad.

I OFU-prosjektet har en ufrivillig fått demonstrert en av denne reparasjonsmetodens begrensninger. Til tross for en konservativ meislingsplan basert på statiske beregninger ble det problemer med utknekking av frimeislet armering. Utknekking av frimeislet armering skyldes at armeringen står under trykk. Betong har stor trykk-kapasitet slik at utknekking av armering i trykksone som oftest ikke er alvorlig. Imidlertid fører sannsynligvis frimeisling etterfulgt av utknekking av trykkarmering til større reduksjon av bæreevne enn om trykkarmeringen fikk ligge å korrodere i mange år.

Frilegging av bøyer som skal ta opp skjærkraft og frilegging av skjøtesonen for armering i strekksone, er mye mer alvorlig. Det skyldes at betongen i disse tilfellene ikke er i stand til å ta over når spenningen forsvinner fra armeringen. På Gimsøystraumen bru ivaretas bæring i lengderetning av spennarmering. Slakkarmering er hovedsakelig nødvendig for bæring i tverr-retning og pga. skjærkrefter.

Mekanisk reparasjon er selvskreven å utføre der det er lokale svakheter ved betongen eller ovennevnte begrensninger ikke gjelder.

Et viktig resultat i prosjektet er anbefaling av sårutforming ved mekanisk reparasjon. Dersom sårene skal gjenmørtles ved sprøyting, må sårene avsluttes med meislet flate i ca. 45° i forhold til betongoverflata for at en skal kunne sprøyte vinkelrett på underlaget. Denne sårutformingen kan med fordel benyttes også hvor sårene gjenmørtles ved håndmørtling. Skjæring med sag eller vinkelsliper 90° på betongoverflata gir en glatt flate hvor det lett oppstår heftbrudd og riss, dessuten blir det umulig å sprøyte vinkelrett på sårkanten. Se figur 4.2-1.



Figur 4.2-1: Riktig og feil sårutforming ved tørrsprøyting.

I prosjektet er det utviklet både sprøytemørtel og håndmørtel med redusert svinn i den tidlige herdeperioden. Lavt svinn i den tidlige herdeperioden, mens heft utvikles mellom mørtel og underlaget, er identifisert som en viktig parameter for å oppnå mørtelreparasjoner uten riss. Mangel på standardiserte prøvingsmetoder gjør det imidlertid fortsatt vanskelig å kvantifisere kravene til denne viktige parameteren. Det eksisterer også et tilsvarende problem med egnet prøvingsmetode for 1-28 dogn svinn for sprøytemørtel.

Mørtelreparasjoner skal fungere som en del av konstruksjonen, og bør ha mekaniske egenskaper mest mulig lik den omgivende betongen samtidig som heften må være god. Dersom det senere blir aktuelt å installere katodisk beskyttelse, må mørtelreparasjonene fungere tilsvarende betongen også når det gjelder elektrokjemiske egenskaper. Disse ønskemålene er til dels innbyrdes motstridende, og en må velge et kompromiss. Dessuten har en i prosjektet fått en klar bevissthet om at selve heftsonen mellom reparasjonsmørtelen og underlaget kan ha diffusjonstetthet, elektrisk motstand osv. som er mer avgjørende for reparasjonens egenskaper enn materialparametrene for selve mørtelen.

4.2.2 Overflatebehandling

Prosjektet viser at klimaet har avgjørende betydning for valg av overflatebehandling. Det høye fuktinnholdet i betongen, som er et resultat av kystklimaet, gjør at det må stilles spesielle krav til produkter som skal brukes til overflatebehandling av bruer i værharde kyststrøk for at resultatet skal bli vellykket.

Overflatebehandling med vannavvisende impregnering er en enkel vedlikeholdsmetode som det har vært stilt høye forventninger til. I prosjektet er det klarlagt at inntrengingsdybde i betong er et avgjørende kvalitetskriterium for vannavvisende impregnering. Utfordringen er at det høye fuktinnholdet i tillegg til en svært tett betong (høy betongkvalitet ved brubygging) gjør det vanskelig for impregneringen å trenge inn. Impregneringsmaterialet er ikke UV-stabilt, slik at materialfilmen som legger seg på overflaten, må påregnes å få en kortvarig levetid. Om impregneringsmaterialet legger seg på overflaten uten å trenge inn, viser det seg også at overflatens diffusjonstetthet øker vesentlig.

Det gjenstår fortsatt å avklare hvilke grenseverdier for fukt i betongunderlaget som kan tolereres ved påføring av vannavvisende impregnering. Levetiden for en vellykket og en mislykket impregnering gjenstår også å dokumentere. Imidlertid er følgende konklusjoner gjort i prosjektet:

- 1) Det må fokuseres langt sterkere på fuktinnhold i betongen når vannavvisende impregnering skal benyttes. Som et absolutt minimum må betongoverflaten være «lys-grå tørr» når impregnering påføres.

- 2) Underlaget bør rengjøres med sandblåsing som åpner sement huden for inntrenging av impregneringen uten at fukt tilføres. Andre metoder bør ikke benyttes uten at det er påvist på prøvefelt at det er tilrådelig.
- 3) Til impregnering bør det benyttes 100 % silan uten løsemidler, som har best inntrenging i fuktig betong.
- 4) Kontroll av inntrengningsdybde må benyttes fortløpende under impregneringsarbeidet.

Det arbeides kontinuerlig med utvikling av nye impregneringsmaterialer. Det pågår for tiden utprøving av impregnering med kremkonsistens slik at materialet smøres på. Dette vil forhåpentligvis sikre bedre inntrengningsdybde. Usikkerheter er materialforbruk (og dermed pris) og egenskaper som vanndampdiffusjon.

I prosjektet er det utført omfattende arbeider med ulike typer belegg og kombinasjonsløsninger av disse. Kombinasjonen av ett lag silan-impregnering pluss ett eller to lag (avhengig av krav til fargejevnhet) av tynnfilms maling på acrylat-basis synes å være en svært lovende løsning.

Det er også utviklet et sprøytbart sement/lateks tykkfilmsbelegg med rissoverbyggende egenskaper. Belegget har vist meget gode heftegenskaper selv på underlag med høyt fuktinnhold, og har dessuten gunstige diffusjonsegenskaper. Dette er det mest robuste produktet til overflatebehandlings som er utviklet i prosjektet.

To sprøytbare herdeplast-systemer er utprøvd i prosjektet. Disse er et sement/epoxy-system og et epoxy/polyuretan-system. Disse materialene er benyttet offshore siden 1972, og viser interessante resultater med hensyn på heft, kloridbremsende egenskaper og bestandighet.

Varigheten av OFU-prosjektet har vært for kort til at levetiden for de ulike overflatebehandlingstypene som er benyttet blir klarlagt. Noen indikasjoner kan imidlertid oppsummeres:

- 1) Fuktinnholdet i betongen bak en diffusjonsåpen overflatebehandling reduseres ikke og det blir ingen uttørking av konstruksjonen. Fuktinnholdet stabiliseres imidlertid på et nivå i likevekt med luftens gjennomsnittlige fuktinnhold, og betongens fuktutveksling med omgivelsene reduseres.
- 2) Oksyngengrensestrømmålinger viser at oksygentilgangen til armeringen reduseres bak en overflatebehandlet betongflate. Det kan være et resultat av at fuktinnholdet stabiliseres og at fuktutvekslingen reduseres. Dette kan føre til redusert oksygentilgang og dermed redusert korrosjonshastighet, men det er også en mulighet for at det kun vil føre til dannelsen av andre korrosjonsprodukter med mindre sprengende virkning.

- 3) Det er ikke mulig entydig å konkludere om overflatebehandlingen på brua har ført til redusert kloridinntrengning eller utjevning av kloridprofilen. Det anses imidlertid høyst sannsynlig at overflatebehandlingene bremser den videre kloridinntrengningen.

En elastisk akrylemulsjons tykkfilmsmaling som ble forsøkt i prosjektet viste seg ikke å herde i det fuktige kystklimaet. Dette viser at valg av type overflatebehandling til bruk på ei kystbru av betong må gjøres med omtenkksomhet.

4.3 Instrumentert overvåkning

4.3.1 Planlegging og prosjektering

Ved planlegging og prosjektering av et automatisert tilstandsovervåkningsanlegg er det avgjørende å fokusere på følgende momenter:

- Sluttbruker bør være bestiller av arbeidet og må ha en sentral plass i planleggingen.
- Det er viktig å foreta en grundig vurdering for å definere omfang og plassering av permanent installerte sensorer. Antall målepunkt, som skal instrumenteres, må vurderes nøye for å unngå «overinstrumentering» (drukne i data).
- Prosjekteringen må ivareta samtlige elementer som inngår i overvåknings-systemet. Det gjelder målesensorer, signalledninger, dataregistreringsenhet, data-overføringssystem, sluttdokumentasjon, driftsmanual og system for bearbeiding, presentasjon og bruk av måleresultater.
- I prosjekteringen må det spesifiseres at alle materialer, kabling og komponenter som skal benyttes, har tilfredsstillende bestandighet for det miljøet der de blir eksponert.
- Det må i prosjekteringsfasen stilles krav til at den utførende entreprenør utarbeider «as built»- dokumentasjon.

4.3.2 Sensortyper

Ved valg av sensorer som skal installeres, er det viktig å vurdere stabilitet som funksjon av eksponeringstid slik at vedlikeholdsprosedyrer, kalibreringsintervall og utskiftningskriterier kan etableres før anlegget settes i drift. Levetiden for hvert enkelt element av overvåkningssystemet må være tilpasset formålet.

Nedenfor er det oppsummert hvilke sensortyper som kan anbefales for korrosjons- overvåkning av kystbruer med bakgrunn i erfaringene på Gimsøystraumen bru.

Potensialmålinger med innstøpte referanseelektroder

Potensialmålinger med innstøpte referanseelektroder har vært brukt i stort omfang på Gimsøystraumen bru. Erfaringene er mest omfattende med ERE 10/ERE 20 referanse- elektroder, som hittil har gitt pålitelige måleverdier i eksponeringsperioden. Innstøping av referanseelektroder anbefales som en sentral del i et automatisert tilstandsover- våkingssystem. Det anbefales at det installeres 2 referanseelektroder i hvert målepunkt som skal følges opp.

Oksygentransportmåling (potensiostatisk polarisering)

Metoden har vært anvendt på bred basis på Gimsøystraumen bru gjennom måling av oksygentransport i ulike områder og miljøsoner. Erfaringen med målemetoden er god, da den effektivt synes å avspeile forskjeller i miljøbelastning samt effekter av forskjellige vedlikeholds- og reparasjonstiltak. Måling av oksygentransport anbefales inkludert i et automatisert tilstandsovervåkingssystem.

Måling av korrosjonshastighet med elektriske motstandssonder

Elektriske motstandssonder er ikke benyttet i instrumenteringen på Gimsøystraumen bru. Ut fra en vurdering av metoden kan elektriske motstandssonder anbefales brukt, men behovet må vurderes nøye. Der metoden er mest velegnet (i nye konstruksjoner), er oppfølgingsbehovet normalt lavest. En mulighet kan være å installere motstandssonder i byggefasen uten at sonden blir koblet til et automatisert tilstandsovervåkingssystem ved dag null.

Elektrisk motstand

Måling av elektrisk motstand i betongen anbefales inkludert i et automatisert tilstands- overvåkingssystem. På bakgrunn av erfaringene fra Gimsøystraumen bru anbefales det å bruke Wenner-prinsippet for å registrere elektrisk motstand i betongen. I gjennomføring av målingene anbefales det å bruke vekselspanning på 1000 Hz.

Fuktmålinger

Erfaringene fra Gimsøystraumen bru viser at RF er meget stabil over tid i dybder større enn 15 mm fra overflaten. Sensorene kan altså ikke registrere korttidsvariasjonene i betongens yttersjikt. Deres potensielle nytteverdi ligger derfor i å fange opp langtidsendringer i fukttilstanden nærmere armeringen, og i hvilken grad den varierer mellom forskjellige konstruksjonsdeler. Bruk av sonden for måling av relativ fuktighet krever hyppig oppfølging og kalibrering. Metoden anbefales derfor ikke generelt inkludert i et automatisert overvåkingssystem, men bare inkludert ved spesielle målebehov.

Temperaturmåling

Måling av temperatur i betongen bør inkluderes i et automatisert tilstandsovervåkingssystem. På Gimsøystraumen bru er det benyttet temperatursensorer av typen termoelement. Erfaringen tilsier at termoelementtrådene må loddes og elementet kalibreres før innstøping. Temperatursensorene bør installeres i egne borehull og ikke i samme borehull som andre sensorer.

Referansesensorer

Det anbefales å legge inn konstante referansekanaler for eksempel i form av faste motstander som plasseres lokalt i nærheten av øvrige sensorer. Hensikten med referansesensorene er å kontrollere godheten av loggesystemet kontinuerlig og få en indikasjon på hvor eventuelle feil ligger. Referanser må velges med konstante verdier som ligger innenfor måleområdet.

4.3.3 Automatisk overvåkingssystem

Det anbefales å benytte et overvåkingssystem som benytter lokale måleenheter. Dette betyr at analoge signaler blir avlest så nært sensorene som mulig og at signalet blir omformet til et digitalt signal som overføres til lagringsenhet eller PC. Når måleresultatene overføres digitalt, blir de ikke påvirket av støy fra lange måleledninger. Alle data som samles inn, blir permanent lagret i datalageret og kan overføres til brukerens PC ved hjelp av et modem.

4.3.4 Installasjon og driftsfase

For installasjon og driftsfase er følgende tre faktorer avgjørende:

- kontroll av samtlige sensorer etter installasjon
- drift i henhold til en på forhånd utarbeidet driftsplan
- planmessig verifikasjon av måledata.

Kontroll av samtlige sensorer må utføres etter installasjonen. Sensorsignal registreres lokalt ved sensor og sammenlignes med signal som genereres i overvåkingssystemet. I tillegg skal det kontrolleres om sensorsignal har overlappet vekselstrømskomponenter. Kalibrering av sensorene skal demonstrere at de registrerte måleverdier er stabile og korrekte over en periode på minst en måned.

Drift av overvåkingssystemet må baseres på en driftsplan som skal ivareta følgende:

- oversikt og lokalisering av sensorer
- kontrollrutiner med angivelse av nødvendige sjekkpunkter for kontroller med tilhørende sjekklister
- kalibreringsrutiner og kalibreringsprosedyrer
- driftslogg.

Måle-, overførings- og loggesystemet må verifiseres mhp. virkelig målt verdi og logget verdi. Det er ikke tilstrekkelig å kontrollere at data registreres i dataloggesystemet og overføres til en sentral enhet via modem. Det må regelmessig verifiseres at det er fornuftige og rimelig stabile signaler som registreres.

4.3.5 Bruk av måledata

Alle data må presenteres på en enkel måte overfor sluttbrukerne (beslutningstakere). Målingene bør presenteres grafisk og helst gi prognoser for hele installasjonens levetid. Måleresultatene må fange opp både langtidstrender og årstidsvariasjoner.

Hensikten med innhenting av måledata er at sluttbruker skal benytte resultatene i sitt arbeid. Ved å sammenfatte informasjon fra inspeksjoner og registrerte måledata vil resultatene kunne benyttes på flere måter.

Mulige bruksområder er:

- Varsel eller tidlig deteksjon om endringer i korrosjonsoppførsel som gir grunnlag for strakstiltak
- Estimering av levetid (input til vedlikeholds- og inspeksjonsplanlegging)
- Verifikasjon av prosjekteringsforutsetninger.

4.4 Produktutvikling

4.4.1 Faser i produktutvikling

Aktivitetene for utvikling av produkter kan deles i 6 faser. Et produkt går som regel gjennom disse fasene flere ganger inntil det blir funnet tilfredsstillende. Det kan derfor være betydelig overlapping mellom de forskjellige fasene. Produktutviklingen kan deles inn på følgende måte:

1) Kravspesifisering

Kravspesifikasjonene til et produkt defineres. Det må foretas en avveining i forhold til hva som er akseptabelt ut fra krav basert på teknologi, praktiske hensyn, økonomi og HMS.

2) Kontakt med råvareleverandør

Ledende materialleverandører kontaktes for å finne de råvarene som best egner seg for å oppnå de spesifiserte kravene. Råvareleverandørene har mye kunnskap som kan komme til nytte i kjemisk «mixdesign» og hvordan tilsvarende problemer løses andre steder i Europa.

3) Idéutvikling og reseptplanlegging

Eksisterende resepter går gjennom. Eksisterende produkter forbedres, og nye produkter planlegges. Retningsresepter fra internasjonale råvareleverandører gjennomgås og egne resepter settes opp med tilgjengelige råmaterialer. Et produkt kan bestå av opp til 12-13 delmaterialer. Det er derfor svært mange variasjonsmuligheter i reseptoppbyggingen.

4) Laboratoriearbeid

Produktene lages basert på resept fra fase 3. Det er kontinuerlig kontakt med råvareleverandører. Produktenes brukervennlighet vurderes.

5) Testing av egenskaper i laboratoriet

Grunnleggende materialeegenskaper testes i egne laboratorier på forskjellige måter alt etter produkttype.

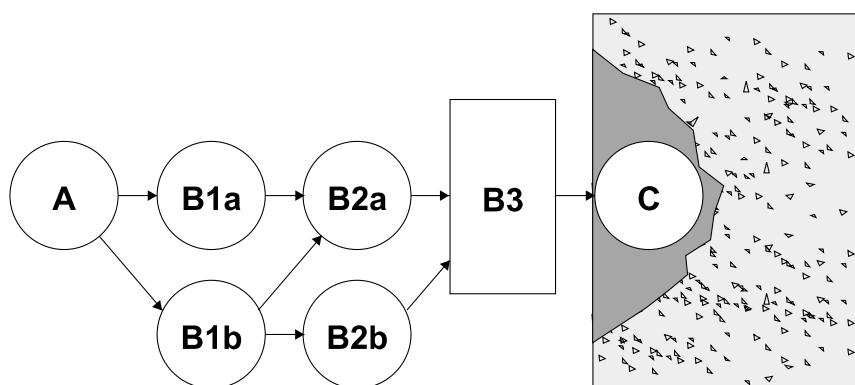
6) Praktisk prøving i felt

- Vurdere praktisk påføring utført av håndverker
- fysikalske prøver i felt, f.eks. heftmålinger
- større prøvereparasjoner av aktuelle skader
- tilbakemelding for eventuell endring av resepter.

4.4.2 Dokumentasjon av materialer og ferdig produkt

For å sannsynliggjøre at de ferdige reparasjoner og vedlikeholdstiltak oppfyller funksjonskravene, må det dokumenteres at produkter/materialer og utførelse tilfredsstillende nærmer angitte akseptkrav. Disse må være kvantifisert i forhold til angitte prøvingsmetoder.

Krav til dokumentasjon må stilles til ulike typer av egenskaper knyttet til de ulike funksjonskrav. Eksempelvis kan det stilles krav til mekaniske egenskaper, bestandighetsegenskaper, elektrokjemiske egenskaper og estetikk. Dokumentasjonen kan også knyttes til ulike nivåer i prosessen fram til det ferdige resultatet. De ulike nivåene i en slik prosess er vist i figur 4.2-1.



- A: Materialets egenskaper i herdet fase
- B1: Materialets egenskaper i utførelsesfasen (B1a og B1b er alternativer)
- B2: Utførelsesmetode (B2a og B2b er alternativer)
- B3: Komplette produkt, dvs. materiale og utførelsesmetode i kombinasjon, demonstrert ved prøvereparasjon
- C: Ferdig produkt i konstruksjonen.

Figur 4.4-1: Nivåer ved formulering av krav, prinsippskisse.

Reparasjoner og vedlikeholdstiltak utføres normalt i en kontraktmessig sammenheng, hvor også ansvaret for kvalitet er regulert mellom byggherre, utførende entreprenør og materialleverandør. Krav til dokumentasjon må være tilpasset til og avspeile disse forholdene.

Byggherrens primære interesse er ferdigreparert konstruksjon, og krav må følgelig stilles til det ferdige produktet på konstruksjonen, dvs. på nivå C i figur 4.2-1. Byggherren bør i tillegg stille krav til de materialene som brukes, dvs. på nivå A i figur 4.2-1, både for å maksimere sannsynligheten for at ferdige produkter oppfyller funksjonskravene og fordi egenskaper kan være enklere å dokumentere for selve materialet.

Det er viktig at kravene på nivå A ikke er innbyrdes motstridende. Det må også påses at kravene i nivå C er mulig å oppnå med de kravene som er satt på nivå A, og at kravene i nivå A ikke på noen måte er i motstrid til kravene i nivå C.

Materialleverandør og utførende entreprenør skal ha frihet til å velge hvilke egenskaper materialene skal ha i utførelsesfasen, og til å fastslå hvilke arbeidsprosedyrer som skal brukes. Byggherren ønsker at produktene skal være mest mulig «robuste» og «utførelsesvennlige», men bør ikke stille spesifiserte krav til dette. Det byggherren må kreve, er at det er utarbeidet arbeidsprosedyrer for utførelsen og at disse følges. Byggherren kan også kreve at entreprenøren demonstrerer sin ferdighet til å oppnå spesifisert resultat med de valgte materialene.

Dokumentasjon nivå A omfatter prøving utført av materialleverandør, som basis for deklarerer av material- og/eller produktegenskaper f.eks. i datablad. Materialleverandøren er ansvarlig for en kontinuerlig kvalitetsstyring, inklusiv prøving, som sikrer at materialet overholder de deklarererte egenskaper (HMS, minimums- og maksimumsverdier, toleranseområde) både separat for enkeltmaterialer og for det komplette produkt. Byggherren vil stille krav til prøvingsmetoder og akseptkriterier men ikke prøvingsfrekvens.

Byggherrens spesifisering i en beskrivelse skal innebære at materialer velges ut fra samsvar mellom spesifisering og materialleverandørens egenskapsdeklarasjon. Under forutsetning av at materialleverandøren kan fremvise en tilstrekkelig kvalitetskontroll av sine produkter, kreves det ingen kontroll av at spesifiserte egenskaper er oppfylt for de enkelte prosjektene. Den kontrollen som utføres på det enkelte prosjekt, vil rette seg mot spesifiserte egenskaper til det samlede produkt.

Dokumentasjon nivå B vil engasjere materialleverandøren på samme måte som dokumentasjon nivå A med unntak av at byggherren ikke vil stille krav til prøvingsmetoder og egenskaper. De egenskapene det gjelder kan være viskositet, åpen tid, herdetid osv.

4.4.3 Produkter fra prosjektet

Tabell 4.1-1 viser hvilke produkter Rescon har utviklet, videreutviklet eller som er såkalte spin off-produkter fra prosjektet.

Nyutviklede produkter

Prosjektet avdekket behov for å utvikle nye produkter. Eksempel på dette er utvikling av reparasjonsmørtel med lite svinn. Observasjoner av riss i reparasjonsmørtler førte til en produktutvikling som fokuserte på mørtelens svinneegenskaper. Rescon arbeidet aktivt med svinneproblematikken og ved hjelp av spesielle sementkombinasjoner ble svinnet i reparasjonsmørtlene redusert 30-40 %. Rescon leverer nå Redirep-systemet med vanlig sementkombinasjon med normalt svinn og Redirep RSF med spesialsement og svinne-kompenserende tilsetningsstoffer.

Et annet eksempel er utvikling av nye vannavvisende impregneringer. Ved undersøkelser av impregneringen som ble utført på Gimsøystraumen bru i 1993, ble det observert meget liten inntrengningsdybde. Betongen var svært fuktig, og eksisterende impregnering viste svært dårlig inntrengningsdybde i fuktig betong. Rescon arbeidet aktivt internasjonalt og nyttiggjorde seg disse erfaringene for å prøve ut nye kombinasjoner av impregneringsmidler som forbedret inntrengning i fuktig betong.

Videreutviklede produkter

Også produkter som var i salg hos Rescon da OFU-prosjektet startet, ble forbedret gjennom prosjektet. Et eksempel er Rescon Protect Lasur som har blitt et «bedre» produkt på grunn av bruk av endret råstoffer.

Tabell 4.1-1: Produkter som ble utviklet, videreutviklet eller «spin off-produkter».

Produkt	Nyutviklet	Videreutviklet	Spin off
Overflatebehandling			
Rescon Redisan betongmaling		X	
Rescon CO ₂ -brems		X	
Protect Lasur		X	
Rescon Cem-Elastic	X		
Rescon Silimp H ₂ O	X		
Rescon Silimp 100	X		
Rescon CI-brems		X	
Rescon Silikatmaling	X		
Rescon Siliprimer	X		
Rescon Elastic		X	
Rescon Epoxy Cem-L	X		
Rescon Epoxy Cem-S	X		
Rescon Epoxy I		X	
Rescon Epoxy V-50 klar		X	
Rescon Epoxy SL-3		X	
Rescon Epoxy KB klar	X		
Rescon Epoxy SRG grønn		X	
Rescon Epoxy BI-R		X	
Rescon Epoxy C		X	
Rescon Epoxy S		X	
Rescon Epoxy Silovern		X	
Rescon Beta R Epoxy-kantforsegl.-epoxy			X
Rescon Beta R Epoxy Primer			X
Rescon Epoflex		X	
Rescon Resflex		X	
Rescon Resflex 400 grå	X		
Rescon VR 10 membran			X
Rescon Fuktsperre			X
Rescon CP primer		X	
Rescon BS primer			X
Rescon Primer E-10	X		
Tilsetningsstoff			
Rescon Superflow 400 N	X		
Rescon Superflow 500	X		
Rescon Superflow 700	X		
Rescon HP-SF		X	
Rescon I-Cur	X		
Rescon Sprut NA 43	X		
Rescon Sprut LA-OS	X		
Rescon Sprut AF-OS	X		
Rescon Easypump	X		

Tabell 4.1-1 fortsetter.

Produkt	Nyutviklet	Videreutviklet	Spin off
Membranherdner			
Rescon Cur-1		x	
Rescon Concur	x		
Rescon Cur-AF	x		
Rescon Cur-F	x		
Rescon Cur-Imp		x	
Rescon Cur-CI		x	
Rescon MH	x		
Mørtel			
Rescon DS		x	
Rescon DS med fiber		x	
Rescon DS-RSF	x		
Rescon DS-KB	x		
Rescon Redirep 25		x	
Rescon Redirep 25 RSF	x		
Rescon Redirep 45		x	
Rescon Redirep 45 RSF	x		
Rescon Redirep 75		x	
Rescon Redisparkel		x	
Rescon Redisit		x	
Rescon Zinkbolt	x		
Rescon Rørmørtel			x
Rescon Nonset 50			x
Rescon Nonset 50 FF			x
Rescon Nonset 120			x
Rescon Nonset 120 FF			x
Rescon Nonset 400			x
Rescon Nonset 400 FF			x
Rescon Nonset 400/75			x
Rescon Conplan R			x
Rescon Conplan VR			x
Rescon Conplan BS			x
Rescon Conplan FS			x

Et annet eksempel er videreutvikling av alle epoksyvariantene. Rescon Epoksy C er en tett epoksy som til daglig benyttes på betong og stål i forbindelse med renseanlegg, oljetanker osv. Epoksy C og mange av de andre epoksyene er bearbeidet med tanke på HMS. Det er fokusert på å finne nye råvarer som er mer helsevennlige, men samtidig muliggjør å lage produkter som tilfredsstillter bruks- og funksjonskrav.

Spin off-produkter

Spin off-produkter er produkter som er utviklet eller videreutviklet på grunn av den kompetansen Rescon har skaffet seg i prosjektet, men som ikke inngår i prosjektet.

Et eksempel kan være Rescon Conplan FS som er en selvutjevne avrettingsmasse. Avrettingsmasser har spesielle krav til svinn og tidligfastheter. Teknologien fra bruk av svinnkompenserte systemer er benyttet for å oppnå ønskede resultater på avrettingsmassen.

4.4.4 Helse, Miljø og Sikkerhet i produktutvikling

I løpet av prosjektperioden ble Rescon AS sertifisert av EMAS (Eco Management and Audit Scheme; på norsk: miljøstyrings- og miljørevisjonsordning). Rescon ønsker ikke å utvikle, produsere og selge produkter som kan forurense ytre miljø og/eller påføre skadevirkninger på mennesker. Rescon søker kontinuerlig mer miljøvennlige løsninger.

Konkrete resultater fra prosjektet er at det er byttet til mer miljøvennlige herdere i mange epoksyvarianter, og at det er blitt utviklet nye alkaliefrie akseleratorer.

Det er arbeidet aktivt med malinger og belegg for å unngå bruk av løsemiddel. Det er tilsiktet at kun de mest miljøvennlige råvarene brukes.

4.5 Sertifisering av Rescon

Rescon har gjennom sertifiseringsprosessen utviklet sin arbeidsmetodikk ved at kvalitetsstyringen er eksternt sertifisert av Det Norske Veritas. Utvikling, salg og produksjon i Rescon AS er sertifisert etter ISO 9001, mens Resconsult AS som spesialentreprenør er sertifisert etter ISO 9002. Sertifiseringsprosessen har ført til at bedriften har gått videre og har i dag også sitt miljøstyringssystem godkjent etter den europeiske ordningen EMAS. Rescon er trolig den første bedrift innenfor sitt område i Europa som har fått EMAS-kvalitetsstempelet. Også denne sertifiseringen er foretatt av Det Norske Veritas.

Helse-, miljø- og sikkerhetsspørsmål ble tidligere sett på som pålegg og krav fra myndigheter, og var dermed kostnader som reduserte produktivitet og fortjeneste. I dag satser Rescon på det som en strategisk investering som skal gi økt produktivitet og fortjeneste.

Bakgrunn for kvalitetsarbeidet er det samme som for produktutviklingen: Gjennom godkjent og prøvet kompetanse på høyt og stadig høyere nivå, bidra til økt konkurranse-dyktighet.

4.6 Doktorgradsutdanning

Prosjektet har finansiert to doktorgradsarbeider. Disse arbeidene er utført av Claus K. Larsen som til daglig arbeider på Veglaboratoriet, og av Roar Myrdal som er ansatt hos Rescon.

Avhandlingen til Claus K. Larsen omhandler kloridbinding og porevannets sammensetning i betong /6/. Tittelen er «Chloride binding and pore solution composition in concrete - Effect of concrete composition and environment». Doktorgradsarbeidet førte frem til graden dr. ing. og ble gjennomført ved Norges Tekniske Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) med førsteamanuensis Øystein Vennesland som veileder.

Avhandlingen til Roar Myrdal omhandler elektrokjemiske målemetoder for overvåkning av armeringskorrosjon /7/. Tittel på avhandlingen er «Evaluation of Electrochemical Techniques for Assessing Corrosion of Steel in Concrete». Avhandlingen førte frem til graden dr. scient. og ble gjennomført ved Universitetet i Oslo. Veileder har vært professor Ketil Videm.

Et tredje doktorgradsstudium har vært knyttet til prosjektet, men ikke finansiert gjennom OFU-kontrakten. Det er arbeidet til Per Egil Steen som da var ansatt ved Bruavdelingen. Avhandlingen til Steen /8/ har tittel «Estimation of Chloride Penetration into Concrete bridges in Coastal Areas» og ble gjennomført ved Norges Tekniske Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) med førsteamanuensis Øystein Vennesland og professor Erik Sellevold som veiledere.

5 Sluttdokumentasjon

5.1 Publikasjoner

Følgende sluttdokumentasjon fra prosjektet OFU Gimsøystraumen bru er gitt ut i publikasjonsserien til Vegteknisk avdeling (tidligere Veglaboratoriet):

Publikasjon nr. 84

OFU Gimsøystraumen bru - Sluttrapport: Prøvereparasjon og produktutvikling /1/.

Publikasjon nr. 85

OFU Gimsøystraumen bru - Sluttrapport: Klimapåkjenning og tilstandsvurdering /2/.

Publikasjon nr. 86

OFU Gimsøystraumen bru - Sluttrapport: Instrumentering, dokumentasjon og verifikasjon /3/.

Publikasjon nr. 87

OFU Gimsøystraumen bru: Anbefalinger for inspeksjon, reparasjon og overflatebehandling av kystbruer i betong /4/.

Publikasjon nr. 88

OFU Gimsøystraumen bru: Anbefalinger for instrumentert korrosjonsovervåkning av kystbruer i betong /5/.

Publikasjon nr. 89

OFU Gimsøystraumen bru: Hovedresultater og oversikt over sluttdokumentasjon (denne rapporten).

Alle disse publikasjonene kan bestilles fra:

Vegdirektoratet
Vegteknisk avdeling
Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

5.2 Andre rapporter

Oversikt over øvrige rapporter utarbeidet i prosjektet er vist i tabell 5.2-1.

Tabell 5.2-1: Oversikt over øvrige rapporter.

Rapport nr.	Forfatter	Tittel	Dato
A-93-001	Claus K. Larsen	Program og gjennomføring av forhåndskartlegging; Prøvereparasjon 1, 1993. 18 s.	01.12.93
A-93-002	Olav Ødegård	Instrumentering for korrosjonsovervåking i akse 2-3 på Gimsøystraumen bru. 21 s. + vedlegg	23.12.93
A-94-008	Olav Ødegård	Manuelle målinger i akse 3-2; Måleomgang 1. 7 s. + vedlegg	22.01.94
A-94-009	Alf Ruud, Tone Wessel, Snorre Emil Jenssen	Utforming av mal for rapportering. 7 s.	31.03.95
A-94-010	Roar Myrdal	Armeringskorrosjon i søyler, akse 2-3 på Gimsøystraumen bru. 10 s. + vedlegg	05.04.94
A-94-011	Trond Helgedagsrud	Sluttrapport Prøvereparasjon 1, Gimsøystraumen bru. 17 s. + vedlegg	10.06.94
A-94-014	Jan Eri	Datalogging av instrumentering i akse 2-3 på Gimsøystraumen bru. 19 s.	05.05.94
A-94-015	Claus K. Larsen	Resultater fra forhåndskartleggingen og laboratorieanalyser; Prøvereparasjon 1. 1993. 25 s. + vedlegg	27.05.94
A-94-016	Steinar Fjeldheim	Oppsummering av analyser/beregninger på Gimsøystraumen bru. 94 s.	29.04.95
A-94-017	Steinar Hognestad, Bernt Kristiansen, Roar Myrdal	Sluttrapport Prøvereparasjon 2. 68 s. + vedlegg	09.03.95
A-94-018	Jan Eri	Datalogging av instrumentering Prøvereparasjon 1 og 2 på Gimsøystraumen bru. 22 s. + vedlegg	03.03.95
A-94-019	Problemdefinisjonsgruppen	Problemdefinisjon og produktdokumentasjon; Rapport 2: Aktivitetsplan for utvikling. 67 s. + vedlegg	15.02.95

Rapport nr.	Forfatter	Tittel	Dato
A-95-023	Tor Berg	Byggherrens sluttrapport; Prøvereparasjon 2. 22 s. + vedlegg	08.02.95
A-95-026	Problemedefinisjonsgruppen	Problemedefinisjon og produktdokumentasjon; Rapport 1: Problemedefinisjon. 57 s. + vedlegg	17.01.95
P-95-030	Snorre Emil Jensen	Kvalitetssikring av OFU – Gimsøystraumen bru	30.03.95
A-95-031	Geir Ivar Sletten	Pålitelighet av instrumentering og målinger på Gimsøystraumen bru	28.08.95
A-95-032	Steinar Hognestad, Roar Myrdal, Bernt Kristiansen	Sluttrapport; Prøvereparasjon 3	12.01.96
A-95-033	Tor Berg	Byggherrens sluttrapport; Prøvereparasjon 3	11.12.95
A-96-035	Problemedefinisjonsgruppen	Rapport 3: Dokumentasjonskrav	06.01.96
P-96-036	Tor Berg	Værdata for Gimsøystraumen bru	18.10.96
P-96-037	Tor Berg	Utprøving av overflatebehandlinger på betongheller	12.12.96
P-96-038	Erik Sellevold, Geir Ivar Sletten	OFU Gimsøystraumen bru: Elektrisk motstand i betongen	31.10.96
P-96-039	Øystein Vennesland	OFU Gimsøystraumen bru: Elektrokjemiske metoder	06.05.97
S-96-040	Reparasjonsgruppen	OFU Gimsøystraumen bru: Klimapåkjennning og tilstandsvurdering	13.12.97
S-96-041	Reparasjonsgruppen	OFU Gimsøystraumen bru: Prøvereparasjon og produktutvikling	10.01.97
P-96-042	Bernt Kristiansen	OFU Dokumentasjon	18.12.97
P-96-043	Erik Sellevold	OFU Gimsøystraumen bru: Betongens fukttilstand	14.01.97
P-97-044	Roar Myrdal Ketil Videm	OFU Gimsøystraumen bru: Vurdering av EKP-målinger og Gecor 6	14.02.97
S-97-045	IDV-gruppen	OFU Gimsøystraumen bru: Instrumentering, dokumentasjon, verifikasjon	31.12.97

5.3 Kurs- og konferansebidrag

Oversikt over kurs- og konferansebidrag er vist i tabell 5.3-1.

Tabell 5.3-1: Oversikt over kurs- og konferansebidrag samt artikler.

Forfatter	Tittel	Publisert sted/dato
Aage Blankvoll	OFU Gimsøystraumen bru - Offentlig forsknings- og utviklingskontrakt - Rehabilitering av kystbru i betong	Nordisk Vegteknisk Forbund, Utskott 61. Seminar 23.-24. august 1994
Aage Blankvoll, Finn Fluge	Chloride Exposure on Gimsøystraumen bridge - Results from Extended Condition Survey	Nordisk Miniseminar Lund, 1.-2. feb. 1995
Roar Myrdal, Ketil Videm	Evaluation of Corrosion of Steel Reinforcement in Concrete from Potential Measurements of Embedded Reference Electrodes	Corrosion '95, NACE, Orlando, FL USA, March 1995 Paper No. 512
Roar Myrdal, Ketil Videm	Factors Affecting the Electrochemical Potential of Reference Electrodes Embedded in Concrete	Nordisk Miniseminar Lund, 1.-2. feb. 1995
Ketil Videm, Roar Myrdal	Problems with Electrochemical Methods for the Study of Corrosion of Steel Embedded in Concrete	Nordisk Miniseminar Lund, 1.-2. feb. 1995
Claus K. Larsen	The Composition of the Pore Water as a Function of the Surrounding Solution	Nordisk Miniseminar Lund, 1.-2. feb. 1995
Erik Sellevoll, Claus K. Larsen	Moisture State in a Concrete Bridge	Nordisk Miniseminar Lund, 1.-2. feb. 1995
Roar Myrdal, Ketil Videm	Evaluation of Corrosion of Steel Reinforcement in Concrete by Electrochemical Methods	International Conference of Corrosion in Natural and Industrial Environment, NACE, Grado, Italia, May 1995
Tor Berg	Byggherrens kontroll i felt	NIF-kurs: Betongsprøyting til reparasjonsformål, Fagernes, mars 1995
Aage Blankvoll	OFU - Gimsøystraumen bru Organisering - Gjennomføring - Prosjektomfang - Målsettinger	NIF-kurs: Betong-rehabilitering i praksis, Svolvær 17.-18. aug. 1995

Forfatter	Tittel	Publisert sted/dato
Aage Blankvoll	Miljøpåkjenninger	NIF-kurs: Betong-rehabilitering i praksis, Svolvær 17.-18. aug. 1995
Tor Berg	Strategivurderinger - Prøvereparasjoner	NIF-kurs: Betong-rehabilitering i praksis, Svolvær 17.-18. aug. 1995
Roar Myrdal	Instrumentering	NIF-kurs: Betong-rehabilitering i praksis, Svolvær 17.-18. aug. 1995
Bård Espelid	Kloridinitiert korrosjon av stål i betong	NIF-kurs: Betong-rehabilitering i praksis, Svolvær 17.-18. aug. 1995
Bernt Kristiansen	Forhåndskartlegging – Tilstandsdokumentasjon	NIF-kurs: Betong-rehabilitering i praksis, Svolvær 17.-18. aug. 1995
Bernt Kristiansen	Reparasjoner	NIF-kurs: Betong-rehabilitering i praksis, Svolvær 17.-18. aug. 1995
Reidar Kompen	Problemedefinisjon	NIF-kurs: Betong-rehabilitering i praksis, Svolvær 17.-18. aug. 1995
Bjørn Bonsak	Produktutvikling	NIF-kurs: Betong-rehabilitering i praksis, Svolvær 17.-18. aug. 1995
Aage Blankvoll	Fuktinnhold i brubetong	NIF-kurs: Betong-rehabilitering i praksis, Svolvær 17.-18. aug. 1995
Bernt Kristiansen	Utførelse av reparasjon	NIF-kurs: Betong-rehabilitering i praksis, Svolvær 17.-18. aug. 1995
Steinar Hognestad	Entreprenørens erfaringer	NIF-kurs: Betong-rehabilitering i praksis, Svolvær 17.-18. aug. 1995
Tor Berg	Byggherrens erfaringer	NIF-kurs: Betong-rehabilitering i praksis, Svolvær 17.-18. aug. 1995
Aage Blankvoll	OFU Gimsøystraumen bru - Erfaringer fra prøveparasjoner i 1993, 1994 og 1995	Bruvedlikeholds-konferansen, Oslo, 21-22. sept. 1995

Forfatter	Tittel	Publisert sted/dato
Aage Blankvoll	Drift og levetidsvurderinger for betongbruer med bakgrunn i OFU Gimsøystraumen bru	Norsk Betongdag 1995, Trondheim 25.-28, okt. 1995
Bjørn Bonsak	Hydrofobering	Norsk Betongdag 1995, Trondheim 25.-28, okt. 1995
Finn Fluge, Aage Blankvoll	The consequences of environmental loading on design criteria for concrete bridges	FIP Symposium, London, 25-27 September 1996
Steinar Fjeldheim, Knut Grefstad, Erik Åldstedt	Deterioration of a prestressed concrete box girder bridge - assessment of residual strength	FIP Symposium, London, 25-27 September 1996
Roar Myrdal, Aage Blankvoll	Techniques for monitoring of chloride-induced corrosion of reinforced concrete structures	FIP Symposium, London, 25-27 September 1996
Erik J. Sellevold, Claus K. Larsen, Aage Blankvoll	Moisture state of concrete in a coastal bridge	Durability of Concrete, Sydney Aug. 17-22, 1997
Claus K. Larsen	Pore water as a function of the surrounding solution	Miniseminar LTH, Lund, februar 1995
Claus K. Larsen	Effect of Type of Aggregate, Temperature and Drying/Rewetting on Chloride Binding and Pore Solution Composition	Rilem Workshop on Chloride Transportation into Concrete, St. Remy, France Oct. 1995
Roar Myrdal	The Electrochemical Behaviour of Steel in Concrete and How to Evaluate the Corrosion Rate	Corrosion '96, NACE, Houston, TX, USA, 1996. Paper No. 348
Roar Myrdal	Phenomena that Disturb the Measurement of Potentials in Concrete	Corrosion '96, NACE, Houston, TX, USA, 1996. Paper No. 339
Ketil Videm, Roar Myrdal	Evaluation of Electrochemical Methods for the Study of Corrosion of Steel Reinforcement in Concrete	Seventh Middle East Corrosion Conference, Bahrain, Feb. 26-28, 1996
Aage Blankvoll	Durability, Repair and Monitoring of Concrete Bridges	Symposium on Nordic Concrete Research, August 1996, Espoo, Finland

Forfatter	Tittel	Publisert sted/dato
Aage Blankvoll	OFU Gimsøystraumen bru	Brukonferansen: Forskning og utvikling i brusektoren, Oslo 1996
Ketil Videm, Roar Myrdal	The electrochemical behaviour of steel in concrete and how to evaluate the corrosion rate	Corrosion '96, NACE, Houston, TX, USA, 1996. Paper No. 348
Claus K. Larsen	Do aggregates affect the pore solution of concrete?	XVI Symposium on Nordic Concrete Research August, 21-23, 1996, Espoo, Finland
Claus K. Larsen	Effect of concrete and environmental parameters on the pore solution composition and chloride binding in concrete	XVI Symposium on Nordic Concrete Research August, 21-23, 1996, Espoo, Finland
Claus K. Larsen	Influences on the pore solution composition of concrete in the cover zone	Eurocorr '96, September 24-26, 1996, Nice, Frankrike
Claus K. Larsen	Effect of temperature on chloride ingress and chloride binding in hardened cement paste	Manuscript for the 10th ICCI, June 2-6 1997, Göteborg, Sverige
Aage Blankvoll	History of the Gimsøystraumen Bridge Repair Project	Proceedings from «Repair of Concrete Structures», Norway, 28-30 May 1997
Elisabeth Schjøberg	Lessons learnt and new practices	Proceedings from «Repair of Concrete Structures», Norway, 28-30 May 1997
Geir Tjugum	Not just a technical success!	Proceedings from «Repair of Concrete Structures», Norway, 28-30 May 1997
E. Sellevold, Ø. Vennesland, Ketil Videm	Benefits for the academic community	Proceedings from «Repair of Concrete Structures», Norway, 28-30 May 1997
Finn Fluge	Environmental Loads on Coastal Bridges	Proceedings from «Repair of Concrete Structures», Norway, 28-30 May 1997
Knut Grefstad	Corrosion Condition on Gimsøystraumen Bridge and other Norwegian Coastal Bridges	Proceedings from «Repair of Concrete Structures», Norway, 28-30 May 1997

Forfatter	Tittel	Publisert sted/dato
Claus K. Larsen	Chloride-binding, Effect of Temperature, Wetting/Drying, Silica fume and Carbonation Problem	Proceedings from «Repair of Concrete Structures», Norway, 28-30 May 1997
Bård Espelid, Kjetil Videm, Ian Markey	Strategies for Monitoring Durability of a Concrete Structure	Proceedings from «Repair of Concrete Structures», Norway, 28-30 May 1997
Øystein Vennesland	Electrochemical Parameters of Repaired and Non-Repaired Concrete in Gimsøystraumen Bridge	Proceedings from «Repair of Concrete Structures», Norway, 28-30 May 1997
Erik Sellevold	Resistivity and Humidity Measurements of Repaired and Non-repaired Areas in Gimsøystraumen Bridge	Proceedings from «Repair of Concrete Structures», Norway, 28-30 May 1997
Aage Blankvoll	Experience from Mechanical Repair of Gimsøystraumen Bridge	Proceedings from «Repair of Concrete Structures», Norway, 28-30 May 1997
R. Myrdal, Kjetil Videm	Instrumentation and Condition Assessment Performed on Gimsøystraumen Bridge	Proceedings from «Repair of Concrete Structures», Norway, 28-30 May 1997
K. Videm, Ø. Vennesland, R. Myrdal, E. Sellevold	Sensor Technology and Electrochemical Measurements. What has been Learnt from the Gimsøystraumen Project	Proceedings from «Repair of Concrete Structures», Norway, 28-30 May 1997
Jon Halden	Surface Treatment as Part of a Maintenance Strategy	Proceedings from «Repair of Concrete Structures», Norway, 28-30 May 1997
Bernt Kristiansen	Protective Coatings applied in Coastal Climate. Materials, Application, Performance	Proceedings from «Repair of Concrete Structures», Norway, 28-30 May 1997
Bjørn Bonsak	Hydrophobic Impregnation of Concrete	Proceedings from «Repair of Concrete Structures», Norway, 28-30 May 1997
Reidar Kompen	What can be done to improve the quality of new concrete structures?	Proceedings from «Repair of Concrete Structures», Norway, 28-30 May 1997
Aage Blankvoll	Avslutning av «OFU prosjekt Gimsøystraumen» - erfaringer og konklusjoner	Norsk Betongdag, Trondheim, 1997

6 Formidling av resultater

6.1 Kurs, seminarer og artikler

Formidling av resultater fra prosjektet er gjennomført på flere måter. Det er arrangert flere kurs og seminarer både i regi av Statens vegvesen og Rescon. Prosjektet har i tillegg bidratt med foredrag og innlegg på en rekke kurs, seminarer og konferanser arrangert av Statens vegvesen eller bransjen forøvrig.

I 1995 ble det arrangert NIF-kurs i Svolvær med tittel «Betongrehabilitering i praksis - Gimsøystraumen bru» med foredrag kun fra prosjektet kombinert med befarings på brua under pågående reparasjonsarbeider. Etter prosjektavslutning i januar 1998 ble det arrangert eget SK-kurs for vegvesenansatte med tittel «OFU Gimsøystraumen bru: Resultater og anbefalinger».

Det har blitt holdt innlegg på Norsk Betongdag både i 1995 og 1997. Resultater er blitt presentert internt i Statens vegvesen både ved deltakelse på den årlige Bruvedlikeholds-samlingen og Brukonferansen.

Resultater fra prosjektet er presentert ved en rekke konferanser rundt om i verden. De ulike konferansebidragene er listet opp i kapittel 5.3. I tillegg arrangerte prosjektet en egen avslutningskonferanse som er nærmere omtalt i kapittel 6.2.

Flere artikler er publisert i fagtidsskrifter som Våre Veger, Betongindustrien og Nordic Road & Transport Research.

6.2 Avslutningskonferanse

For å markere avslutningen på prosjektet, ble den internasjonale konferansen «Repair of Concrete Structures - From Theory to Practice in a Marine Environment» arrangert i Svolvær 28.-30. mai 1997. Konferansen samlet ca. 170 betong- og bruinteresserte.

Konferansens hensikt var både å formidle prosjektets hovedresultater til omverdenen og å profilere de tre samarbeidspartnerne Statens vegvesen, Rescon AS og SND. En egen sesjon på konferansen var rettet mot beslutningstakere og politikere bl.a. for å få i gang en diskusjon om hvordan virkemiddelapparatet kan benyttes til finansiering av FoU-prosjekter. «OFU Gimsøystraumen bru» er et eksempel på konstruktiv bruk av offentlige forsknings- og utviklingskontrakter. Dessverre hadde man i liten grad klart å nå frem til denne målgruppen slik at diskusjonen ble svært amputert.

Et annet viktig formål med konferansen var å få presentert resultater fra lignende prosjekter rundt om i verden og få en bred evaluering av egne resultater og konklusjoner fra OFU-prosjektet fra ressurspersoner i det internasjonale fagmiljø. Denne delen av konferansen svarte til forventningene. Fagfolk fra 20 land deltok på konferansen. De fleste land i Europa, samt USA, Japan og Australia var representert. Deltakere fra vegmyndigheter og universitetsmiljø dominerte, men konsulenter og industri var også representert.

Foredragene fra konferansen er samlet i Proceedings /9/ og Additional Papers to the Proceedings /10/. Begge publikasjonene ble utgitt av Veglaboratoriet og kan bestilles fra:

Vegdirektoratet
Vegteknisk avdeling
Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

7 Måloppnåelse

Hovedmålsetningene i prosjektet er helt eller delvis oppnådd. Måloppnåelsen i forhold til de uttalte målsetningene ved prosjektstart (kapittel 2.2) er nærmere kommentert nedenfor.

Kompetanseheving

Kompetanseheving er oppnådd både hos Statens vegvesen og Rescon gjennom prosjektet. Prosjektet har vært svært omfattende og tverrfaglig. Det er derfor oppnådd kompetanseheving på flere ulike områder som:

- inspeksjon av bruer
- bestandighet av betongkonstruksjoner i kystklima
- vedlikeholds- og reparasjonsteknikk
- produktutvikling
- instrumentert tilstandsovervåkning.

I tillegg har prosjektdeltakerne økt sin kompetanse når det gjelder gjennomføring av FoU-prosjekter.

Ny kunnskap

Ny kunnskap og erfaring er fremskaffet og følgende kan trekkes frem:

- a) Inspeksjonene på Gimsøystraumen bru har vært så omfattende og systematiske at det har vært mulig å utarbeide en unik dokumentasjon som har vært benyttet for å belyse følgende:
 - hvilke faktorer som bestemmer kloridbelastning på kystbruer
 - kritisk kloridinnhold og potensial som fører til korrosjon
 - betydning av det gamle regelverket innenfor bruprojektering for bruas bestandighet.
- b) Det er fremskaffet kjennskap til statiske begrensninger for fjerning av betong fra bruas overbygning. Kunnskap om dette er fremskaffet gjennom erfaringar i felt og statiske analyser. Dette har betydning for hvilke type reparasjoner som er mulige å gjennomføre for denne typen bruer.
- c) Prosjektet har fremskaffet erkjennelse for at høyspentkabler i brukasse kan ha betydning for bruas bestandighet / levetid. Det er i alle fall hevet over tvil at høyspentkabler skaper problemer for fremtidig instrumentert overvåkning av bruer.

- d) Prosjektet har fremskaffet ny kunnskap om korrosjonsovervåkning i betong. Det gjelder både kontinuerlige målinger (logging) og enkeltmålinger. Spesielt kan målingene av oksygentransport til armeringen trekkes frem.
- e) Prosjektet har fremskaffet ny kunnskap om fukt i betong utsatt for kystklima. Det kan ha direkte relevans både for hvilke typer overflatebehandlinger som kan forventes å være bestandige og ha effekt i kystklima.
- f) Tre doktorgradsstudenter i prosjektet har utført forskningsarbeid. Doktogradsarbeidene omhandlet kloridbinding og porevannets sammensetning i betong /6/, elektrokjemiske målemetoder for overvåkning av armeringskorrosjon /7/ og levetid som følge av kloridinntrengning for kystbruer av betong /8/.

Utvikling av produkter

Rescon har både foretatt utstrakt videreutvikling av «opprinnelig» produktspekter og utviklet nye produkter gjennom prosjektet. Det er nyutviklet til sammen 27 produkter og videreutviklet 50 produkter, hvorav 27 med direkte relevans til prosjektet. Produktegenskapene har også blitt dokumentert i eksternt laboratorium.

Reparasjonsveiledning

Det er blitt utarbeidet både en «Reparasjonsanbefaling» /4/ og en «Instrumenteringsanbefaling» /5/ som er gitt ut i Publikasjonsserien til Vegteknisk avdeling (tidligere Veglaboratoriet). Begge anbefalingene inneholder spesiell beskrivelse slik at publikasjonene skal kunne nyttiggjøres ved nye prosjekter. Reparasjonsanbefalingen og Instrumenteringsanbefalingen er forutsatt å være et supplement til håndbøker til Statens vegvesen.

Rehabilitering av brua

Brua har fått et tiltrengt vedlikehold og nødvendig reparasjon. Valgt vedlikeholdsstrategi for brua vil imidlertid føre til at nye tiltak er nødvendig i løpet av en 10-årsperiode (regnet fra 1997).

Sertifisering iht. ISO 9000-serien

Bedriftens kvalitetsstyringssystem er eksternt sertifisert i prosjektet etter høyeste internasjonale klasse av Det norske Veritas; ISO 9001 for Rescon AS og ISO 9002 for Resconsult AS. Bedriftens miljøstyringssystem er godkjent etter høyeste ordning i Europa EMAS av eksternt revisor Det norske Veritas.

Bedre Rescons konkurranseevne

Prosjektet har utvilsomt bedret Rescons konkurranseevne. Dette har skjedd i kraft av prosjektets størrelse i seg selv, økt kompetanse, bedret systematikk innenfor produktutvikling, innføring av kvalitetstyringssystem og markedsføring.

8 Nytteverdi

8.1 Nytteverdi for Statens vegvesen

Prosjektet har engasjert mange faglige ressurspersoner i Statens vegvesen. Prosjektet har på grunn av størrelse og kompleksitet bidratt til å gi etaten kompetanseheving på flere ulike områder. Prosjektets FoU-aktiviteter knyttet til prøvereparasjonene og dr.gradsarbeidene har fremskaffet ny kunnskap som ligger på et høyt faglig nivå.

Resultatene fra prosjektet er gjennom hele prosjektperioden formidlet gjennom kurs og konferanser internt i etaten. Etter prosjektavslutning ble det dessuten arrangert eget kurs for vegvesenansatte med presentasjon av prosjektets resultater.

Det er utarbeidet skriftlig dokumentasjon i form av «Reparasjonsanbefaling» /4/ og «Instrumenteringsanbefaling» /5/ for direkte å kunne nyttiggjøre seg resultatene fra OFU-prosjektet i nye prosjekter som omhandler inspeksjon, vedlikehold, reparasjon eller tilstands- overvåkning av kystbruer i betong.

Resultater fra prosjektet har også vært benyttet i utarbeidelsen av håndbøker fra Statens vegvesen der det har vært mulig i forhold til utgivelsestakten til håndbøkene og prosjektets fremdrift.

Statens vegvesen forvalter en brumassen verdt bortimot 50 milliarder kroner. Årlig bruvedlikehold i Norge har ligget i området 0,55-0,8 % av nyverdi pr år. Dersom prosjektet «OFU Gimsøystraumen bru» har bidratt til å bedre bruforvaltningen i Statens vegvesen med kun en prosent, vil det gi millioner i sparte kostnader hvert år.

8.2 Nytteverdi for Rescon AS

Prosjektet har gitt Rescon AS, som er en liten bedrift i et næringssvakt område, mulighet til å fokusere på utvikling av produkter og teknologi for å dekke Statens vegvesen sitt behov innen betongrehabilitering. Det har styrket Rescons teknologi og økt konkurranse- evnen, samtidig som det har vært god distriktsutvikling.

Arbeidet er lagt opp som et samarbeid for å nyttiggjøre seg både Rescons og Statens vegvesens praktiske erfaring og teoretiske ekspertise og samtidig nyttiggjøre seg grunnlags- forskning fra Universitetet i Oslo og NTNU i Trondheim. Man har lyktes i å få til det vanske- lige samspillet mellom praktisk produktutvikling i en liten bedrift, praktisk problemløsning

for en offentlig etat og forskning på høyt faglig nivå. Det unike med prosjektet er på mange måter kombinasjonen av teori og praksis.

Prosjektet har resultert i flere nye og/eller forbedrede produkter, som Statens vegvesen og andre finner attraktive. Nye utførelsesteknikker er utviklet, og utførelsesprosedyrer er utarbeidet. Prosjektet har også resultert i at bedriften har tatt flere nye patenter. Videre har flere «spin off-produkter», som alkaliefri akselerator, fått sin start ut fra prosjektets kompetanse. Nye og gamle produkter og løsninger er blitt bedre dokumentert, og dokumentasjonen er satt i system.

Teknologisk kompetanseheving har gitt Rescon økt konkurranseevne. Kompetanseheving av personene som skal løse bedriftens daglige utfordringer, er høyst sannsynlig Rescons viktigste resultat. Kompetansehevingen gir eksternt tillit og ikke minst selvillit. Det siste gir mot til å bruke kompetansen på nye områder som gir Rescon et fundament for videre utvikling. Bedriftens respekt i forskningsmiljøer har steget betydelig både nasjonalt og internasjonalt. En annen viktig effekt er mer respekt hos internasjonale råvareleverandører, noe som er viktig for deres satsing på Rescon.

Prosjektet har pga. økt salg til Statens vegvesen og andre vært lønnsomt i hele prosjektperioden. Ekstrasalget har mer enn dekket Rescons egenandel av investeringene. Prosjektet har bidratt til at de økonomiske prognosene fremover er gode.

Siden prosjektets start har omsetningen i Rescon øket fra ca. 100 mill. kr. pr. år til 170 mill. kr. i 1998, hele tiden med godt økonomisk resultat. Sysselsettingen i bedriften har økt med ca. 20 % fra prosjektstart til i dag, totalt ca. 100 medarbeidere.

Prosjektet har vært en svært viktig referanse både nasjonalt og internasjonalt, og åpnet markeder til etaten og andre profesjonelle kunder. Prosjektet har dessuten gitt Rescon nyttig erfaring i samarbeide med offentlig etat og dens innkjøpsprosess.

8.3 Samfunnsøkonomi

Prosjektets effekt på samfunnsøkonomien er vurdert ut fra en modell NHO benyttet på Rescons 1994-regnskap. Det tas hensyn til bedriftens regnskapsresultat og noen andre parametere. Modellen er brukt for hele prosjektperioden fra 1993 til og med 1997. Antall årsverk hos Rescon og dens norske leverandører økte fra 105 til 160 i løpet av denne perioden. Total skatt og avgifter for bedriften og ansatte og dens leverandører med ansatte er akkumulert til hele 180 mill. kr i prosjektperioden.

Ved å foreta en omregning fra skatteinntekter til sykehjemsplasser tilsvarer økningen i totale skatter en økning fra 98 til 147 sykehjemsplasser fra 1993 til 1997. En omregning på denne måten kan selvsagt diskuteres, men utviklingstrenden er klart positiv.

Det er ikke lett å si hvor mye av Rescons vekst og verdiskaping som kan tilskrives prosjektet, men det anslås at prosjektet kan tilskrives mer enn 50 % av veksten. Basert på disse vurderingene og anslagene har prosjektet gitt tilbake til staten et beløp som er en til to ganger det beløpet staten har satt inn i prosjektet gjennom SND.

Dette viser at stimulering av næringslivet gjennom virkemidler som OFU-kontrakter kan være lønnsomt ut fra rene samfunnsøkonomiske betraktninger. Det betinger selvsagt at stimuleringen er nyttig på den måten at den bidrar til økt vekst og verdiskaping i næringslivet. Generelt kan man regne *en* ny arbeidsplass i en bedrift gir *en* ny utenfor bedriften og *en* i det offentlige. Vekst i en bedrift gir et styrket lokalmiljø.

8.4 Nytteverdi for de akademiske miljøer

Prosjektet har bidratt sterkt til nettverksbygging mellom de akademiske miljøer, Statens vegvesen, Rescon og noen av landets ledende konsulenter. De akademiske miljøer som i større eller mindre grad har vært inne i prosjektet, er Norges Tekniske Naturvitenskapelige Universitet (NTNU), SINTEF, Universitetet i Oslo (UiO), Høgskolen i Narvik (HIN) og Norut Teknologi.

Tre doktorgradsstudenter har vært fast knyttet til prosjektet. Det er nærmere beskrevet i kapittel 4.6. I tillegg har til sammen 8 hovedoppgaver på høgskole- og universitetsnivå vært gjennomført i samarbeid med prosjektet.

9 Langsiktig oppfølging

Det vil bli foretatt en videre oppfølging av de utførte prøvereparasjonene på Gimsøystraumen bru. Oppfølgingen er planlagt å strekke seg over en 10-årsperiode. Oppfølging vil bli gjort ved fortsatt drift av overvåkningssystemet og jevnlig inspeksjoner og kontrollmålinger på brua.

Problemstillinger som blir det blir sett nærmere på i oppfølgingsprosjektet er:

- 1) bestandighet av mekaniske reparasjoner i områder med kloridholdig betong
- 2) effekt av inhibitorer i reparasjonsmørtler på eventuell korrosjonsaktivitet
- 3) kloridutjevning i reparasjonsmørtler
- 4) bestandighet og heft av ulike overflatebehandlinger i kystklima
- 5) kloridbremsende egenskaper for ulike overflatebehandlinger
- 6) effekt av ulik forbehandling (rengjøring) før overflatebehandling
- 7) utjevning av klorider bak overflatebehandling
- 8) overflatebehandlings betydning for fukt i betong, oksygentilgang til armering og korrosjonsaktivitet
- 9) brukbarheten av ulike instrumenterings- og overvåkningsteknikker med hensyn på korrosjonsovervåkning i kystklima.

Resultatene fra oppfølgingsprosjektet vil i første rekke bli kanalisert gjennom revisjoner av Reparasjonsanbefalingen /4/ og Instrumenteringsanbefalingen /5/. De sentrale aktørene i oppfølgingsprosjektet er Statens vegvesen Nordland, Bruavdelingen, Vegteknisk avdeling og Rescon AS.

10 Referanser

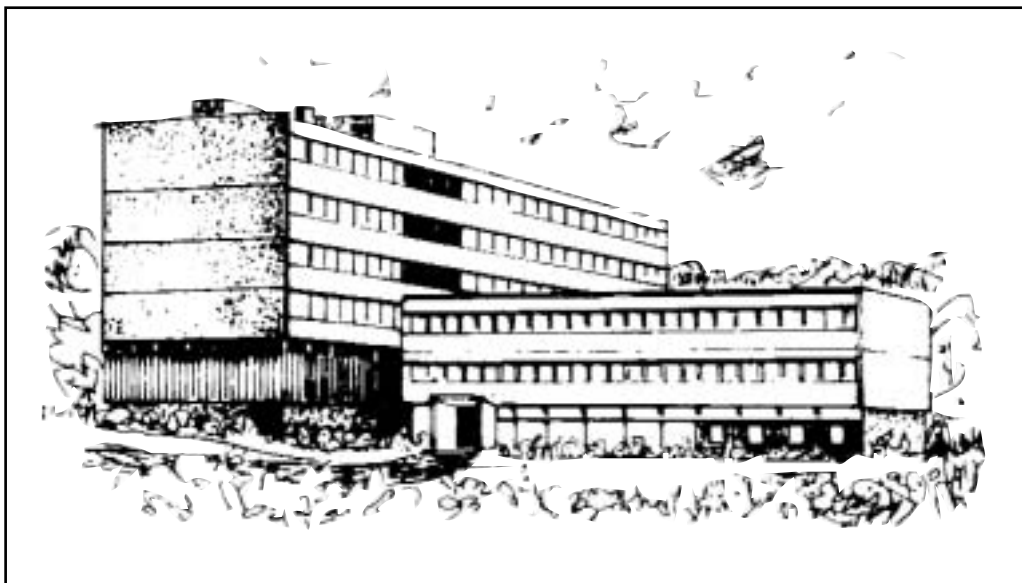
- /1/ OFU Gimsøystraumen bru: *Prøvereparasjon og produktutvikling*. Sluttrapport S-96-041. OFU Gimsøystraumen bru. 11/97. Også utgitt som Publikasjon nr. 84. Veglaboratoriet, 1997.
- /2/ OFU Gimsøystraumen bru: *Klimapåkjennning og tilstandsvurdering*. Sluttrapport S-96-040. OFU Gimsøystraumen bru. 11/97. Også utgitt som Publikasjon nr. 85. Veglaboratoriet, 1997.
- /3/ OFU Gimsøystraumen bru: *Sluttrapport: Instrumentering, dokumentasjon og verifikasjon*. Publikasjon nr. 86. Veglaboratoriet, 1998.
- /4/ OFU Gimsøystraumen bru: *Anbefalinger for inspeksjon, reparasjon og overflatebehandling av kystbruer i betong*. Publikasjon nr. 87. Veglaboratoriet, 1998.
- /5/ OFU Gimsøystraumen bru: *Anbefalinger for instrumentert korrosjonsovervåkning av kystbruer i betong*. Publikasjon nr. 88. Veglaboratoriet, 1998.
- /6/ Claus K. Larsen: *Chloride binding in concrete: Effect of surrounding environment and concrete composition*. Dr. ing.avhandling, 1998:101. NTNU, Trondheim 1998.
- /7/ Roar Myrdal: *Evaluation of electrochemical techniques for assessing corrosion of steel in concrete*. Dr. scient.avhandling. Universitetet i Oslo, 1998.
- /8/ Per Egil Steen: *Estimation of Chloride Penetration into Concrete bridges in Coastal Areas*. Dr. ing.avhandling, 1998:89. NTNU, Trondheim 1998.
- /9/ *International Conference Repair of Concrete Structures - From Theory to Practice in a Marine Environment, Svolvær, Norway, 28-30 May 1997; Proceedings*. Norwegian Road Research Laboratory, Oslo 1997.
- /10/ *International Conference Repair of Concrete Structures - From Theory to Practice in a Marine Environment, Svolvær, Norway, 28-30 May 1997; Proceedings; Additional Papers*. Norwegian Road Research Laboratory, Oslo 1997.
- /11/ Statens vegvesen: *Inspeksjonshåndbok for bruer*. Håndbok 136. Høringsutgave. Vegdirektoratet, Oslo 1998.

- /12/ Tuutti, K.: *Corrosion of steel in concrete*. CBI-rapport 4:82. Cement och betong-institutet, Stockholm 1982.
- /13/ Norges Standardiseringsforbund: *Årskostnader for bygninger*. NS 3454. Oslo 1988.

Publikasjoner fra Veglaboratoriet

36. T. THURMANN-MOE. Slitasje på forskjellige vegdekketyper forårsaket av piggdekk og kjettinger (Pavement wear caused by the use of studded tyres and snow chains). 10 p. 1970.
37. A. SKOGSEID. Frostsikring av veger ved isolering. Litt om det fysiske grunnlaget (Prevention of frost heave in roads. An outline of the theory for the use of insulating materials).
R. SÆTERS DAL. Varmeisolasjonsmaterialer i vegoverbygningen (Insulation materials in road construction).
Å. KNUTSON. Frostsikre veger med bark. Orientering om pågående undersøkelser (Frost protection of highways by a subbase of bark).
H. RUISTUEN. Kostnader ved frostsikring av veger (Costs for frost protection of roads). 34 p. 1971.
38. Ø. JOHANSEN. Varmeledningsevne av forskjellige vegbyggingsmaterialer (The thermal conductivity of various road aggregates). 18 p. 1971.
39. R. S. NORDAL, E. HANSEN. Vormsund Forsøksveg, Del 1: Planlegging og bygging (Vormsund Test Road, Part 1: Design and Construction). 48 p. 1971.
40. R. S. NORDAL. Vormsund Forsøksveg. Del 2: Instrumentering (Vormsund Test Road. Part 2: Instrumentation). 38 p. 1972.
41. K. FLAATE and R. B. PECK. Braced Cuts in Sand and Clay. 29 p. 1972.
42. T. THURMANN-MOE, S. DØRUM. Komprimering av asfaltdekker (Compaction of Asphalt Pavements). Hurtige metoder for komprimeringskontroll av asfaltdekker (Rapid Methods for Compaction Control of Asphalt Pavements). 39 p. 1972.
43. Å. KNUTSON. Dimensjonering av veger med frostakkumulerende underlag (Design of Roads with a Frost accumulating Bark Layer).
K. SOLBRAA. Barkens bestandighet i vegfundamenter (The Durability of Bark in Road Constructions).
G. S. KLEM. Bark i Norge (Bark in Norway). 32 p. 1972.
44. J. HODE KEYSER, T. THURMANN-MOE. Slitesterke bituminøse vegdekker (Characteristics of wear resistant bituminous pavement surfaces).
T. THURMANN-MOE, O. E. RUUD. Rustdannelse på biler (Vehicle corrosion due to the use of chemicals in winter maintenance and the effect of corrosion inhibitors).
T. THURMANN-MOE, O. E. RUUD. Kjemikalier i vintervedlikeholdet (Norwegian saltpeter and urea as alternative chemicals for winter maintenance).
O. E. RUUD, B-E. SÆTHER, F. ANGERMO. Understellsbehandling av biler (Undersealing of vehicles with various sealants). 38 p. 1973.
45. Proceedings of the International Research Symposium on Pavement Wear, Oslo 6th-9th June 1972. 227 p. 1973.
46. Frost i veg 1972. Nordisk Vegteknisk Forbunds konferanse i Oslo 18-19 sept. 1972 (Frost Action on Roads 1972. NVF Conference in Oslo 1972). 136 p. 1973.
47. Å. KNUTSON. Praktisk bruk av bark i vegbygging (Specifications for Use of Bark in Highway Engineering).
E. GJESSING, S. HAUGEN. Barkavfall – vannforurensning (Bark Deposits – Water Pollution). 23 p. 1973.
48. Sikring av vegtunneler (Security Measures for Road Tunnels). 124 p. 1975.
49. H. NOREM. Registrering og bruk av klimadata ved planlegging av høgfjellsveger (Collection and Use of Weather Data in Mountain Road Planning).
H. NOREM. Lokalisering og utforming av veger i drivsnøområder (Location and Design of Roads in Snow-drift Areas).
H. NOREM, J. G. ANDERSEN. Utforming og plassering av snøskjermer (Design and Location of Snow Fences).
K. G. FIXDAL. Snøskredoverbygg (Snowsheds).
H. SOLBERG. Snørydding og snøryddingsutstyr i Troms (Winter Maintenance and Snow Clearing Equipment in Troms County). 59 p. 1975.
50. J. P. G. LOCH. Frost heave mechanism and the role of the thermal regime in heave experiments on Norwegian silty soils.
K. FLAATE, P. SELNES. Side friction of piles in clay.
K. FLAATE, T. PREBER. Stability of road embankments in soft clay.
A. SØRLIE. The effect of fabrics on pavement strength – Plate bearing tests in the laboratory.
S. L. ALFHEIM, A. SØRLIE. Testing and classification of fabrics for application in road constructions. 48 p. 1977.
51. E. HANSEN. Armering av asfaltdekker (Reinforced bituminous pavements).
T. THURMANN-MOE, R. WOLD. Halvsåling av asfaltdekker (Resurfacing of bituminous pavements).
A. GRØNHAUG. Fremtidsperspektiver på fullprofilboring av vegtunneler (Full face boring of road tunnels in crystalline rocks).
E. REINSLETT. Vegers bæreevne vurdert ut fra maksimal nedbøyning og krumming (Allowable axle load (technically) as determined by maximum deflection and curvature). 52 p. 1978.
52. T. THURMANN-MOE, S. DØRUM. Lyse vegdekker (High luminance road surfaces).
A. ARNEVIK, K. LEVIK. Erfaringer med bruk av overflatebehandlinger i Norge (Experiences with surface dressings in Norway).
J. M. JOHANSEN. Vegdekkers jevnhet (Road roughness).
G. REFSDAL. Vegers bæreevne bestemt ved oppgraving (indeksmetoden) og nedbøyningsmåling. Er metodene gode nok? (Road bearing capacity as decided by deflection measurements and the index method). 44 p. 1980.
53. E. HANSEN, G. REFSDAL, T. THURMANN-MOE. Surfacing for low volume roads in semi arid areas.
H. MTANGO. Dry compaction of lateritic gravel.
T. THURMANN-MOE. The Otta-surfacing method. Performance and economi.
G. REFSDAL. Thermal design of frost proof pavements.
R. G. DAHLBERG, G. REFSDAL. Polystyrene foam for lightweight road embankments.
A. SØRLIE. Fabrics in Norwegian road building.
O. E. RUUD. Hot applied thermoplastic road marking materials.
R. SÆTERS DAL, G. REFSDAL. Frost protection in building construction. 58 p. 1981.
54. H. ØSTLID. High clay road embankments.
A. GRØNHAUG. Requirements of geological studies for undersea tunnels.
K. FLAATE, N. JANBU. Soil exploration in a 500 m deep fjord, Western Norway. 52 p. 1981.
55. K. FLAATE. Cold regions engineering in Norway.
H. NOREM. Avalanche hazard, evaluation accuracy and use.
H. NOREM. Increasing traffic safety and regularity in snow-storm periods.
G. REFSDAL. Bearing capacity survey on the Norwegian road network method and results.
S. DØRUM, J. M. JOHANSEN. Assessment of asphalt pavement condition for resurfacing decisions.
T. THURMANN-MOE. The Otta-surfacing method for improved gravel road maintenance.
R. SÆTERS DAL. Prediction of frost heave of roads.
A. GRØNHAUG. Low cost road tunnel developments in Norway. 40 p. 1983.
56. R. S. NORDAL. The bearing capacity, a cronic problem in pavement engineering?
E. REINSLETT. Bearing capacity as a function of pavement deflection and curvature.

- C. ØVERBY. A comparison between Benkelman beam, DCP and Clegg-hammer measurements for pavement strength evaluation.
- R. S. NORDAL. Detection and prediction of seasonal changes of the bearing capacity at the Vormsund test road.
- P. KONOW HANSEN. Norwegian practice with the operation of Dynaflect.
- G. REFSDAL, C-R WARNINGHOFF. Statistical considerations concerning the spacing between measuring points for bearing capacity measurements.
- G. REFSDAL, T. S. THOMASSEN. The use of a data bank for axle load policy planning and strengthening purpose.
- T. S. THOMASSEN, R. EIRUM. Norwegian practices for axle load restrictions in spring thaw. 80 p. 1983.
57. R. S. NORDAL, E. HANSEN (red.). Vormsund forsøksveg. Del 3: Observasjoner og resultater (Vormsund Test Road, Part 3: Observations and Results). 168 p. 1984.
58. R. S. NORDAL, E. HANSEN (red.). The Vormsund Test Road. Part 4: Summary Report. 82 p. 1987.
59. E. LYGREN, T. JØRGENSEN, J. M. JOHANSEN. Vannforurensning fra veier. I. Sammendragsrapport. II. Veiledning for å håndtere de problemer som kan oppstå når en veg kommer i nærheten av drikkevannforekomst (Highway pollution). 48 p. 1985.
60. NRRL, ASPHALT SECTION. Surfacing for low volume roads.
- T. E. FRYDENLUND. Superlight fill materials.
- K. B. PEDERSEN, J. KROKEBORG. Frost insulation in rock tunnels.
- H. ØSTLID. Flexible culverts in snow avalanche protection for roads.
- K. FLAATE. Norwegian fjord crossings why and how.
- H. S. DEIZ. Investigations of subsea tunnels a case history.
- H. BEITNES, O. T. BLINDHEIM. Subsea rock tunnels. Preinvestigation and tunnelling processes. 36 p. 1986.
61. Plastic Foam in Road Embankments:
- T. E. FRYDENLUND. Soft ground problems.
- Ø. MYHRE. EPS – material specifications.
- G. REFSDAL. EPS – design considerations.
- R. AABØE. 13 years of experience with EPS as a lightweight fill material in road embankments.
- G. REFSDAL. Future trends for EPS use. Appendix: Case histories 1-12. 60 p. 1987.
62. J. M. JOHANSEN, P. K. SENSTAD. Effects of tire pressures on flexible pavement structures – a literature survey. 148 p. 1992.
63. J. A. JUNCA UBIERNA. The amazing Norwegian subsea road tunnels. 24 p. 1992.
64. A. GRØNHAUG. Miljøtiltak ved vegbygging i bratt terreng (Environmental measures for road construction in mountain slopes).
- Ø. MYHRE. Skumplast uten skadelige gasser (The phase out of hard CFCs in plastic foam).
- T. JØRGENSEN. Vurdering av helsefare ved asfaltstøv (Evaluation of health risks of dust from asphalt wear).
- N. RYGG. Miljømessig vegtilpassing (Environmental road adjustment). 52 p. 1992.
65. C. HAUCK. The effect of fines on the stability of base gravel.
- A. A. ANDRESEN, N. RYGG. Rotary-pressure sounding 20 years of experience. 24 p. 1992.
66. R. EVENSEN, P. SENSTAD. Distress and damage factors for flexible pavements. 100 p. 1992.
67. STEINMATERIALKOMITEEN. Steinmaterialer (Aggregates). 20 p. 1993.
68. Å. KNUTSON. Frost action in soils. 40 p. 1993.
69. J. VASLESTAD. Stål- og betongelementer i løsmassetunneler (Corrugated steel culvert and precast elements used for cut and cover tunnels).
- J. VASLESTAD. Støttekonstruksjoner i armert jord (Reinforced soil walls). 56 p. 1993.
70. SINTEF SAMFERDSELSTEKNIKK. Vegbrukers reduserte transportkostnader ved opphevelse av telerestriksjoner (Reduced transportation costs for road user when lifting axle load restrictions during spring thaw period). 144 p. 1993.
71. R. Evensen, E. Wulvik. Beregning av forsterkningsbehov basert på tilstandsvurderinger – analyse av riks- og fylkesvegnettet i Akershus (Estimating the need of strengthening from road performance data). 112 p. 1994.
72. Fjellbolting (Rockbolting). 124 p. 1994.
73. T. BÆKKEN, T. JØRGENSEN. Vannforurensning fra veg – langtidseffekter (Highway pollution – long term effect on water quality). 64 p. 1994.
74. J. VASLESTAD. Load reduction on buried rigid pipes.
- J. VASLESTAD, T. H. JOHANSEN, W. HOLM. Load reduction on rigid culverts beneath high fills, long-term behaviour.
- J. VASLESTAD. Long-term behaviour of flexible large-span culverts. 68 p. 1994.
75. P. SENSTAD. Sluttrapport for etatsatsingsområdet «Bedre utnyttelse av vegens bæreevne» («Better utilization of the bearing capacity of roads, final report»). 48 p. 1994.
76. F. FREDRIKSEN, G. HASLE, R. AABØE. Miljøtunnel i Borre kommune (Environmental tunnel in Borre Municipality).
- F. FREDRIKSEN, F. OSET. GEOPLOT – dak-basert presentasjon av grunnundersøkelser (GEOPLOT – CAD-based presentation of geotechnical data). 48 p. 1994.
77. R. KOMPEN. Bruk av glideforskaling til brusøyler og -tårn (Use of slipform for bridge columns and towers). 16 p. 1995.
78. R. KOMPEN. Nye regler for sikring av overdekning (New practice for ensuring cover).
- R. KOMPEN, G. LIESTØL. Spesifikasjoner for sikring av armeringens overdekning (Specifications for ensuring cover for reinforcement). 40 p. 1995.
79. The 4th international conference on the «Bearing capacity of roads and airfields» – papers from the Norwegian Road Research Laboratory. 96 p. 1995.
80. W. ELKEY, E. J. SELLEVOLD. Electrical resistivity of concrete. 36 p. 1995.
81. Å. KNUTSON. Stability analysis for road construction. 48 p. 1995.
82. A. ARNEVIK, E. WULVIK. Erfaringer med SPS-kontrakter for asfaltering i Akershus (Experiences with wear-guaranteed asphalt contracts on high volume roads in Akershus county). 28 p. 1996.
83. Sluttrapport for etatsatsingsområdet «Teknisk utvikling innen bru- og tunnelbygging» («Technical development – bridge and tunnel construction, final report»). 20 p. 1996.
84. OFU Gimsøystraumen bru. Sluttrapport «Prøvere-parasjon og produktutvikling» («Trail repairs and product development, final report»). 156 p. 1997.
85. OFU Gimsøystraumen bru. Sluttrapport «Klimapåkjenning og tilstandsvurdering» («Climatic loads and condition assessment, final report»). 248 p. 1998.
86. OFU Gimsøystraumen bru. Sluttrapport «Instrumentering, dokumentasjon og verifikasjon» («Instrumentation, documentation and verification, final report») 128 p. 1998.
87. OFU Gimsøystraumen bru. Anbefalinger for inspeksjon, reparasjon og overflatebehandling av kystbruer i betong (Recommendations for inspection, repair and surface treatment of coastal concrete bridges). 112 p. 1998.
88. OFU Gimsøystraumen bru. Anbefalinger for instrumentert korrosjonsovervåkning av kystbruer i betong. (Recommendations for instrumental corrosion monitoring of coastal concrete bridges). 70 p. 1998.
89. OFU Gimsøystraumen bru. Hovedresultater og oversikt over slutt-dokumentasjon (Main results and overview of project reports). 64 p. 1998.



Veglaboratoriet

Organisasjon

Statens veglaboratorium ble etablert i 1938 og er en avdeling i Vegdirektoratet. Veglaboratoriet er internt organisert i fire kontorer - **Vegdekkekontoret, Geologi- og Geoteknikkontoret, Betongkontoret** og **Materialprøvingkontoret**, samt et sekretariat.

Oppgaver

Hovedoppgavene er å drive forskning- og utviklingsarbeid på det vegtekniske området samt å virke som rådgiver innenfor de fagområder som laboratoriet dekker. I dette arbeidet inngår kurs- og opplæringsvirksomhet.

Postadresse: Vegdirektoratet, Veglaboratoriet
Postboks 8142 Dep
0033 OSLO

Besøksadresse: Gaustadalleen 25 (Blindern), Oslo

Telefon: 22 07 39 00
Telefax: 22 07 34 44
Telex: 21542 sreg n