



Statens vegvesen

# Prosjekter 2005 - Seksjon for materialteknikk

**RAPPORT**

Teknologiavdelingen

Nr. 2450



Seksjon for materialteknikk  
Dato: 2006-04-21



**Statens vegvesen**

Vegdirektoratet  
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep  
0033 Oslo

Telefon: 22 07 35 00

www.vegvesen.no

## TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2450

Tittel

**Prosjekter 2005  
- Seksjon for materialteknikk**

Utarbeidet av

Synnøve A. Myren

Dato:

2006-04-21

Saksbehandler

Synnøve A. Myren

Prosjektnr:

Kontrollert av

Kjersti K. Dunham

Antall sider og vedlegg:

28

### Sammendrag

Denne rapporten gir et sammendrag av prosjektene Seksjon for materialteknikk har hatt ansvar for i 2005. De fleste prosjektene har betong som tema, men seksjonen jobber også med trematerialer, asfalt, hospitering av laboranter og erfaringsoverføring. I tillegg er seksjonen involvert i Statens vegvesens normalarbeid.

### Summary

Emneord:

Seksjon for materialteknikk, FoU, prosjekt



## INNHOLDSFORTEGNELSE

UTVIKLING AV KLORIDBESTANDIG BETONG .....	2
LEVETIDSPROSJEKTERING .....	3
OVERFLATEBEHANDLING.....	4
SKARNSUNDET BRU .....	5
KAI SJURSØYA .....	6
TILSTANDSKONTROLL, FELTFORSØK – AURSUNDET BRU.....	7
TILSTANDSKONTROLL, FELTFORSØK – NORHORDLANDSBRUA – STEINESTØ FERGEKAI... 8	
BETONGKONSTRUKSJONERS LIVSLØP .....	9
HÅNDBOK BETONG .....	10
ERFARINGSOVERFØRING I STATENS VEGVESEN .....	11
BJØRVIKA BETONGRÅDGIVNING .....	12
NYE SVINESUNDSBRUA.....	13
BLÆREDANNELSE I FUKTISOLERING/SLITELAG PÅ BRUER – PADDEHATTER.....	14
TREMATERIALER – MILJØVENNLIG PRODUKSJON, DRIFT OG VEDLIKEHOLD.....	15
SAMARBEID BETONGBRANSJEN .....	16
SAMCO – STRUCTURAL ASSESSMENT, MONITORING AND CONTROL .....	17
NOR CRACK - RISSKONTROLL .....	18
KARBONFIBERFORSTERKNING.....	19
GIMSØYSTRAUEN BRU.....	20
RUSTFRI ARMERING .....	21
REVISJON AV PROSESSKODE .....	22
MAGNESIUMKLORID OG BETONG.....	23
BETONGDEKKER JESSHEIM .....	24
HOSPITERING FOR LABORANTER.....	25
FIBER I SPRØYTEBETONG TIL FJELLSIKRING.....	26
LETTBETONG I TUNNELHVELV LETTBETONGELEMENTER – VÆRETUNNELEN .....	27
LETTBETONG MED SKUMGLASS SOM LETT TILSLAG .....	28

## UTVIKLING AV KLORIDBESTANDIG BETONG



**Bjelkeelementer opphengt i en kai på Solsvik utenfor Bergen**

Bakgrunnen for prosjektet "Utvikling av kloridbestandig betong" er utfordringene med hensyn på kloridindusert armeringskorrosjon knyttet til bestandighet av armerte betongkonstruksjoner i marint miljø. Dette har vært et satsningsområde for Statens vegvesen de siste 15 årene. Prosjektet ble startet i 1993 som et oppfølgingsprosjekt til prosjektet "Kloridbestandighet for kystbruer av betong" (1991-1993).

Hensikten med prosjektet har vært å:

- Fremstille betongtyper som gir bedre beskyttelse mot armeringskorrosjon for betongkonstruksjoner i meget aggressivt, saltholdig miljø
- Dokumentere bestandighetsegenskapene på betong fremstilt på en måte som i størst mulig grad tilsvarende produksjonen i praksis
- Dokumentere bestandighetsegenskapene gjennom felteksponering
- Gjennomføre grundig laboratorieprøving av samme betong som eksponeres i felt for om mulig å etablere korrelasjon mellom laboratiemetoder og felt

I tillegg er det lagt vekt på at betongene skulle være robuste og utførelsesvennlige, det vil si at de skulle kunne anvendes i praksis.

Prosjektet er delt i to faser med utstøping av til sammen 31 betonger som er utplassert i Sandnessjøen, Kristiansand, Bergen og Oslo.

I 2005 ble arbeidet konsentrert rundt datainnsamling og behandling av måleresultater. Videre ble et nytt instrumenteringssystem designet og tilbud hentet inn. Dette systemet, som inneholder siste digitale teknologi, gir meget fleksible og gode muligheter for tilpasset måling. Utstyret skal monteres i starten av 2006.

Arbeidet fortsetter i 2006 med instrumentering og innhenting av måledata for å vurdere de ulike betongers egenskaper med tanke på armeringskorrosjon spesielt og levetid generelt. Videre er det på trappene er større feltundersøkelse for elementer som har vært eksponert i Kristiansand i 12 år.

For mer informasjon kontakt:



Claus K. Larsen, tlf. 22 07 32 23  
[claus.larsen@vegvesen.no](mailto:claus.larsen@vegvesen.no)

## LEVETIDSPROSJEKTERING



Sykkylvsbrua

Fleire forskrifter og retningslinjer som er relevante for Statens vegvesen fokuserer på bruk av levetidskostnader som del av beslutningsgrunnlaget som benyttes når man skal velge løsninger ved bygging av nye konstruksjoner eller ved reparasjon av eksisterende. Ut fra en erkjennelse om at levetid for konstruksjoner og konstruksjonsdeler er en vesentlig input til en levekostnadsberegning, er det forsøkt å koble bestandighet og livsløpskostnader sammen i en modell for levetidsprosjektering.

### Levetid

Beregning av levetid må baseres på kunnskap om nedbrytningsmekanismer, levetidsfunksjoner og ytelseskrav til ulike byggematerialer. Imidlertid mangler tilfredsstillende prøvingsmetoder og helhetlige kunnskapsbaserte modeller som dekker nedbrytningsmekanismene.

Gjennom innsamling av bestandighetsrelaterte data fra eksisterende betongkonstruksjoner er det gjennomført kalibrering av probabilistiske modeller hvor konstruksjonens levetid, modellert som funksjon av tid, fastlegges. Disse beregningene danner grunnlaget for en del av kravene som er spesifisert i standardene NS-EN 206-1, NS 3465 og NS 3473.

### Livsløpskostnader

Bestandighet og levetid er uoversiktlig og vanskelig å definere med tilstrekkelig nøyaktighet. Det finnes lite systematisert kunnskap og dokumentasjon vedrørende

betongkonstruksjoners bestandighet og levetid. Derved blir også koblingen til kostnader uoversiktlig. Som et første steg er det foretatt en gjennomgang av levetidskostnadsmodeller i 5 ulike europeiske land. Deretter valgte man å gå nærmere inn på to systemer, BATMAN og DANBRO, henholdsvis svensk og dansk, for å se på i hvilken grad disse modellene kunne bidra til å bedre koblingen mellom levetidsberegninger og levetidskostnader.

Gjennomgangen viste at både BATMAN og DANBRO inneholder modeller for levetidsberegninger, modeller som allerede er godt kjent i Norge. Forskjellene er i hovedsak at modeller for levetidsberegninger er tilgjengelige i det svenske og danske forvaltningssystemet, mens de i Norge finnes mer fragmentert. Konklusjonen på studien var at BATMAN og DANBRO i liten grad ville kunne bringe det norske levetidsprosjektet videre.

Studien ble presentert av Tommy Johnsen, Sweco Grøner AS, på kurset "Betong i Statens vegvesen" under Teknologidagene 2005 med tittel "Betongs levekostnader LCC modeller: Batman og Danbro".

For mer informasjon kontakt:



Finn Fluge, tlf. 22 07 39 08  
[finn.fluge@vegvesen.no](mailto:finn.fluge@vegvesen.no)

## OVERFLATEBEHANDLING



**Påføring av silangel (hydrofobering) på en bru i Østfold**

Bakgrunnen for prosjektet "Overflatebehandling" er den økende mengden produkter og systemer for å beskytte betong mot kloridinntrengning. Prosjektets hensikt er å vurdere effekt og levetid av slike produkter.

Det har lenge vært produkter på markedet som, av leverandører, blir lovt å ha svært gode egenskaper og holde i atskillige år. En viktig forutsetning for prosjektet har vært, og er, å "etterprøve" innholdet i leverandørens lovnader. I den forbindelse ble derfor "Dokumentasjonsordningen" for overflatebehandlingsprodukter laget. Prosjektet har også som målsetning å gi bakgrunnsinformasjon til en eventuell revisjon av denne ordningen.

Hittil er det utført en rekke felt- og laboratorieforsøk der ulike produkttyper er undersøkt (impregneringer, elastiske slemmemasser og andre filmdannende belegg). Det har vært fokus på impregneringers

inntrengningsdybde og beleggs heftfasthet, i tillegg til produktets kloridbremsende effekt over tid (levetid av behandlingen).

Arbeidet har bestått av oppfølging av de igangsatte feltforsøkene, som består av bruer, betongelementer og en kai, spredt fra sør til nord i Norge. I 2005 har arbeidet vært fokusert på 12 års erfaringer fra Skarnsundet bru med en stor feltundersøkelse. Denne er omtalt som egen sak i denne rapporten. I tillegg er arbeidet knyttet opp mot erfaringer fra Gimsøystraumen bru og Kai Sjursøya, der overflatebehandling av betong er et sentralt tema.

For mer informasjon, kontakt:



Claus Larsen, tlf 22 07 32 23

[claus.larsen@vegvesen.no](mailto:claus.larsen@vegvesen.no)

## SKARNSUNDET BRU



**Skarnsundbrua**

De siste 20 årene har det vært rettet en sterk fokus på kloridindusert armeringskorrosjon og påfølgende skader på norske betongkonstruksjoner. Statens vegvesen har hatt og har en betydelig forskningsinnsats for å kartlegge skademekanismer, skadeårsaker og tiltak som kan iverksettes for å minimere eller forebygge skadeutviklingen.

Forebyggende vedlikehold er ansett som et svært viktig satsningsområde, og i dette prosjektet er det slike forebyggende tiltak i form av overflatebehandling som har vært i fokus. Ved hjelp av å overflatebehandle en relativt ny, og dermed lite kloridinfisert betongkonstruksjon mener man kunne øke konstruksjonens motstand mot kloridinntregning. På den måten vil man kunne oppnå betydelige gevinster i form av økt levetid for konstruksjonen. Det er dermed viktig å kartlegge slike overflatebehandlings effekt over tid.

I den perioden prosjektet ble igangsatt på starten av 90-tallet var det flere mer eller

mindre seriøse aktører på markedet med mer eller mindre effektive overflatebehandlingssystem. Daværende Nord-Trøndelag didriktskontor, nå tilhørende Region Midt, inviterte 10 leverandører til å overflatebehandle prøvefelt på et av landkarene til Skarnsundbrua i Nord-Trøndelag. Overflatebehandlingene ble påført sommeren 1993, og er undersøkt siden med ujevne mellomrom til den siste omfattende sluttundersøkelsen gjennomført i 2005. Prosjektet gir en unik oversikt over langtidseffekter for overflatebehandling. En rapport som oppsummerer disse undersøkelsene og de erfaringene vi har gjort i dette prosjektet vil foreligge i løpet av 2006.

For mer informasjon kontakt:

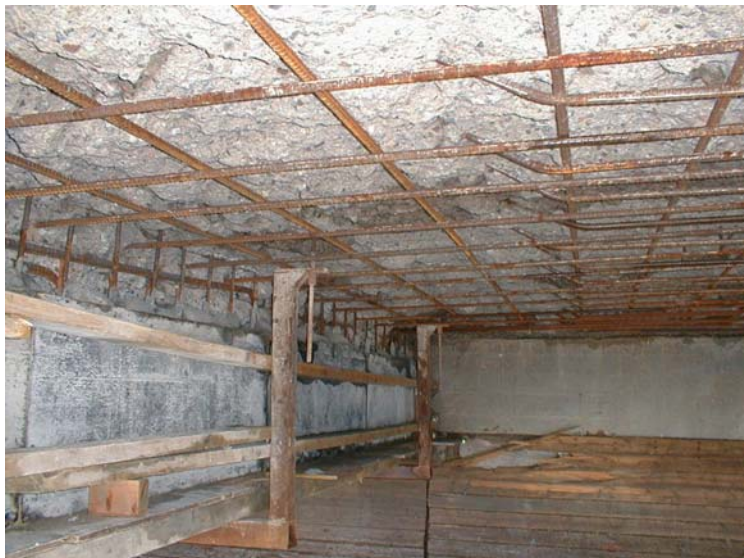


Jan-Magnus Østvik, tlf. 73 95 46 76

[jan-magnus.ostvik@vegvesen.no](mailto:jan-magnus.ostvik@vegvesen.no)



## KAI SJURSØYA



Undersiden av kaia på Sjursøya etter meisling

I forbindelse med rehabilitering av kaien på Sjursøya ble det tatt initiativ til et utviklingsprosjekt for å undersøke kloridbremsende effekt ved bruk av ulike reparasjonsløsninger/reparasjonsmetoder. Prosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom forskjellige aktører i byggebransjen – Entreprenørservice, Skanska, Oslo Havnevesen, Statens vegvesen samt materialleverandører.

Prosjektet består av to delprosjekt, undersøkelse av kloridbremsende effekt for ulike overflatebehandlingssystemer, og undersøkelse av transport av klorider fra gammel kloridholdig betong til ny reparasjonsbetong.

Hensikten har vært å måle kloridinnholdet i samme områder av konstruksjonen, etter 1 år, 2 år og 5 år. Målingene etter ett og to år ble utført som delprosjekt under prosjektet "Betongkonstruksjoners livsløp".

Måleprogrammet etter 5 års eksponering ble utført høsten 2004 med utboring av alle betongkjernene fra konstruksjonen. Det ble boret ut betongkjerner for fresing av støv til kloridanalyser og vurdering av inntrengningsdybden til impregneringsvæsken. I tillegg ble det utført heftmålinger, elektrokjemiske målinger samt visuell

vurdering av tilstand inklusive fotodokumentasjon av betongkjernene.

Kloridanalyser og fotodokumentasjon er utført av SINTEF Teknologi og samfunn, og omfatter resultatene fra 76 utborete kjerner og 6 blokker. Resultatene er rapportert i SINTEF-rapport nr. 70218, datert 18/1-2005.

Resultatene fra feltarbeidet ble gjennomgått på prosjektmøte i februar 2005 og på møte med leverandørene av overflatebehandlingssystemene i mai 2005. Den planlagte videre bearbeiding av prøveresultatene har vist seg vanskelig å gjennomføre på grunn av manglende ressurser.

Prosjektet ble sammen med en gjennomgang av foreløpige resultater presentert av Jan Lindland, Stærk & Co på kurset "Betong i Statens vegvesen" under Teknologidagene 2005 med tittel. "Overflatebehandling av betong. Erfaringer fra Sjursøya kai". Undersøkelsene vil bli rapportert i egen rapport.

For mer informasjon kontakt:



Finn Fluge, tlf. 22 07 39 08  
[finn.fluge@vegvesen.no](mailto:finn.fluge@vegvesen.no)

## TILSTANDSKONTROLL, FELTFORSØK – AURSUNDET BRU



### Borkjerne

I forbindelse med byggingen av Aursundet bru i 1993/1994 ble det gjennomført et prosjekt for utvikling av bestandige betongløsninger. Resultatene fra dette prosjektet ble benyttet som grunnlag for revisjonen av Håndbok 026 "Prosesskoden" (1997-utgaven).

De mest påkjente delene av brua ble fremstilt med betong inneholdende 12,5 % silikastøv av sementmengden. I tillegg ble det valgt en utforming som gjør det mulig å ta ut prøver eksponert for miljøpåkjenninger uten å skade bærende konstruksjonsdeler.

Det er gjennomført en omfattende inspeksjon med uttak av prøver i 1997. Undersøkelsene i 2004/2005 er en oppfølging av nevnte inspeksjon for å etablere tilstanden ti år etter at brua ble åpnet. Høsten 2004 ble det tatt ut 23 prismer for bestemmelse av vannmetningsgrad, 6 betongkjerner for bestemmelse av densitet og trykkfasthet samt 39 betongkjerner og 240 støvprøver for kloridanalyse.

Analysene inklusive fotodokumentasjon er utført ved SINTEF Teknologi og Samfunn og er

rapportert i SINTEF-rapport nr. 70222/1, datert 10/11-2004 og nr. 70222/2, datert 15/2-2005.

Det er knyttet et dr.grad studium til undersøkelsen.

Prosjektet ble presentert på XIX "Symposium on Nordic Concrete Research & Development" 13-15. juni 2005 i Sandefjord.

Artikkelen "Chloride Penetration into Silica Fume Concrete after 10 Years of Exposure in Aursundet Bridge" var forfattet av Vemund Årskog, Høgskolen i Ålesund, Odd E. Gjørsv og Ozkan Segul, NTNU, og Robert Dahl, Seksjon for Materialteknikk.

For mer informasjon kontakt:



Finn Fluge, tlf. 22 07 39 08  
[finn.fluge@vegvesen.no](mailto:finn.fluge@vegvesen.no)

## TILSTANDSKONTROLL, FELTFORSØK – NORHORDLANDSBRUA – STEINESTØ FERGEKAI



Betongelementer som har vært plassert ulike steder i tidevannssonen

I forbindelse med byggingen av Nordhordlandsbrua – høgbru ble det støpt ut prøveelementer i lettbetong. Det ble i mai 1993 støpt 20 små prøveelementer med dimensjoner 60 x 60 x 20 cm og ett stort prøveelement med dimensjon 3,0 x 1,0 x 0,5 meter.

Elementene ble utplassert ved den ”gamle” Steinestø fergekai. I november 1994 og desember 1995 ble det gjennomført inspeksjon av feltstasjonen. Det ble boret ut betongkjerner som ble analysert ved SINTEF Teknologi og Samfunn og på Sentrallaboratoriet, Statens vegvesen

Ved befaring av feltstasjonen i januar 2005 ble det konstatert at det mangler en del av de små prøveelementene. Ny inspeksjon ble gjennomført i juni 2005, ti år etter siste inspeksjon. Man fant da 19 av de 20 små prøveelementene, hvorav 5 ble hentet opp av dykkere. Feltstasjonen ble reetablert og all kjetting, oppheng og sjakler ble skiftet ut.

Alle prøvestykkene ble tatt opp og rengjort før utboring av kjerner. Totalt ble det boret ut

- 19 kjerner Ø100 mm fra de små prøveelementene
- 3 kjerner Ø92 mm fra det store elementet
- 2 kjerner Ø92 mm fra plate

Lettbetongkjernene ble sendt SINTEF for fotodokumentasjon og analyse med hensyn til:

- Vanninnhold/porøsitet
- Densitet og trykkfasthet
- Kloridinnhold
- Motstand mot kloridinntrengning NT Built 443.

Resultatet av analysene er rapportert i SINTEF-rapport nr. 70229 datert 9/11-2005.

I tillegg er det ved Sentrallaboratoriet Statens vegvesen på stikkprøvebasis gjennomført analyse av kloridinnhold.

For mer informasjon kontakt:



Finn Fluge, tlf. 22 07 39 08  
[finn.fluge@vegvesen.no](mailto:finn.fluge@vegvesen.no)

## BETONGKONSTRUKSJONERS LIVSLØP



Prosjektet "Betongkonstruksjoners livsløp" er knyttet til de utfordringene en samlet bygge- og anleggsbransje står overfor. Bakgrunnen for prosjektet er kravene om at betongkonstruksjoner skal være funksjonelle og kostnadseffektive gjennom hele levetiden. Dette innebærer at fokus er flyttet fra nybygging til problemstillinger knyttet til drift og vedlikehold.

Prosjektet er i en rapporteringsfase.

Etterfølgende seks rapporter er tilgjengelig:

- Felldata for kloridinitiert armeringskorrosjon – sammenstilling og kvalitetsvurdering av tilgjengelige data.
- Laboratoriedata for kloridinitiert armeringskorrosjon
- Gimsøystraumen bru. Spesialinspeksjon 1992 – kloridprofiler. Vurdering av kloridbelastning og diffusjonskoeffisient
- Kloridinntrengning i ressursvennlig kvalitetsbetong
- Statistisk beregning av levetid for betongkonstruksjoner utsatt for kloridinntrengning
- Dimensjoneringsformat for kloridbestandighet

Doktorgradsprogrammet knyttet til prosjektet er avsluttet. Doktorstipendiaten Jan-Magnus Østvik disputerte 3. mars 2005 med opponenter fra Nederland og Norge. Claus K. Larsen var medveileder for doktorgradsarbeidet. Avhandlingen "Thermal Aspects of Corrosion of Steel in Concrete. Effect of Low Temperature on Resistivity and Cathodic Reaction Rate", ble publisert i desember 2004.

Deltagere i prosjektet er Statens vegvesen, Forsvarsbygg, NORCEM A.S., Selmer Skanska AS, Sika Norge AS, Norges byggforskningsinstitutt, NTNU, SINTEF og NORUT Teknologi as. Prosjektet har vært støttet av BA-programmet i Norges forskningsråd.

Resultatene fra prosjektet har vært benyttet som inngangsdata ved levetidsberegninger i prosjektet "Levetidsprosjektering".

For mer informasjon kontakt:



Finn Fluge, tlf. 22 07 39 08

[finn.fluge@vegvesen.no](mailto:finn.fluge@vegvesen.no)

## HÅNDBOK BETONG



Fra bygging av Storholmenbrua i Austevoll kommune

Arbeidet med ”Håndbok betong” er blitt forskyvet i tid parallelt med at revisjonen av Prosesskode-2 har trukket ut. Forsinkelsen er ikke bare negativ, fordi det i løpet av året har blitt mye klarere hva som må prioriteres av innhold. Det er også blitt klart at innholdet må formidles gjennom kurs, ikke bare med en ”rapport”.

Hovedinnholdet i ”Håndbok betong” bør være innføring i det nye regelverket basert på de felleseuropeiske standardene. For betongfaget utgjør NS 3465 og NS-EN 206-1 toppen av isfjellet. De nye standardene skiller seg betydelig fra de vi har hatt i Norge de siste 30 årene, og de er voluminøse og tildels

kompliserte. Videre må ”Håndbok betong” gi orientering om de reviderte bestemmelsene i Prosesskode-2 prosess 84, det vil si summen av Prosesskodens og standardenes tekster.

Store deler av det som skal bli innholdet i ”Håndbok betong” er utarbeidet som et ”manus versjon 1” til Teknologidagene 2005.

For mer informasjon kontakt:



Reidar Kompen, tlf. 22 07 39 07  
[reidar.kompen@vegvesen.no](mailto:reidar.kompen@vegvesen.no)

## ERFARINGSOVERFØRING I STATENS VEGVESEN



Prosjektet ”Erfaringsoverføring i Statens vegvesen” ble satt i gang for å sikre overføring av erfaring innefor de viktigste teknologiske ansvarsområdene i etaten på en best mulig måte.

Målet med prosjektet er å bidra til at etaten beholder og utvikler videre det beste av metoder og teknologi, og at denne informasjonen blir tilgjengeliggjort på enklest mulig måte. Ved enkle metoder skal alle som har tilgang til Statens vegvesen sine intranettsider, kunne søke seg frem til rundskriv, rapporter og annen kvalitetssikret informasjon innenfor sitt arbeidsområde.

Prosjektet er delt inn i tre faser:

- Fase 1, 1999 – 2000: Forprosjekt
- Fase 2, 2000 – 2003: Etablering av databasen
- Fase 3, 2003 – 2006: Driftsfasen

Prosjektet har:

- Utviklet en mal for teknisk sluttrapportering og satt den ut i praksis
- Etablert et system for erfaringsoverføring på intranett
- Innhentet informasjon, rapporter osv., med kvalitetssikring og innlegging i databasen for erfaringsoverføring
- Gjort nettstedet ”Erfaringsoverføring i Statens vegvesen” operativt
- Presentert prosjektet i regionene og presentasjoner forøvrig

Prosjektet ble avsluttet ved utgangen av 2005 og videreføres som et spesielt arbeidsområde på teknologi, under ledelse av Jan Peder Bollingmo med kontor i Trondheim.

- Kontinuerlig innhenting og kvalitetssikring av informasjon for plassering i databasen
- Utarbeide en ny mal for drift- og vedlikeholdsfasen for veganlegg
- Etablere et nasjonalt og internasjonalt nettverk på de viktigste ansvarsområdene i etaten, samt utvikle enkle samarbeidsformer både innenfor og utenfor landets grenser

Deltagere i prosjektet var Håvard Østlid (Vegdirektoratet), Jan P. Bollingmo (Vegdirektoratet), Bjørn Tore Henning (Vegdirektoratet) og Svein K. Hovland (Region midt). I tillegg var det med en referansegruppe med deltagere fra regionene: Alf Kveen, Atle Botn, Einar Noremark, Erik Norstrøm, Gunnar Gjæringen, Gunnar J. Hasle, Harald Buvik, Odd Barstad, Olav Grindland, Tore Slyngstad, Wilhelm B. Klaveness og Kjell Aarhus

For mer informasjon kontakt:



Jan Peder Bollingmo, tlf. 73 95 46 64  
[jan.bollingmo@vegvesen.no](mailto:jan.bollingmo@vegvesen.no)

## BJØRVIKA BETONGRÅDGIVNING



**Resultatet av brannprøving av armerte elementer etter RWS-kurven. Betongen var IKKE tilsatt PP-fiber og brannbeskyttelsen falt av under brannforsøket**

Prosjektet har vært utført som et rådgivningsarbeid for Bjørvika prosjektet, der hovedmålsetningen har vært å utvikle lavvarmebetonger som har liten tendens til opprissing tidlig i herdefasen. Det har vært utført et meget stort utviklingsprogram i laboratoriet, med i alt 25 ulike resepter med varierende sammensetning av bindemiddelet. Bruk av flyveaske og slagg som erstatning for sement har vært fundamentet i denne undersøkelsen. I tillegg er det utført to feltforsøk, der støttemurer og en stor vegg-på-fundament konstruksjon ble støpt med flyveaskebetong. Alt dette er dokumentert i 12 rapporter.

I tillegg til utvikling av lavvarmebetong, har det vært stor fokus på brannbeskyttelse og betongens brannegenskaper. Det ble gjennomført fire store brannforsøk ved SP Brandteknik i Borås, der ulike isolasjonssystemer ble utprøvd. Dette arbeidet er rapportert i 2 rapporter.

I 2005 har arbeidet vært fokusert på igangsetting av entreprisene med prøveproduksjon av lavvarmebetong med høy densitet. Arbeidet gjøres av entreprenørene – AF Spesialprosjekter og Skanska –, men vi har bistått både prosjektet og entreprenørene med å få gode støpbare lavvarmebetonger.

Videre er det satt i gang en utarbeidelse av konkurransegrunnlag for brannbeskyttelse. Det skal formuleres en spesifisering for brannbeskyttelsen som inneholder mange viktige, og samtidige nye krav. Dette arbeidet slutføres i løpet av 2006.

For mer informasjon, kontakt:



Claus K. Larsen, tlf 22 07 32 23

[claus.larsen@vegvesen.no](mailto:claus.larsen@vegvesen.no)

Reidar Kompen, tlf 22 07 39 07

[reidar.kompen@vegvesen.no](mailto:reidar.kompen@vegvesen.no)

## NYE SVINESUNDSBRUA



Svinesundsbrua under bygging

Prosjektet ”Ny Svinesundbru” omfatter instrumentert overvåkning av bruene under konstruksjon, i en testfase, og de 3-5 første årene i bruk.

Den nye bruene ved Svinesund er en konstruksjonsmessig komplisert bru ved at den kombinerer en veldig slank konstruksjon med en spesiell bygningsmessig form. Bruene ble åpnet for trafikk i 2005, og er verdens lengste enkeltbuebru. På grunn av den unike designen og bruens viktighet, ble overvåkningsprosjektet satt i gang.

Hovedmålet med prosjektet er å kontrollere at bruene blir bygd som planlagt, men også for å lære mer om den ferdige konstruksjonen. Dette målet nås ved å sammenligne konstruksjonens målte oppførsel med den teoretiske.

Instrumenteringen av bruene følger prinsippene i Statens vegvesens Håndbok 212 – Metodikk for instrumentering, dokumentasjon og verifikasjon av konstruksjoner.

Overvåkningsprogrammet ble designet for å overvåke kritiske konstruksjonsfaser, men også for å samle data for å kunne kontrollere konstruksjonen, og for bedømmelse av mer

langsiktig yteevne. Instrumenteringen omfatter måling av vind, temperatur, tøyning og akselerasjon. Sveriges Kungliga Tekniska högskolan er ansvarlig for koordineringen, dataanalyser, verifikasjoner og rapportering. Norges Geotekniske Institutt er ansvarlig for installering av sensorer, og drift og vedlikehold av systemet.

Så langt i prosjektet virker sensorene og datainnsamlingsutstyret tilfredsstillende, og fremskaffer rimelige resultater. Statistiske data lagres i rådatafiler, og verifikasjon og analyser av rådata vil bli presentert i fremtidige rapporter.

Deltagere i overvåkningsprosjektet er Vägverket, Kungliga Tekniska högskolan, Norges Geotekniske Institutt og Statens vegvesen.

For mer informasjon, kontakt:



Ian Markey, tlf. 416 27 557  
[ian.markey@vegvesen.no](mailto:ian.markey@vegvesen.no)



## BLÆREDANNELSE I FUKTISOLERING/SLITELAG PÅ BRUER – PADDEHATTER



**Paddehatter på en gangbru**

Blæredannelse i fuktisoleringen/slitelaget på bruer, også kalt paddehatter fordi de ”popper opp som paddehatter”, er et vanlig problem. Den mest brukte fuktisoleringen i dag er Topeka4S, og denne legges på en kleber, polymermodifisert bitumenemulsjon PmBE60, som er avstrødd med finsand. Epoxy er også brukt som kleber, men i mindre grad. I begge tilfeller kan det oppstå paddehatter. Dette prosjektet har som mål å finne ut mer om hvordan paddehatter oppstår.

Grunnen til at paddehatter oppstår er ikke kjent, men det finnes teorier. Den mest utbredte forklaringen på hvordan paddehatter oppstår er at fukt i underlaget fordampes ved soloppvarming og skaper et damptrykk. Solvarmen mykner asfalten, og damptrykket presser membran og slitelag oppover. Ved avkjøling kondenserer vannet og det oppstår et undertrykk som trekker mer fukt til. Ved neste oppvarming skapes det derfor et større damptrykk, og slik dannes det en pumpeprosess helt til belegningen får brudd og vanddampen blåser ut. En annen forklaring er at det er gasstrykk, altså luft, generelt som ekspanderer og gir volumutvidelse. Dermed skulle vannfylte porer gi mindre ekspansjon. Prosjektet har utført undersøkelser på paddehatter ved at det er tatt ut borkjerner fra

en gangbru, disse undersøkelsene ga grunn til å tro at problemet oppstår i kleberen. Det er derfor satt i gang to laboratorieundersøkelser. Den ene tar for seg bruk av epoxy som kleber, og hvilken effekt fukt i underlaget samt temperatur og temperaturforandringer har på danning av pinholes i epoxyen. Det andre tar for seg bruk av PmBE60 som kleber, og hvilken effekt fukt i underlaget samt ulik mengde avstrøing har på danning av paddehatter.

Resultatene fra undersøkelsene på bruk av epoxy viste at det oppsto flest pinholes i epoxyen når underlaget var tørt, og epoxyen ble lagt på stigende temperatur. Undersøkelsen på bruk av PmBE60 som kleber er ikke avsluttet.

Prosjektet rapporteres i løpet av 2006. Videre arbeid vurderes på bakgrunn av resultater fra laboratorieundersøkelsene.

For mer informasjon, kontakt:



Synnøve A. Myren, tlf. 22 07 39 41  
[synnove.myren@vegvesen.no](mailto:synnove.myren@vegvesen.no)

## TREMATERIALER – MILJØVENNLIG PRODUKSJON, DRIFT OG VEDLIKEHOLD



**Forsøksfeltet i Sørkedalen**

Bakgrunnen for prosjektet ”Trematerialer – miljøvennlig produksjon, drift og vedlikehold” er Statens vegvesens økende bruk av trebruer. For å kunne oppnå 100 års levetid på bruene, som er kravet, må trevirket beskyttes godt. Oversidene beskyttes vanligvis med kopperplater, mens kjemisk beskyttelse benyttes på sideflatene. Ved kjemisk beskyttelse er kreosot det eneste som tilfredsstillende Statens vegvesens krav til langtidsvarighet, samtidig som det medfører liten miljøbelastning. Hittil har ikke kreosotimpregneringen vært tilfredsstillende med hensyn på svetting. Noen av de metodene som har vært brukt for å minimere svetting har medført dårlig inntrengning og lite opptak av kreosotolje.

Hensikten med kreosotprosjektet er å utvikle en metode å kreosotimpregnere limtrebjelker på som gjør overflaten så tørr som mulig, slik at kreosot ikke drypper til grunnen. Forsøkene bygger på impregneringsforsøk på tømmerstokker som er utført av Östen Bergmann i Sverige, men siden det er stor forskjell på tømmerstokker og limtre må det gjennomføres egne forsøk. I tillegg skal opptaksmengde og inntrengning dokumenteres.



**Kreosotinntrengning i limtre**

I 2004 ble det utført en forsøksserie der de forskjellige parametrene som inngår i impregneringsprosedyren (oljetype, forvarming, fortrykk, hovedtrykk, trykkutjevning og vakuum) varierte. I 2005 ble de impregnerte limtreelementene satt ut for eksponering på et prøvefelt i Sørkedalen, hvor de utsettes for maksimal sol- og regnbelastning. Nye limtreelementer blir satt ut 2006. Elementene blir jevnlig vurdert mhp tørrhet og avrenning. Prosjektet har tilstrebet å ha hele verdikjeden innen limtre representert; produsenter av limtre, impregneringsbransjen, forskningsinstitutt og sluttbruker/byggherre.

Deltagere i prosjektet foruten Statens vegvesen er Norsk Treteknisk Institutt (NTI), Moelven Industrier ASA, Scanpole AS og Larvik impregneringskompani AS.

For mer informasjon, kontakt:



Kjersti Kvalheim Dunham, tlf. 22 07 39 40

[kjersti.kvalheim.dunham@vegvesen.no](mailto:kjersti.kvalheim.dunham@vegvesen.no)

Otto Kleppe, tlf 22 07 38 79

[otto.kleppe@vegvesen.no](mailto:otto.kleppe@vegvesen.no)

## SAMARBEID BETONGBRANSJEN



**Uttak av betongstøv til kloridanalyser i forbindelse med en masteroppgave**

Dette prosjektet er en samling av flere mindre prosjekt som til enhver tid foregår mellom Seksjon for materialteknikk og betongbransjen. Formålet er å kunne starte mindre prosjekt ved behov, også slike som ikke er klarlagt ved årets start. Det kan for eksempel være en støtte til et forprosjekt i sammenheng med ekstern finansiering og søkeprosess.

Målet er at prosjektene skal være innen Seksjon for materialteknikk sine fagområder, og være i tråd med gjeldene mål og strategier. Prosjektene bør resultere i anvendbare dokumenter, som normaler, retningslinjer, håndbøker og/eller interne rapporter. I tillegg er det et mål at større prosjekt, med et budsjett på mer enn kr 200 000, skal gå videre som egne prosjekter når de er etablerte.

Prosjektet er ment å skulle være et samarbeid mellom Seksjon for materialteknikk og bransjeorganisasjoner, leverandører,

entreprenører, enkeltstående eksperter og/eller utdanningsinstitusjoner. I tillegg er det et mål å involvere regionene i Statens vegvesen i prosjektene.

I 2005 ble prosjektmidler brukt på følgende områder:

- To masterstudenter ved NTNU fikk støtte i form av utstyr, reiser og gjennomføring av masteroppgaver, og i tillegg fikk hver av studentene kr 10 000,- for godt utførte oppgaver for Statens vegvesen
- Young Scientist workshopen i Lofoten i mai fikk støtte til arrangementet
- Et forprosjekt, hvor det ble skrevet en søknad til Forskningsrådet, fikk støtte. Prosjektet ble ikke godtatt, og gikk ikke videre
- Det ble brukt midler til å leie inn ressurser fra regionene for å ferdigstille Håndbok 014 laboratorieanalyser, samt å kunne gi mer teknisk hjelp på byggeplassene
- Fagforum for alkalireaksjoner i Norge, FARIN, og Forum for produksjon, fabrikasjon og anvendelser av stål og rustfritt stål, STÅLMAT, ble støttet
- Det ble gitt støtte til å ferdigstille en forsøksbeskrivelse innen alkalireaktivitet
- Og utviklingene av injiseringsmasse til spennkabler fikk støtte

For mer informasjon, kontakt:



Kjersti Kvalheim Dunham, tlf. 22 07 39 40  
[kjersti.kvalheim.dunham@vegvesen.no](mailto:kjersti.kvalheim.dunham@vegvesen.no)

## SAMCO – STRUCTURAL ASSESSMENT, MONITORING AND CONTROL



Prosjektet "SAMCO – Structural Assessment, Monitoring and Control" er et 4-årig europeisk nettverk (2001-2005) som har som mål å spre kunnskap om ny teknologi i byggebransjen.

Prosjektet er inndelt i ni arbeidspakker, WP 1-WP 9, og Statens vegvesen er med i arbeidet med WP 9 som omhandler praktisk bruforvaltning. Denne arbeidspakken er igjen inndelt i ni oppdrag, hvorav Statens vegvesen er involvert i to av dem; Task 9.1 Behovene til bruens sluttbrukere, og Task 9.9 Vurdering av metoder og teknologi.

Målet til Task 9.1 er å gi en utredning om status i forvaltningen av individuelle bruer, samt å definere kravene sluttbrukerne har til bruforvaltningen. Task 9.9 har som mål å godkjenne teknologien og metodologien fra sluttbrukeren sitt ståsted, anvendt på strukturell bedømmelse, overvåking og kontroll på området for bruforvaltning. I tillegg er målet å garantere at teknologien og metodene vil kunne imøtekomme den faktiske standard for vedlikehold og kvalitet for bruforvaltningen, og at den vil resultere i effektiv reduksjon av samlede kostnader og forlenge levetiden.

Arbeidet med praktisk bruforvaltning vil grense til alle de andre arbeidspakkene ved at hensikten er å avslutte og organisere den kunnskapen og den spesifikke redskapen som er tilgjengeliggjort gjennom SAMCO-nettverket. Dette gjøres slik at det resulterer i praktiske retningslinjer som kan tjene hensikten og behovene til den praktiske bruforvaltningen.

Statens vegvesen bidrar i form av gjennomgang av rapporter og et spørreskjema.

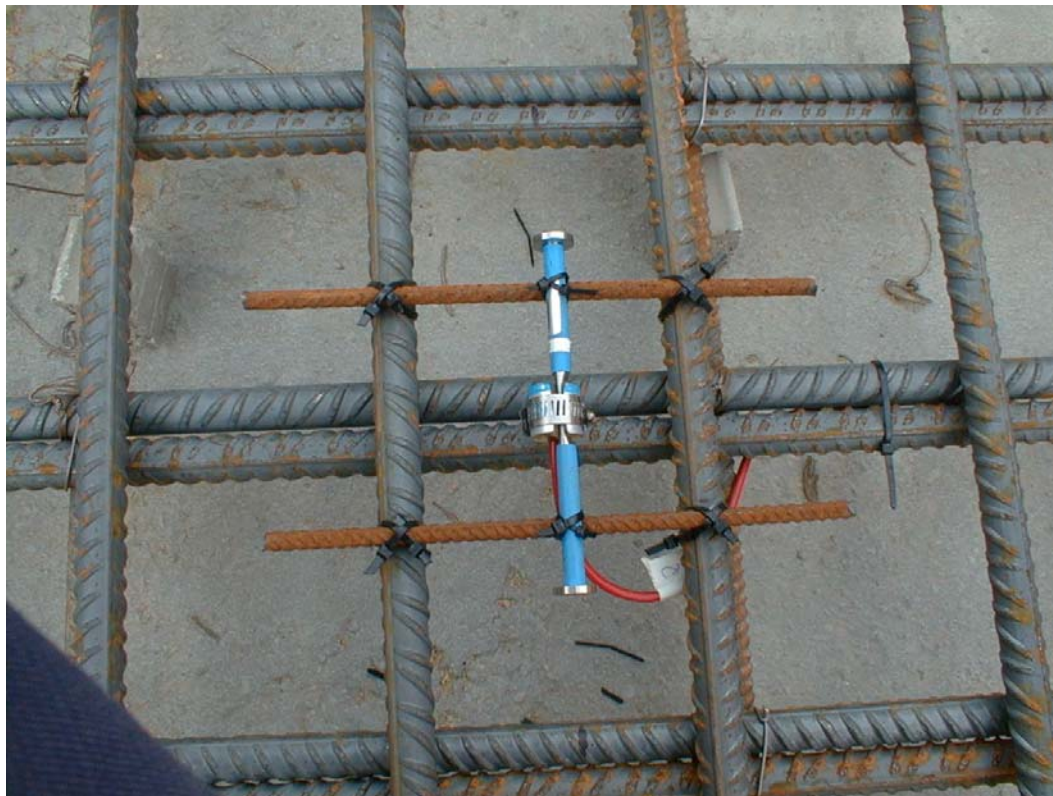
Prosjektet har et stort antall deltagere, hvorav de fleste er europeiske firmaer. Prosjektet avsluttes på slutten av 2005 og rapportene publiseres i første halvdel av 2006. Prosjektet ble presentert under FeRRM 2005.

For mer informasjon, kontakt:



Ian Markey, tlf 416 27 557  
[ian.markey@vegvesen.no](mailto:ian.markey@vegvesen.no)

## NOR CRACK - RISSKONTROLL



**Bildet viser en tøyningmåler av typen "vibrerende streng" montert i en armert betongkonstruksjon. Ved å koble sensoren til en datalogger, kan betongens tøyning måles meget nøyaktig gjennom herdeforløpet**

Prosjektet "NOR-CRACK" omhandler deformasjonsegenskaper og rissfølsomhet i ung betong – et IT-basert system for produksjonsplanlegging (avansert herdeteknologi). Deltagere i prosjektet er Skanska, Elkem, Norcem, FESIL, SINTEF, NTNU, og Statens vegvesen, i tillegg er prosjektet støttet av Norges forskningsråd. Prosjektet ble første gang presentert under Nordic Concrete Research Meeting i 2002.

Prosjektet skal blant annet resultere i en rapport med retningslinjer som beskriver de relevante mekanismene for opprissing i tidlig alder og de tilhørende betongegenskapene, og deres samspill. Videre skal metoder for å vurdere og minimere herderiss foreslås. Rapporten skal også inkludere en materialdatabase med brukervennlige inndata for temperatur- og spenningsberegninger for betonger som er dokumentert i dette prosjektet og i tidligere lignende prosjekt. Det er i løpet av prosjektet lagt frem eksperimentelle data for mange nye bindemiddelsammensetninger, for eksempel

varierende innhold av silika, nye sementtyper og lavvarme 3-pulver blandinger (sement, silika og flygeaske/ slagg). Lavvarmebetongene som ble utprøvd ifm Bjørvikprosjektet er inkludert i dette.

I mars 2005, som ledd i prosjektets avslutning, ble en internasjonal workshop avholdt i Trondheim, "Crack Risk Assessment of Hardening Concrete Structures." I alt 19 innlegg ble holdt i løpet av 2 dager, inkludert undertegnedes *Crack risk modelling of restrained walls – is it possible?* Ca 30 fagpersoner fra Norge, Sverige, Danmark, Tyskland og Nederland deltok. Kompendiet med innleggene fra Workshopen er ennå ikke utgitt.

For mer informasjon, kontakt



Claus K. Larsen, tlf 22 07 32 23  
[claus.larsen@vegvesen.no](mailto:claus.larsen@vegvesen.no)

## KARBONFIBERFORSTERKNING



**Karbonfiberforsterkning på en søyle (fra Postgirobygget)**

Prosjektet "Karbonfiberforsterkning" tar for seg bestandigheten av betong forsterket med karbonfiberkompositter. Spesielt for dette prosjektet er at prøvelegemene er 30 år gammel betong, ikke laboratoriestøpte prøver.

Bakgrunnen for prosjektet er riving av den ca 30 år gamle Tjønnøy bru i Møre og Romsdal. I forbindelse med den planlagte rivingen ble det besluttet å ta ut prøvelegemer fra brua, og gjennomføre prøvinger på karbonfiberforsterket betong, spesielt med tanke på hvordan fryse-/tinesyklus påvirker samvirket mellom betong og kompositt. I tillegg er det også sett på hvordan ulike forsterkningsmetoder påvirker nedbrytningen av betongen.

Målet med prosjektet er økt kunnskap om forsterkningsmetoder, med hovedfokus på bestandighet.

Forsøkene blir utført med tre ulike forsterkningsmetoder:

- forsterkning med karbonfiberlaminat
- forsterkning med karbonfibervev
- forsterkning med diffusjonsåpent, mineralbasert system.

Prøvingen deles i to faser:

### Fase I

Referanseprøving av de tre ulike forsterkningssystemer og undersøkelse av fire ulike forankringslengder. I tillegg blir grunnleggende materialegenskaper for betongen undersøkt

### Fase II

Bestandigheten undersøkes ved å utsette prøvene for henholdsvis 56 og 112 fryse-/tinesyklus med forankringslengde valgt ut fra prøvingen i Fase I. Det utføres minst tre prøvinger for hvert forsterkningssystem for hver av de to frostpåkjenningene.

Norut Teknologi A.S. utfører prøvingen i samarbeid med Statens vegvesen, Vegdirektoratet. Oppdraget startet i mai 2004, og skal være fullført primo 2006. Prosjektet dokumenteres i en skriftlig rapport fra Norut teknologi A.S.

For mer informasjon, kontakt:



Ian Markey, tlf.416 27 557  
[ian.markey@vegvesen.no](mailto:ian.markey@vegvesen.no)

## GIMSØYSTRAUMEN BRU



Gimsøystraumen bru

Gimsøystraumen bru i Lofoten ble bygget i tidsrommet 1997-1981. Brua ligger i et værhardt, marint miljø, og har vært gjenstand for flere prøverepareringsprosjekter. I 1992 ble det utført en grundig tilstandsvurdering, og i 1993, 1994 og 1995 ble det gjennomført prøvereparasjoner på ulike deler av brua. Alle prøvereparasjonene fulgte samme prosedyre:

1. Gjennomgående tilstandsvurdering
2. Installasjon av overvåkningssystem
3. Utførelse av reparasjoner
4. Etablering av detaljert dokumentasjon

Tilstandsvurderingen viste varierende grad av armeringskorrosjon, fra betydelig korrosjon på enkelte områder på brua, til lav eller ingen korrosjonsaktivitet på andre områder. Også betongens kloridinnhold varierte.

Ulike reparasjonsmetoder ble benyttet, alle med den hensikt å sikre mot videre kloridinntregning og bremse korrosjon på armeringen. For å kunne vurdere effekten av de ulike metodene, ble noen områder stående som ubehandlede referansefelter. Reparasjonene ble utført ved tradisjonell mekanisk reparasjon og ulike typer overflatebehandlinger.

I ettertid er det gjennomført tre store tilstandsvurderinger. I 1998, 2002 og i august 2005 ble alle reparerte områder og alle referansefelter undersøkt visuelt, og i tillegg ble det utført en rekke målinger:

- Kloridprofiler
- Elektrokjemisk potensial (EKP)
- Korrosjonshastighet

- Heftmålinger på overflatebehandling
- Inspeksjon av armering
- Fuktmålinger

Prosjektet konkluderer med at god utførelse er essensielt for at reparasjonene skal virke etter hensikten, og at materialer med de riktige egenskapene blir valgt. I tillegg er det vist at preventivt vedlikehold med overflatebehandling for kloridinfiltrert betong med *passiv* armering kan ha en positiv effekt på bestandigheten, mens lignende preventivt vedlikehold for kloridinfiltrert betong med *pågående* korrosjon ikke viser samme effekt. Resultatene fra arbeidet viser også at fortynnede hydrofobere overflatebehandlinger mister den kloridbremsende effekten raskt, og at valg av produkt er en kritisk faktor ved impregnering. Rene silanprodukter må foretrekkes framfor fortynnede produkter.

Artikkelen ”10 Years Experience with Repair of a Coastal Concrete Bridge”, skrevet av Claus K. Larsen og Jan-Magnus Østvik ble presentert under ICCRRR 2005 (International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting) i Cape Town i november.

Prøvereparasjonene vil bli fulgt opp gjennom innsamling av måledata (instrumentert overvåkning), feltobservasjoner og feltundersøkelser, vurdering av data og rapportering. I 2006 legges det vekt på å få utgitt en evalueringsrapport for prøvereparasjonene etter 10-12 års felteksposering. To studenter fra Høgskolen i Narvik arbeider med deler av dette prosjektet som sin avsluttende prosjektoppgave, og de skal være med på feltbefaring og resultatbehandling.

For mer informasjon kontakt:



Claus K. Larsen, tlf. 22 07 32 23  
[claus.larsen@vegvesen.no](mailto:claus.larsen@vegvesen.no)

## RUSTFRI ARMERING



Rustfri armering

Prosjektet "NonCor" omhandler bruk av rustfri armering i betongkonstruksjoner som er plassert i korrosive miljøer, og er et samarbeidsprosjekt med deltagelse fra Norge, Sverige og Danmark.

Bakgrunnen for prosjektet er mangelen på bestandighet og tidlig skade på betongkonstruksjoner med hensyn på armeringskorrosjon. I de nordiske landene har man vært avhengig av overdekningen, tett betong og krav til rissvidder for å unngå dette problemet, bruk av rustfri og ikke-metallisk armering har fått liten oppmerksomhet. Ikke-metallisk armering er på utviklingsstadiet, men rustfri armering har vært på markedet i mange tiår. Problemet er mangelen på standarder, retningslinjer og erfaring for bruk av denne armeringstypen. Prosjektering med bruk av rustfri armering er ikke dekket i noen av de nasjonale standardene i de nordiske landene, heller ikke i ISO eller CEN.

Det overordnede målet for prosjektet er "å utvikle og implementere nye og nyskapende betongløsninger med bruk av rustfri armering for å oppnå økt levetid, minskede vedlikeholds- og reparasjonskostnader, og redusere miljømessig påvirkning av betongkonstruksjoner som er utsatt for armeringskorrosjon" (Fra "Projectinformation", Gro Markeset, NBI).

Prosjektet er delt i to faser:

### Fase 1 (1. år)

- Produsere en statusrapport
- Identifisere den kunnskap som mangler på praktisk bruk av rustfri armering
- Lage en "Designers guide"
- Avgjøre om prosjektet skal gå over i en Fase 2

### Fase 2 (2. og 3. år)

- Prøving etter å ha identifisert ny og kritisk anvendelse
- Utvikle en "Design guide" for rustfri armering
- Utvikle en NordTest metode/Europeisk standard

Fase 1 har fire arbeidsgrupper som arbeider med følgende oppgaver:

- Typer rustfri armering og materialbeskrivelser
- Statusrapport – bruk av rustfri armering i konstruksjoner
- "Design guide" og utkast til spesifikasjon
- Workshop og distribusjon av resultater fra Fase 1

Deltagere i prosjektet er Norges byggforskningsinstitutt, COWI A/S, Force, Statens vegvesen Vegdirektoratet, Forsvarsbygg, Veidekke ASA, MT Højgaard a/s, Svenske Vägverket, Danske Vejdirektoratet, Strängbetong og Arminox.

Prosjektet startet i mai 2004. To workshop ble avholdt i løpet av prosjektet. Det visste seg vanskeligere enn antatt å utarbeide en fullverdig "Design Guide" og istedenfor blir en State-of-the-Art-rapport fredigstilt i løpet av første kvartal 2006. Vegdirektoratet fortsetter arbeidet med temaet og tar sikte på å utarbeide prosjekteringsregler for rustfri armering i løpet av 2006/07.

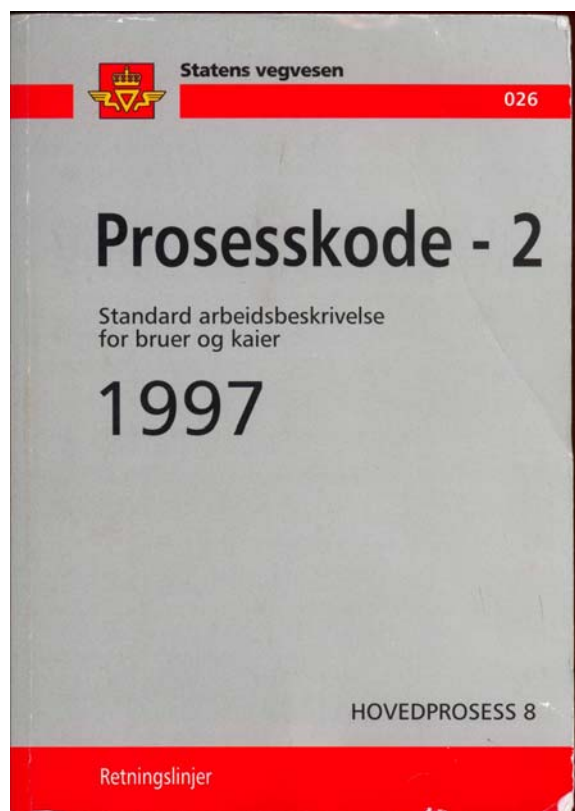
For mer informasjon, kontakt:



Ian Markey, tlf 22 07 39 94  
[ian.markey@vegvesen.no](mailto:ian.markey@vegvesen.no)



## REVISJON AV PROSESSKODE



### Nåværende utgave av Prosesskode-2

Materialteknisk seksjon har ansvaret for revisjon av prosess 84, men bidrar også ved revisjon av andre prosesser under hovedprosess 8 og 3.

Det er utarbeidet et revisjonsutkast, utkastet har vært på intern og ekstern høring, og kommentarene er grundig behandlet. Døren har

vært holdt åpen for ytterligere kommentarer/meningsytringer etter høringsfristen, og en har hatt åpen diskusjon med aktører i bransjen om de reviderte bestemmelsene. Prosess 84 er ikke framdriftsbestemmende for utgivelsen av revidert Prosesskode-2.

I tilknytning til Prosesskoderevisjonen er det utført et grundig arbeid med gjennomgang og revisjon av bestemmelsene for spennarmering. Arbeidet har resultert i en revidert Publikasjon nr. 14 fra Norsk Betongforening. I tilknytning til NB 14 er det også utviklet og avholdt eksamensrettet, formelt kompetansegivende kurs for spennbetongledere under Betongopplæringsrådet. En har også sørget for utvikling av ny og langt bedre injiseringsmasse for spennkabelrør og testet denne i fullskala på anlegg. Prosesskoden henviser til NB Publikasjon nr. 14 og gjør dennes bestemmelser om bl.a. injiseringsmasse gjeldende.

For mer informasjon kontakt:



Reidar Kompen, tlf. 22 07 39 07  
[reidar.kompen@vegvesen.no](mailto:reidar.kompen@vegvesen.no)

## MAGNESIUMKLORID OG BETONG



**Vegsalting**

Bakgrunnen for dette prosjektet er et ønske om å bruke magnesiumkloridbaserte tinesalter eller tinesalter der magnesiumklorid er tilsatt i en natriumkloridløsning. Slike tinesalter har vist positive egenskaper i form av utvidet temperaturintervall der avisning kan foregå, bedre støvbindingsegenskaper, redusert mengde påført salt samt forbedret veigrep. Alle disse positive egenskapene har skapt et press for økt bruk av magnesiumkloridholdige avisningsstoff. Spørsmålet som må besvares er hvorvidt magnesiumkloridholdige avisningsstoff kan medføre risiko for større skader på Statens vegvesens betongkonstruksjoner.

Prosjektet ble startet høsten 2005, og arbeidet hittil har bestått i gjennomgang av aktuell litteratur samt en generell faglig vurdering om hvordan de eventuelle negative effekter kan kartlegges for å danne et best mulig beslutningsgrunnlag.

Litteraturgjennomgangen har vist at magnesium er aggressivt mot betong, og det er to typer nedbrytingsmekanismer:

- Omdanning av kalsiumhydroksid ( $Ca(OH)_2$ ) til magnesiumhydroksid ( $Mg(OH)_2$ ). Magnesiumhydroksid er et ikke-possolant materiale, også kalt brusitt.
- Magnesiumsulfat ( $MgSO_4$ ) dannes ved reaksjon mellom magnesiumioner og sulfationer. Magnesiumsulfat reagerer med kalsium-silikat-hydratene (CSH-gelen) via aluminatreaksjoner slik at magnesium-silikat-hydrater (MSH) erstatter CSH-gelen i strukturen. MSH har tilnærmet ingen styrke i forhold til CSH-gelen.

Av disse to er nedbrytning forårsaket av magnesiumsulfat klart størst.

Andre observasjoner er:

- Høyere inntrengningshastighet (diffusjonskoeffisient) for magnesiumklorid enn for natrium-, kalium- og kalsiumklorid
- Brusittdannelse reduserer pH-en til omkring 9, noe som fører til lavere bindingskapasitet for kloridioner
- Magnesiumhydroksid fyller luftporene i betongens ytre sjikt, noe som vil redusere betongens frostmotstand

Observasjonene og resultatene fra litteraturen bygger på bruk av langt kraftigere saltløsninger enn det Statens vegvesen vil bruke, samt at betongkvalitetene er vesentlig dårligere enn betongkvaliteter brukt i norsk infrastruktur.

Arbeidet videre vil omfatte laboratorieundersøkelser på relevante betongkvaliteter og med relevante saltløsninger. I tillegg er det aktuelt å undersøke betongprøver tatt ut langs strekninger der magnesiumklorid er utprøvd både som avisningsmiddel og som støvdempningstiltak, samt utføre visuell kontroll av særlig utsatte konstruksjonselementer.

For mer informasjon kontakt:



Jan-Magnus Østvik, tlf. 73 95 46 76  
[jan-magnus.ostvik@vegvesen.no](mailto:jan-magnus.ostvik@vegvesen.no)

## BETONGDEKKER JESSHEIM



**Stor skade ut fra dagskjøt i betongdekket**

På en 8,6 km parsell av E6, nord for Gardermoen i Akershus fylke, er det lagt et 7,6 km langt betongdekke. I forbindelse med at det prosjekteres ny 4-felts motorveg nordover fra Gardermoen ble det i 2005 gjennomført tilstandskontroll av betongstrekningen. Betongdekket er 170 mm tykt og er utført i høyfast betong C 90. Vegstrekningen ble åpnet for trafikk i oktober 1989. Fremdeles, etter 16 år i bruk, har 95 % av dekket tilfredsstillende standard. Sporslitasjen utgjør beskjedne 15 – 20 mm.

Tilstandskontrollen viser at det har skjedd en gradvis nedbrytning av betongdekket, men utviklingen har gått vesentlig langsommere enn hva man kunne ha forventet. Områdene med de største skadene er de samme hvor det tidligere ble påvist begynnende skadeutvikling.

Omfanget skader er minst i sør, men øker på den nordligste delen av betongstrekningen. Dette henger delvis sammen med grunnforholdene. Problem med telehiv er bare registrert på de nordligste 2 km.

Skadene er langsgående sprekker som har oppstått i konstruksjonsfugene samt i områder hvor vegen ligger i kurve. Årsaken til skadene er dels detaljeringen og utførelsen av konstruksjonsfugene og dels at de eksisterende asfaltskuldrene gir for liten sidestøtte. Skadene med utgangspunkt i konstruksjonsfugene har i

noen tilfeller forverret seg ved oppsprekking, avskalling og nedknusning av betongen rundt fugen.

Problematikken knyttet til skjøter og fuger i betongdekker er ikke løst. Reduksjon av dekketykkelser ved bruk av høyfast betong tar ikke i tilstrekkelig grad hensyn til de konsekvenser dette kan ha for konstruksjonsfugene.

Betongdekket er generelt sett i bra tilstand. Det er imidlertid behov for reparasjon og oppgradering av betongstrekningen. Det er utarbeidet forslag til reparasjon av sporslitasje, utbedring av sår, mindre skader, fuger og sprekker samt masseutskifting og støping av nytt dekke i områder med telehiv.

Brukt som underlag for asfalt må betongdekket repareres for alle store skader, vegskuldrene må forsterkes og spor utbedres enten ved sliping/fresing eller ved sparkling med spesialmørtel før asfaltering. Undersøkelsene er rapportert i Oppdragsrapport nr 200579158.

For mer informasjon kontakt:



Finn Fluge, tlf. 22 07 39 08  
[finn.fluge@vegvesen.no](mailto:finn.fluge@vegvesen.no)

## HOSPITERING FOR LABORANTER



Fersk betongprøving ved Unicon AS sitt anlegg på Lørenskog

Hospitering ved Teknologivdelingen og Sentrallaboratoriet er et tilbud til laboranter i Statens vegvesen, og i 2005 var det andre året hospiteringen ble gjennomført. Hensikten med kurset er at laborantene skal bli oppdatert på analysemetoder og gjeldende regelverk, at det skapes muligheter til utveksling av erfaringer mellom laboratoriene, og at det bygges faglige nettverk mellom laborantene. I tillegg får Teknologivdelingen tilbakemelding på hvordan laboratoriene i Statens vegvesen drives i praksis, samt hvordan kontrollomfanget er i de ulike regionene. Kurset hadde en varighet på to uker, og omfattet fagområdene betong, steinmaterialer og geoteknikk. Én uke var satt av til geoteknikk og én til betong og steinmaterialer. Seks laboranter var med på kurset i betong.

Første dagen i uken med betong og steinmaterialer gikk med til gjennomgang av nye Labsys Web, samt viktigheten av gode

labanalyser. Andre dagen var satt av til ekskursjon til Unicons anlegg og Feiring Bruks pukkverk på Lørenskog. På programmet sto prøvetaking av steinmaterialer, besøk på asfaltverk, og besøk og prøvetaking på betongfabrikken til Unicon. De to neste dagene omfattet gjennomgang og utførelse av betonganalyser i laboratoriet (trykkfasthet, dimensjoner, densitet, spaltstrekk, bøyestrekk, elektrisk motstand, e-modul og kloridanalyser), og gjennomgang av systemer for kvalitetssikring (kontroll og kalibrering av vekter, sikter, termometre og skyvelær).

For mer informasjon kontakt:



Kjersti Kvalheim Dunham, tlf. 22 07 39 40  
[kjersti.kvalheim.dunham@vegvesen.no](mailto:kjersti.kvalheim.dunham@vegvesen.no)

## FIBER I SPRØYTEBETONG TIL FJELLSIKRING

I forbindelse med driving av Sørdalstunnelen i LOFAST-sambandet ble det gjennomført undersøkelser på sprøytebetong med ulike mengder stål- og plastfiber. Bruk av sprøytebetong er den vanligste metoden til fjellsikring i tunneler og fjellrom i Norge i dag. Stålfiberarmert sprøytebetong oppnår en høyere seighet enn uarmert sprøytebetong. Makro polypropylenfiber – plastfiber – er ganske nytt og enda i en introduksjonsfase i Norge, og dokumentasjon av egenskaper er nødvendig.

I de fleste vurderinger av fibervirkning i sprøytebetong kommer spørsmålet om faktisk fiberinnhold opp. Spredning i fiberinnhold er en kjent problemstilling, og ved vurdering av plastfiber som et alternativ til stålfiber må det tas hensyn til om ulike materialer har ulik spredning. Det ble derfor gjennomført undersøkelser av spredning i fiberinnhold, både for stålfiberbetong og makropolypropylenfiberbetong våren 2005.

Undersøkelsene ble utført med én type stålfiber og én type plastfiber, og med to ulike doseringer for hver type fiber. Dosering for stålfiber var 20 kg/m<sup>3</sup> og 30 kg/m<sup>3</sup>, og for plastfiber 4 kg/m<sup>3</sup> og 7 kg/m<sup>3</sup>. Fibertellingen ble utført på prøver tatt direkte fra betongbil, på prøver fra vegg etter sprøyting og på utstøpte terninger ved alder 56 døgn.



**Oppsamling av stålfiber ved hjelp av magnet**

Resultatene fra undersøkelsene viste, som forventet, en spredning i fiberinnhold for de undersøkte prøvene sammenlignet med opprinnelig tilsatt fibermengde. I enkelte av prøvene tatt fra den ferske betongen ble det registret variasjoner i fiberinnhold på ±30 %. Dette er vesentlig høyere enn det som tillates i

henhold til Norsk Betongforenings publikasjon nr 7. Resultatene viste også at prøver tatt fra bil hadde forskjellig fiberinnhold i forhold til prøver tatt fra vegg, samt at fiberinnholdet varierte gjennom lasset. Disse variasjonene var ikke sammenlignbare for stål- og plastfiber.

Fiberinnholdet i de støpte terningene viste fiberinnhold som avvek betydelig fra den doseringen betongen var tilsatt. Betongens trykkfasthet og densitet viste seg å være uavhengig av både fibertype og fibermengde.

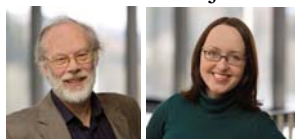
Skal det kunne dokumenteres mindre spredning i fiberinnhold for fiberarmert sprøytebetong er det to forhold som det må arbeides med:

- Selve prøvetakingen, størrelse av prøvene og hvordan prøvene tas
- Innblandingsprosessen for fiber i sprøytebetongen

Det er uklart hvilken av disse to forholdene, eventuelt begge, som er årsak til de til dels store variasjonene i fiberinnhold som er målt.

Når det gjelder erfaringer med sprøytebetongens ferske betongegenskaper var disse i hovedtrekk positive. Konsistens og betongtemperatur var meget stabile, luftinnholdet var også ganske stabilt, men signifikant forskjellig for stål- og plastfiberbetong. Plastfiberbetongen var klart mer ”seig” enn stålfiberbetongen, spesielt gjaldt dette ved høy plastfiberdosering. Ved høy plastfiberdosering fikk en også en del mindre fiberballer. Både fiberballene og betongens seighet ble løst opp ved etterdosering av SP-stoff. Undersøkelsene er rapportert i Teknologirapport nr 2409. Rapporten er skrevet av Robert Dahl (Statens vegvesen) og Ove Ugelstad (SRG).

For mer informasjon kontakt:



Reidar Kompen, tlf. 22 07 39 07

[reidar.kompen@vegvesen.no](mailto:reidar.kompen@vegvesen.no)

Synnøve A. Myren, tlf 22 07 39 41

[synnove.myren@vegvesen.no](mailto:synnove.myren@vegvesen.no)

## LETTBETONG I TUNNELHVELV LETTBETONGELEMENTER – VÆRETUNNELEN



**Montering av lettbetongelementer**

Bakgrunnen for dette utviklingsarbeidet er EUs nye regelverk vedrørende brann i tunneler, samt etatens målsetning om å avvikle bruken av brennbart PE-skum.

For å møte denne målsetningen er det behov for å utvikle nye konsepter. Ett konsept, lettbetong i tunnelhvelv, er prøvet ut i Væretunnelen på E6 nord for Trondheim hvor det ble montert i 450 meters lengde.

Seksjon for Materialteknikk har utviklet resept til en lettbetong med lav densitet og fasthetsegenskaper tilsvarende fasthetsklasse LC 15 (LB 12). Reseptutviklingen skjedde i samarbeid med Ølen Betong A/S som senere ble leverandør av lettbetongelementene og hovedentreprenør for monteringsarbeidene.

Produksjon av tunnelelementer startet opp i slutten av september 2004 og ble avsluttet i begynnelsen av desember 2004. Som ledd i produksjonskontrollen ble det hver støpedag tatt ut prøver for bestemmelse av densitet og fasthet. Analyse av prøveresultatene viser en meget jevn produksjon med liten spredning i resultatene, midlere densitet  $1364 \text{ kg/m}^3$  og midlere 28 døgns fasthet på  $19,2 \text{ MPa}$ .

Resultater fra reseptutviklingen ble presentert på kurset "Betong i Statens vegvesen" under Teknologidagene 2005 med tittel "Reseptutvikling lettbetong".

I 2005 er arbeidet med dokumentasjon av lettbetong i tunnelhvelv lagt inn som delprosjekt DP7 under FoU-prosjektet 601350 "FoU Tunnelutvikling". Det er utført brannprøving, bestemmelse av betongens varmemotstand/varmekonduktivitet, bestemmelse av densitet og fasthet på utborede kjerner, prøving av frostmotstand i henhold til SS 13 72 44 og kloridinntrengning etter NT Built 443. Brannprøvingen er rapportert i Teknologirapport nr. 2399 fra Teknologivdivisjonen og bestemmelse av Varmekonduktivitet i Teknologirapport nr. 2401. Øvrige resultater vil bli rapportert i løpet av februar 2006.

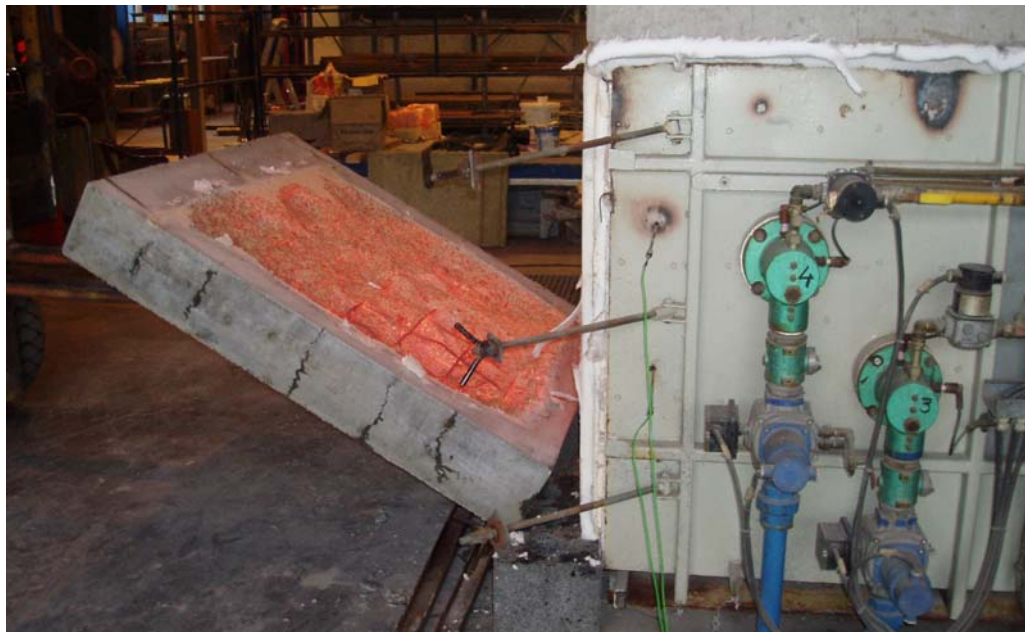
Det er i fire områder av tunnelen montert temperaturloggere for registrering av frostmengder. Temperaturene logges kontinuerlig med avlesning hver time. Avlesning av registrerte verdier vil bli foretatt i april/mars og blir rapportert separat.

For mer informasjon kontakt:



Finn Fluge, tlf. 22 07 39 08  
[finn.fluge@vegvesen.no](mailto:finn.fluge@vegvesen.no)

## LETTBETONG MED SKUMGLASS SOM LETT TILSLAG



**Lettbetongelementer med skumglass som letttilslag og tilsatt pp-fiber etter to timers branntesting**

Som ledd i vegvesenets arbeid med utvikling av elementer for vann- og frostsikring samt brannsikring av vegtunneler er det prøvet ut lettbetonger med ulike typer lett tilslag.

Oppgaven i prosjektet har vært å utvikle resepter som møter kravene til betongegenskaper for fersk og herdnet betong, og det er utført forsøk for å dokumentere materialegenskapene til lettbetong med granulater av skumglass som tilslag. Prøveprogrammet har ikke omfattet produksjon av tunnelelementer.

Prosjektet har vært delt i flere faser, en fase med innledende laboratorieforsøk utført av SINTEF og en fase hvor Ølen Betong AS har blandet betong i 1 m<sup>3</sup> store satser ved bruk av ordinært produksjonsutstyr.

Fullskalaprøvingen er gjennomført med utstøpning av store prøvestykker og standard testing av fersk og herdnet betong. Det er utført prøving for å fastlegge brannmotstand til betong med og uten tilsetning av pp-fiber, varmekonduktivitet, frostmotstand, motstand mot kloridinntrengning og betongens kapillær sug – porøsitet.

Kort oppsummert har prosjektet nådd de avtalte målsetningene. Det kan fremstilles en lettbetong med skumglass som tilfredsstillende fasthetsklasse LB 12 og densitetsklasse 1,4. For å oppnå en tidligfasthet som er tilstrekkelig høy til at avforming kan foretas etter 16 timer er det nødvendig å øke sementmengden til 420 kg/m<sup>3</sup>.

Før denne betongen kan anvendes i ordinær produksjon er det behov for ytterligere utprøving for å kunne optimalisere produksjonsmessige forhold som levering av det lette tilslaget i ulike fraksjoner, kontroll med fuktinnholdet i tilslaget, lagring i siloer, dosering av delmaterialer, rutiner for betongproduksjon under full drift samt utstøpning og etterbehandling.

Prøveresultatene vil bli rapportert i løpet av 1. kvartal 2006. Marit Sliper Drugli utførte sin masteroppgave på dette prosjektet.

For mer informasjon kontakt:



Finn Fluge, tlf. 22 20 39 08

[finn.fluge@vegvesen.no](mailto:finn.fluge@vegvesen.no)



**Statens vegvesen**

Statens vegvesen Vegdirektoratet  
Postboks 8142 Dep  
N - 0033 Oslo

Tlf. (47) 22 07 35 00  
E-post: [publvd@vegvesen.no](mailto:publvd@vegvesen.no)

ISSN 1504-5005