

Lundevann - feltforsøk med overflatebehandling

Kloridinntrenging etter 3, 9 og 19 år
FoU-programmet Bedre bruvedlikehold 2017–2021

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 849



Tittel

Lundevann - feltforsøk med overflatebehandling

Undertittel

Kloridinntrenging etter 3, 9 og 19 år. FoU-programmet Bedre bruvedlikehold 2017–2021

Forfatter

Eva Rodum og Claus K. Larsen
Statens vegvesen

Avdeling

Konstruksjoner

Seksjon

Konstruksjonsteknikk

Prosjektnummer

L10114

Rapportnummer

849

Prosjektleder

Bård M. Pedersen/Karla Hornbostel

Godkjent av

Bård M. Pedersen

Emneord

Betong, bru, overflatebehandling, kloridinntrenging, tinesalter, laboratorieundersøkelser

Sammendrag

Rapporten gir en oppsummering av resultater fra et feltforsøk med ulike overflateprodukter på Lundevann bru. Små prøveplater ble påført to hydrofoberende impregneringer og to belegg og utplassert på bruas kantdrager i 1998 og 1999. Prøveplatene hadde fire varianter av forbehandling før påføring av produktene: Ingen forbehandling, sandblåsing, herdemembran og herdemembran med etterfølgende sandblåsing. Produktene ble påført platene ved 4 ukers betongalder, impregneringene også ved 1 døgns og 1 års alder. Resultater fra analyser av kloridinntrenging i 2001, 2007 og 2017 inngår i rapporten.

Title

Lundevann - field testing of surface treatment products

Subtitle

Chloride ingress after 3, 9 and 19 years. The R&D program Improved bridge maintenance 2017–2021

Author

Eva Rodum and Claus K. Larsen
Norwegian Public Roads Administration

Department

Structures

Section

Structural Engineering

Project number

L10114

Report number

849

Project manager

Bård M. Pedersen/Karla Hornbostel

Approved by

Bård M. Pedersen

Key words

Concrete, bridge, surface treatment, chloride ingress, de-icing salt, laboratory examinations

Summary

The report summarizes the results from field testing of different surface treatment products on Lundevann bridge. Two silane-based hydrophobic impregnations and two coatings were applied on small concrete slabs which were placed on the edge beam of Lundevann bridge in 1998 and 1999. Before application the test slabs were pre-treated in four different ways: No treatment, sand blasting, curing membrane and curing membrane followed by sand blasting. The products were applied on the slabs at 4 weeks of concrete age, the impregnations at 1 day and 1 year of age as well. Results from analyses of chloride ingress in 2001, 2007 and 2017 are reported.



Innhold

Forord.....	2
1 Innledning.....	3
2 Målsetning	3
3 Prøveprogram.....	3
3.1 Organisering.....	3
3.2 Støping og preparering av betongplater	3
3.3 Påføring av overflateprodukter	4
3.4 Eksponering av prøveelementer.....	5
3.5 Prøving	6
4 Resultater.....	8
4.1 Inntrengingsdybde av hydrofoberende impregneringer	8
4.2 Heftfasthet av belegg	9
4.3 Kloridinntrenging fra tinesalter.....	10
5 Oppsummering og vurdering av resultatene	14
5.1 Prøving	14
5.2 Hydrofoberende impregneringer	14
5.3 Belegg	16
5.4 Ubehandlet betong	17
6 Konklusjoner.....	20
7 Referanser.....	21

Vedlegg 1: Foto av plater i felt i 2013

Vedlegg 2: Inntrengingsdybder av hydrofoberende impregneringer

Vedlegg 3: Kloridresultater

Vedlegg 4: Inntrengt mengde klorider og filtreringseffekt

Forord

Denne rapporten er utarbeidet innenfor FoU-programmet Bedre bruvedlikehold (2017–2021). Bedre bruvedlikehold skal gjennom ny kunnskap bidra til at Statens vegvesen kan optimalisere ressursbruken knyttet til inspeksjon, vedlikehold og forvaltning av bruer.

Bedre bruvedlikehold består av fire prosjekter:

Prosjekt 1: Forvaltningsverktøy for bruer

Prosjekt 2: Armeringskorrosjon i betong

Prosjekt 3: Alkalireaksjoner i betong

Prosjekt 4: Vedlikehold av stålbruer

Bedre bruvedlikehold ledes av Bård Pedersen, Vegdirektoratet.

Denne rapporten tilhører Prosjekt 2: «Armeringskorrosjon i betong» som ledes av Karla Hornbostel. Prosjekt 2 er rettet mot drift og vedlikehold av betongbruer med armeringskorrosjon. Mål for prosjektet er å utarbeide anbefalinger for inspeksjonsmetoder for å utrede omfang av skader på grunn av armeringskorrosjon, samt å utvikle verktøy for å kunne bedømme konsekvenser av armeringskorrosjon for bruens levetid. Prosjektet skal også utarbeide et beslutningsgrunnlag for valg av reparasjonstiltak og anbefalinger for gjennomføring av tekniske gode og økonomisk effektive reparasjonstiltak.

Rapporten er skrevet av Eva Rodum og Claus K. Larsen og er utarbeidet i delprosjekt 2.1 «Overflatebehandling av betong». Prosjektet har søkelys på kloridbremsende effekt av overflateprodukter for betong. Rapporten beskriver prøving av betongplater støpt ut og overflatebehandlet i forbindelse med reparasjon av kantbjelker på Lundevann bru i 1998. Brua er eksponert for tinesalter. I forbindelse med rehabiliteringen ble det etablert et prøveprogram for dokumentasjon av ulike overflateprodukters kloridbremsende effekt på kort og lang sikt. Denne rapporten presenterer prøving utført i 2017 (etter 19 års eksponering) og oppsummerer også resultater fra prøving etter 3 og 9 års eksponering.

1 Innledning

Lundevann bru ble bygd i 1970 og er ei bjelkebru med tolv spenn. Brua ligger på E18 ved Tvedestrand og er eksponert for innlandsklima. Vegstrekningen saltet intensivt i vintermånedene og kantbjelkene måtte repareres pga. kloridinitiert korrosjon i 1998.

I forbindelse med reparasjonsarbeidene ble det initiert et feltforsøk med ulike kloridbremsende overflateprodukter. Produktene ble påført både de reparerte kantbjelkene og spesialproduserte betongplater som ble fastmontert på kantbjelkene.

Det er gjennomført prøving av kloridinntrenging i platene etter 3, 9 og 19 år. Prøving etter 19 år er gjennomført som del av FoU-programmet Bedre bruvedlikehold (2017–2021). Etablering av prøvefeltet og resultater fra prøving fram til og med 9 års eksponering er tidligere kun presentert i foredrag og konferanseartikler /1, 2, 3/. De viktigste resultatene er imidlertid systematisert og inngår i denne rapporten, sammen med resultatene fra prøving etter 19 års eksponering.

2 Målsetning

Målet med prøveprogrammet har vært å:

- Dokumentere kloridinntrenging i betong eksponert for tinesalter, med og uten kloridbremsende overflatebehandling
- Dokumentere betydning av betongens alder og forbehandling før påføring av overflatebehandlingen

Undersøkelsene er utført på prøveplater montert på bruas kantbjelker. I tillegg er det utført visuelle observasjoner av belegg påført kantbjelkene.

3 Prøveprogram

3.1 Organisering

Prøveprosjektet ble initiert i 1998 av Claus K. Larsen i Materialteknisk seksjon i Vegdirektoratet og gjennomført i samarbeid med Odd Rønnestad i daværende Statens vegvesen Aust-Agder. Oppfølging av prosjektet fram til 2007 (9-årsprøving) ble utført av Materialteknisk seksjon. Organisering av avsluttende prøveprogram i 2017, resultatbehandling og rapportering er utført innenfor FoU-programmet Bedre bruvedlikehold.

Prøving etter 3 års eksponering i 2001 ble utført ved NBI (Norsk Byggforskningsinstitutt), prøving etter 9 og 19 år (i 2007 og 2017) ble utført ved Statens vegvesens Sentrallaboratorium i Oslo.

3.2 Støping og preparering av betongplater

Totalt ble det støpt i overkant av hundre betongplater med dimensjon 300 x 500 x 50 mm³. Det ble benyttet SV-40 betong med masseforhold 0,40, Portlandsement og 4 % silikastøv.

Platene ble støpt ut på anleggsplassen ved brua i to omganger, først 2. september 1998 (godt vær, sol og litt vind, rundt 15°C) og deretter 15. september 1998 (oppholdsvær, rundt 15 °C). Støpingen ble utført av Entreprenørservice AS som utførte reparasjonsarbeidene på brua. Betongen i prøveplatene var den samme som ble brukt for utstøping av kantbjelkene på brua. Platene ble komprimert med forsiktig bruk av stavvibrator, og toppflaten ble avrettet med brett og tildekket med vannmettet duk og plast.

Platene ble avformet etter 1 døgn.

Umiddelbart etter avforming ble bunnflaten (mot forskaling – som utgjør eksponeringsflaten i felt) av 22 plater påført herdemembran (Rescon Cur-1) og bunnflaten av åtte plater påført hydrofoberende impregnering (se kapittel 3.3).

Toppflaten og sideflatene på samtlige prøveplater ble påført to strøk epoksy (Rescon Epoxy L). Etter herding av epoxy ble platene pakket i vannmettet duk og dekket med plast igjen.

Ved 7 døgns alder ble 11 plater med herdemembran og 19 plater uten herdemembran sandblåst.

Platene ble stablet og tildekket med plast fram til påføring av overflateproduktene.

3.3 Påføring av overflateprodukter

Totalt fire overflateprodukter har vært inkludert i prosjektet.

To hydrofoberende impregneringer (silanbasert):

- Silimp 100 (væskeform) fra Rescon as (nå: Mapei AS)
- StoCryl HG 200 (gelform) fra Mursto as (nå: Sto Norge AS)

To elastiske, sementbaserte belegg:

- CemElastic fra Rescon as (nå: Mapei AS)
- Nitocoat CM210 fra Fjerby as

Ved 1 døgns alder ble totalt 8 plater uten forbehandling av eksponeringsflaten påført de to hydrofoberende impregneringene (fire plater pr produkt).

Ved 4 ukers alder ble totalt 48 plater, med ulike varianter av forbehandling (ingen, herdemembran, sandblåsing og herdemembran+sandblåsing), påført de fire ulike produktene (fire plater pr variant).

Ved 1 års alder ble totalt 8 plater uten forbehandling påført de to hydrofoberende impregneringene (fire plater pr produkt).

I tillegg til overflatebehandlede plater ble det også tildannet tre referanseplater pr variant av alder og forbehandling.

Etter påføring av overflateproduktene ble platene oppbevart utildekket fram til utsetting på brua.

En oversikt over de ulike varianter av prøveplater og merking av disse er vist i Tabell 1.

Tabell 1 Merking av prøveplater, med ulike aldre ved påføring av overflateprodukt, ulike typer overflateprodukt/referanser og ulike typer forbehandling.

	Silimp100	StoCryl HG200	Referanse	Cem-Elastic	NitoCoat	Antall heller
Overflatebehandling etter 1 dag						
Ingen forbehandling	L.A.1D.x x=1-4	L.A.2D.x x=1-4	L.A.0D.x x=1-3	-	-	11
Overflatebehandling etter 4 uker						
Ingen forbehandling	L.A.1.x x=1-4	L.A.2.x x=1-4	L.A.0.x x=1-3	L.A.3.x x=1-4	L.A.4.x x=1-4	19
Sandblåst	L.B.1.x x=1-4	L.B.2.x x=1-4	L.B.0.x x=1-3	L.B.3.x x=1-4	L.B.4.x x=1-4	19
Herdemembran	L.C.1.x x=1-4	L.C.2.x x=1-4	L.C.0.x x=1-3	-	-	11
Herdemembran, sandblåst	L.D.1.x x=1-4	L.D.2.x x=1-4	L.D.0.x x=1-3	-	-	11
Overflatebehandling etter 1 år						
Ingen forbehandling	L.A.1Å.x x=1-4	L.A.2Å.x x=1-4	L.A.0Å.x x=1-3	-	-	11

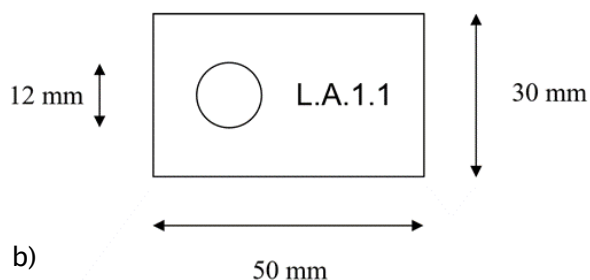
3.4 Eksponering av prøveelementer

I alt 102 plater ble montert liggende på kantdragerne, mellom rekkverksstolpene. Platene ble montert slik at lengderetningen på hellene falt sammen med lengderetningen på kantdrageren. Eksponeringsflaten ble vendt opp og epoksybelagt flate vendt ned. Platene ble festet med to bolter midt i platas lengderetning. En metallplate med inngravert prøveidentitet ble festet til den ene bolten. Se Figur 1.

Platene ble utplassert på brua første uka i desember 1998 og høsten 1999 (1-årsplatene).



a)



b)

Figur 1 a) Plater montert på kantdrager, b) skisse av metallplate som ble festet til platene. Foto og skisse: Claus K. Larsen, Statens vegvesen.

3.5 Prøving

3.5.1 Prøvingsterminer

Det ble tatt ut prøver fra platene for bestemmelse av inntrengingsdybde av hydrofoberende impregnering og fremstilling av kloridprofiler i 2001, 2007 og 2017, dvs. etter 3, 9 og 19 års eksponering (2, 8 og 18 års eksponering for 1-årsplatene). Heftfasthet av belegg ble bestemt etter 19 års eksponering. Alle resultatene er presentert i denne rapporten.

3.5.2 Beskrivelse av prøvingsprosedyrer i 2017

I det etterfølgende er gitt en beskrivelse av prøvingsprosedyrer for 2017. Prosedyrer for prøving utført i 2001 og 2007 var relativt sammenfallende med de prosedyrene som er fulgt i 2017. Uttak av prøvestykker ble den gang gjort ved at $\frac{1}{4}$ eller $\frac{1}{2}$ bredde av platene ble kappet med vinkelsliper på brua, merket og pakket i tett plast før sending til laboratoriet for videre preparering for analyser.

Innhenting av plater:

Alle gjenværende prøveplater, totalt 35 stk, ble hentet inn i september 2017. Før platene ble løsnet fra boltene ble merking på metallplata overført med tusj til betongplata. En oversikt over platene og hvordan de ble disponert til ulike typer laboratorieprøving er gitt i Tabell 2.

Foto av platene tatt i 2013 finnes i VEDLEGG 1.

Tabell 2 Merking og disponering av prøveplater, 2017.

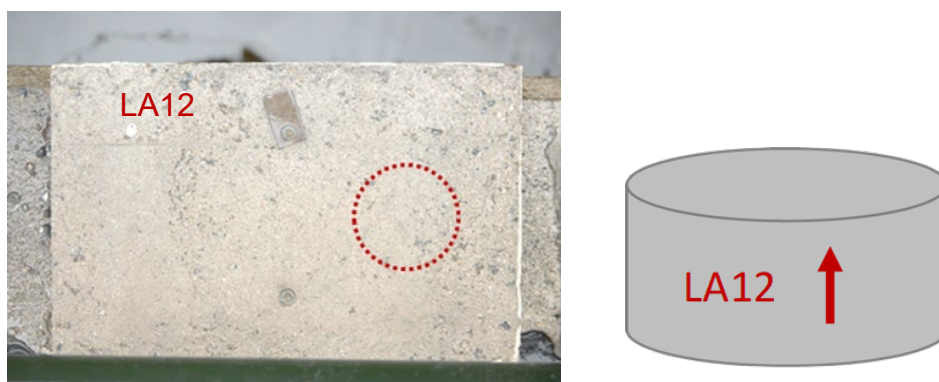
Forbehandling	Plater merket	Overflatebehandling	Klorid-profiler ¹⁾	Inntrengingsdybde	Heftfasthet
Ingen	LA02	Ingen	X		
	LA12	Silimp 100	X X	X	
	LA13	Silimp 100			
	LA23	StoCryl HG 200	X X	X	
	LA22	StoCryl HG 200			
	LA32	CemElastic	X		X
	LA34	CemElastic			
	LA42	NitoCoat (flasser)			
	LA43	NitoCoat	X		X
Sandblåst	LB01	Ingen	X		
	LB12	Silimp 100	X X	X	
	LB13	Silimp 100			
	LB22	StoCryl HG 200	X X	X	
	LB23	StoCryl HG 200			
	LB32	CemElastic	X		X
	LB33	CemElastic			
Herdemembran	LC03	Ingen	X		
	LC12	Silimp 100	X X	X	
	LC13	Silimp 100			
	LC22	StoCryl HG 200	X X	X	
	LC23	StoCryl HG 200			
Herdemembran+sandblåsing	LD02	Ingen	X		
	LD12	Silimp 100	X X	X	

	LD13	Silimp 100			
	LD22	StoCryl HG 200	X X	X	
	LD23	StoCryl HG 200			
Ingen (1 år)	LA0Å1	Ingen	X X		
	LA0Å2	Ingen			
	LA1Å1	Silimp 100	X X	X	
	LA1Å2	Silimp 100			
	LA2Å1	StoCryl HG 200	X X	X	
	LA2Å2	StoCryl HG 200			
Ingen (1 dag)	LA1D2	Silimp 100	X X	X	
	LA2D2	StoCryl HG 200	X X	X	

1) Ett kryss betyr tildanning av ett kloridprofil, to kryss indikerer tildanning av to parallelle kloridprofiler

Fresing av betongstøv:

Før fresing av kloridprofiler ble det boret ut prøvestykker for innspenning i fresebenk. Prøvestykkene ble tildannet med god avstand (minimum 50 mm) til kanter og bolter. Tildannet prøvestykke ble merket på sideflaten med prøveidentitet og pil opp mot eksponeringsflaten. Fra enkelte plater ble det tildannet to prøvestykker, se Tabell 2 (de aktuelle platene er merket med to kryss). Eksempel på merking og lokalitet av prøvestykker er vist i Figur 2.



Figur 2 Skisse som viser tildanning og merking av prøvestykker for fresing. Minimum avstand til kanter og bolter er 50 mm.

Betongstøv ble frest i følgende sjikt: 0–2, 2–4, 4–6, 6–8, 8–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30, 30–35, 35–40 mm.

Kloridanalyser:

Kloridinnholdet i alle freste sjikt ble analysert ved potensiometrisk titrering.

Inntrengingsdybde av hydrofoberende impregneringer:

Etter at det var boret ut prøvestykker for fresing ble det målt inntrengingsdybde av hydrofoberende impregnering på 12 plater, se Tabell 2. Det ble boret ut en prøve som ble splittet i to prøvestykker, prøvestykkene ble lagt i klimarom i ett døgn, deretter påført vann med pipette. Vannet ble påført fra innerste del av prøvestykket og framover mot overflata inntil vannavstøtende betongsjikt ble nådd. Avstanden fra betongoverflata til skillet mellom vannavvisende og vannsugende betong ble målt for hver ca. 10 mm og resultatet presentert som middelveidien av alle enkeltresultatene.

4 Resultater

4.1 Inntrengingsdybde av hydrofobereende impregneringer

Inntrengingsdybde av de to ulike hydrofobereende impregneringene Silimp 100 og StoCryl HG 200 ble målt i 2001, 2007 og 2017, etter hhv. 3, 9 og 19 års eksponering (2, 8 og 18 års eksponering for 1-årsplaten).

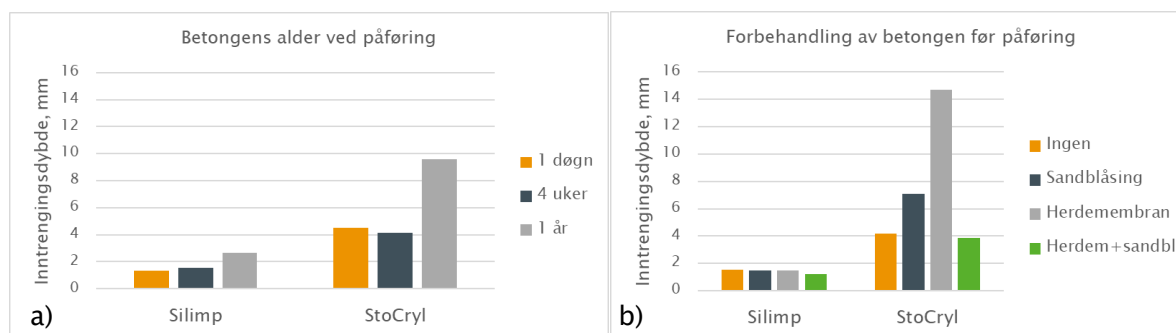
Alle enkeltmålinger er vist i VEDLEGG 2, mens middelerverdier pr. prøve er vist i Tabell 3. I tabellen er det også gitt middelerverdier for hele eksponeringsperioden (tre prøvingsterminer), samt middelerverdier for de to produktene ved påføringsalder 4 uker (alle forbehandling).

Tabell 3 Målte inntrengingsdybder i plater med ulik forbehandling og ulik alder ved påføring, utført hhv. i 2001, 2007 og 2017.

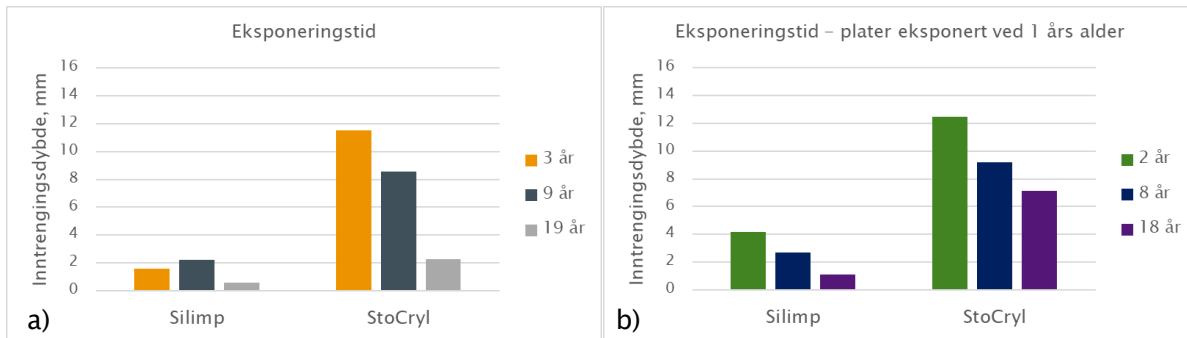
Produkt	Forbehandling	Alder ved påføring	Inntrengingsdybde, mm				
			2001	2007	2017	Middelerverdi	
Silimp 100	Ingen	4 uker	1,5	2,1	1,1	1,6	
StoCryl HG 200			8,6	2,6	1,3	4,2	
Silimp 100	Sandblåsing		1,8	2,1	0,7	1,5	
StoCryl HG 200			7,4	9,1	4,6	7,1	
Silimp 100	Herdemembran		1,8	2,7	0	1,5	
StoCryl HG 200			24,6	17,4	2	14,7	
Silimp 100	Herdemembran + sandblåsing		1,3	1,9	0,4	1,2	
StoCryl HG 200			5,4	5,2	1,0	3,9	
Silimp 100	Middelerverdi		4 uker	1,6	2,2	0,5	
StoCryl HG 200			11,5	8,6	2,2		
Silimp 100	Ingen	1 døgn	0,8	2,3	0,9	1,3	
StoCryl HG 200			4,9	5,0	3,6	4,5	
Silimp 100		1 år	4,2	2,7	1,1	2,6	
StoCryl HG 200	12,5		9,2	7,1	9,6		

Effekten av betongens alder ved påføring av produktene på plater uten forbehandling er vist i Figur 3a). Effekten av ulik forbehandling før påføring av produktene er vist i Figur 3b). Figurene presenterer middelerverdier for de tre prøvingsterminene.

Endring i inntrengingsdybde over tid er vist i Figur 4.



Figur 3 Inntrengingsdybde av Silimp 100 og StoCryl HG 200, middelerverdier av målinger utført etter hhv. 3, 9 og 19 års eksponering a) for ulik alder ved påføring på plater uten forbehandling og b) for ulike typer forbehandling før påføring ved 4 ukers betongalder.



Figur 4 Endring i inntrengingsdybde av Silimp 100 og StoCryl HG 200 over tid, målt ved tre ulike prøvingsterminer for a) plater impregnert ved 4 ukers alder (middelverdier for alle varianter av forbehandling) og b) plater impregnert ved 1 års alder (uten forbehandling).

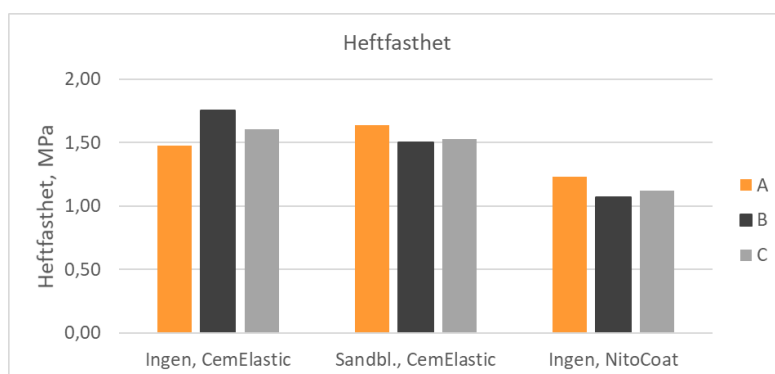
4.2 Heftfasthet av belegg

Heftfasthet av de to beleggene CemElastic og NitoCoat er bestemt etter 19 års eksponering.

Enkelt- og middelverdier for tre prøvestykker pr. produkt og forbehandling, påføringsalder 4 uker, er vist i Tabell 4. Bruddtype for hver avtrekksprøve er også vist. Alle enkeltresultater er fremstilt grafisk i Figur 5.

Tabell 4 Heftfasthet av belegg etter 19 års eksponering. Produktene er påført ved 4 ukers betongalder.

Produkt	Forbehandling	Prøve	Heftfasthet, MPa	Bruddtype
CemElastic	Ingen	A	1,48	80% brudd i betong, 20% brudd i belegg-betong
		B	1,75	5% brudd i betong, 95% brudd i belegg-betong
		C	1,61	5% brudd i betong, 95% brudd i belegg-betong
		Middel	1,6	
CemElastic	Sandblåst	A	1,64	40% brudd i betong, 60% brudd i belegg-betong
		B	1,50	95% brudd i betong, 5% brudd i belegg-betong
		C	1,53	60% brudd i betong, 40% brudd i belegg-betong
		Middel	1,6	
NitoCoat	Ingen	A	1,23	70% brudd i betong, 30% brudd i belegg-betong
		B	1,07	80% brudd i betong, 20% brudd i belegg-betong
		C	1,12	95% brudd i betong, 5% brudd i belegg-betong
		Middel	1,1	
NitoCoat	Sandblåst	Disse platene ble borte mellom påføring av belegg og montering på brua.		



Figur 5 Heftfasthet av beleggene CemElastic (hvv. uten forbehandling og med forutgående sandblåsing) og NitoCoat (uten forbehandling), etter 19 års eksponering. Produktene er påført ved 4 ukers betongalder. Tre enkeltavtrekk (A, B, C) pr. variant.

4.3 Kloridinntrenging fra tinesalter

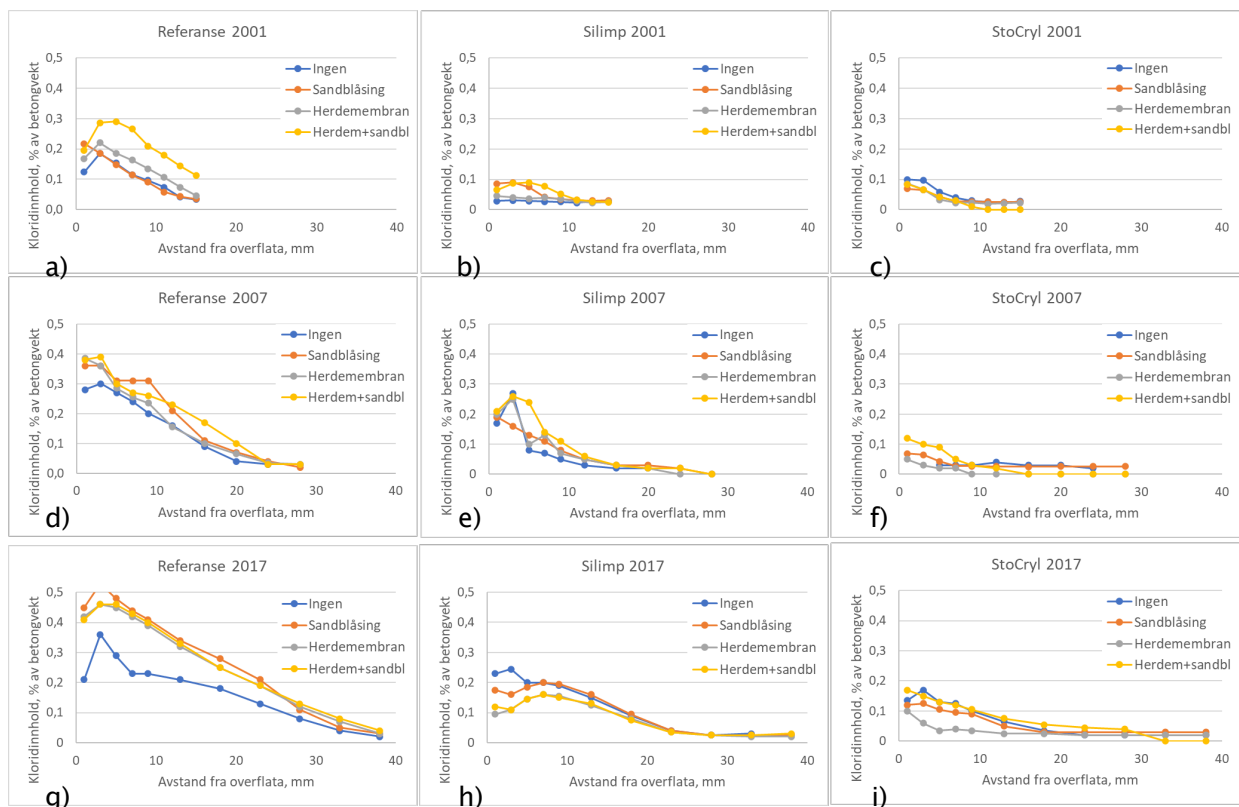
4.3.1 Kloridprofiler

Kloridresultater fra analyser utført i 2001, 2007 og 2017, alle enkeltverdier, er vist i tabeller og figurer i VEDLEGG 3.

I 2001 og 2007 ble det kun boret ut én betongkjerne pr. variant – med unntak av ubehandlet referanseplate forbehandlet med herdemembran, hvor det ble boret ut to kjerner i 2007.

I 2017 ble det boret ut to betongkjerne pr. variant – med unntak av de ubehandlede 4 ukers referanseplatene og platene med belegg, hvor det ble boret ut kun én kerne.

I Figur 6 er samtlige kloridprofiler fra de silanimpregnerte 4-ukersplatene fremstilt, i form av enten enkeltverdier eller middelværdier (der det finnes to parallelle prøver pr variant).

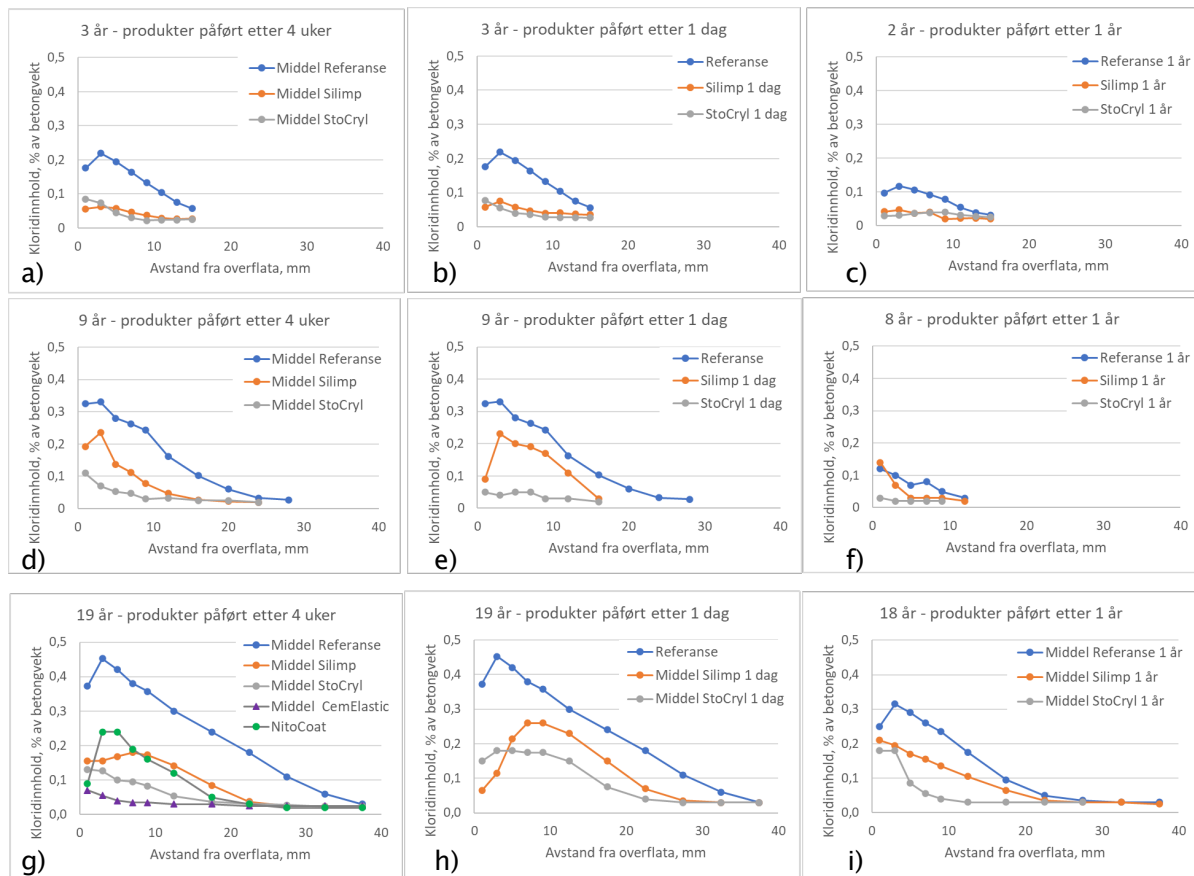


Figur 6 Kloridinntrenging i silanimpregnerte plater med ulike forbehandling bestemt i 2001 (øverst), 2007 (i midten) og 2017 (nederst). Til venstre: Referanseplater, i midten: Plater påført Silimp 100 og til høyre: Plater påført StoCryl HG200. Produktene er påført ved 4 ukers betongalder.

Figurene (i Figur 6) viser ingen systematisk forskjell mellom de ulike forbehandlingene. I den videre resultatbehandlingen er det beregnet middelværdier av de fire profilene i hver av Figur 6a-i).

Kloridinntrenging avhengig av betongalder ved påføring (produkter påført etter 1 dag, 4 uker eller 1 år), bestemt i 2001, 2007 og 2017, er vist grafisk i Figur 7.

For 1-dagsplatene er middelveidiene av alle 4-ukers referanseplater (Figur 6a, d og g) benyttet som referanseprofil. 1-årsplatene har egen ubehandlet referanse.



Figur 7 Klordinntrenging i overflatebehandlede og ubehandlede (referanse) plater bestemt i 2001 (øverst), 2007 (midtre rad) og 2017 (nederst). Til venstre: Middelveidier for alle de fire forbehandlingene, produkter påført ved 4 ukers alder. Midtre kolonne: Enkelt- eller middelveidier for plater uten forbehandling, produkter påført ved 1 dags alder. Til høyre: Enkelt- eller middelveidier for plater uten forbehandling, produkter påført ved 1 års alder. Ubehandlet referanse er den samme for produkter påført ved 1 døgn og 4 uker.

4.3.2 Beregning av inntrengt mengde klorider og filtreringseffekt

Kloridinnholdet i alle freste sjikt fra de utborede kjernene er gitt i % av tørr betongvekt. For å bestemme total inntrengt mengde klorider i impregnerte og ubehandlede elementer er klordinnholdet i ulike sjikt (enkeltverdi eller middelveidi av to profiler pr variant) omregnet fra % av tørr betongvekt til g/m² og summert. Ved omregning er det antatt en tørrdensitet på 2300 kg/m³ og en bakgrunnsverdi på 0,02 eller 0,03 % (avhengig av profilet's utflatingsnivå). Basert på total inntrengt mengde klorider i hhv impregnerte og ubehandlede prøvestykker er det beregnet en filtreringseffekt som følger:

$$\text{Filtreringseffekt [\%]} = \left(1 - \frac{m_{Cl \text{ tot impregnert}}}{m_{Cl \text{ tot referanse}}} \right) \cdot 100 \%$$

hvor: $m_{Cl \text{ tot impregnert}}$ = total inntrengt mengde klorider i impregnerte prøver

$m_{Cl \text{ tot referanse}}$ = total inntrengt mengde klorider i ubehandlede referanser

Total mengde inntrengte klorider i samtlige varianter av plater er vist tabellarisk og grafisk i VEDLEGG 4.

Middelverdier for alle forbehandlinger/4 ukers påføring er vist i Tabell 5.

Total mengde inntrengte klorider i elementer påført overflatebehandling ved hhv. 1 døgns alder og 1 års alder er vist i Tabell 6 og Tabell 7.

Tabell 5 Total inntrengt mengde klorider (g/m²) middelverdier for alle forbehandlinger, for prøveplater påført produkter ved ca. 4 ukers alder – etter 3, 9 og 19 års eksponering.

Eksp.tid, år	Overflatebehandling påført etter ca. 4 uker MIDDELVERDIER for alle forbehandlinger				
	Ref.	Silimp	StoCryl	Cem-Elastic	Nito-Coat
3	43,3	9,5	8,0	-	-
9	89,2	33,6	9,1	-	-
19	163,6	55,1	22,5	6,2	53,8

Tabell 6 Total inntrengt mengde klorider (g/m²) for prøveplater påført produkter etter 1 dag – etter 3, 9 og 19 års eksponering, basert på enkelt- eller middelverdier pr eksponeringsalder.

Eksp.tid, år	Påført etter 1 dag	
	Ingen forbehandling	
	Silimp	StoCryl
3	10,9	7,5
9	40,9	3,2
19	77,2	52,8

Tabell 7 Total inntrengt mengde klorider (g/m²) for prøveplater påført produkter etter 1 år – etter hhv. 2, 8 og 18 års eksponering, basert på enkelt- eller middelverdier pr eksponeringsalder.

Eksp.tid, år	Påført etter 1 år		
	Ingen forbehandling		
	Ref.	Silimp	StoCryl
2	21,0	4,3	4,7
8	15,6	9,2	0,0
18	82,2	46,1	17,9

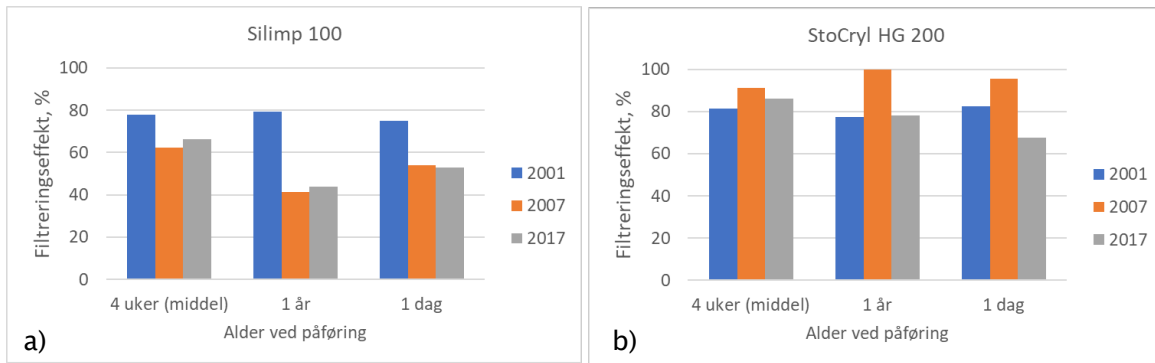
Beregnete filtreringseffekter for de ulike varianter er vist i Tabell 8 og framstilt grafisk for de ulike produktene i Figur 8 og Figur 9.

Tabell 8 Filtreringseffekt (%) for de ulike overflateprodukter på ulike underlag – etter 3, 9 og 19 års eksponering (2 år, 8 år og 18 år for 1-årsplatene), basert på enkelt- eller middelverdier pr eksponeringsalder.

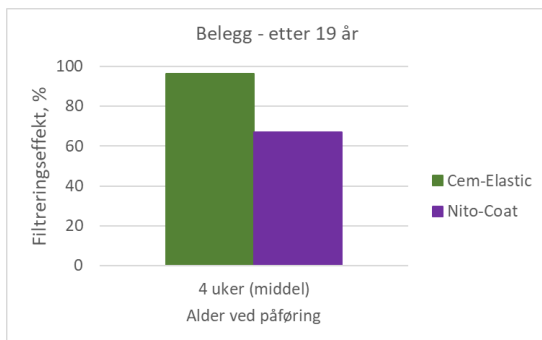
Alder ved påføring	Forbehandling	Silimp 100			StoCryl HG 200			Cem-Elastic	Nito-Coat
		2001	2007	2017	2001	2007	2017	2017	2017
4 uker ^{*)}	Middelverdier	78,0	62,4	66,3	81,4	91,2	86,3	96,2	67,1
1 dag ^{**)}	Ingen	74,9	54,1	52,8	82,6	95,5	67,7	-	-
1 år	Ingen	79,5	41,2	43,9	77,5	100	78,2	-	-

^{*)} Basert på middelverdier i Tabell 5

^{**)} Basert på middelverdiene av ubehandlede referanser i Tabell 5



Figur 8 Filtreringseffekt for a) Silimp 100 og b) StoCryl HG 200, for ulike alder ved påføring, etter hhv. 3 år, 9 år og 19 år eksponering (2 år, 8 år og 18 år for 1-årsplatene).



Figur 9 Filtreringseffekt for beleggene CemElastic og NitoCoat (påført ved 4 ukers betongalder), etter 19 år eksponering.

5 Oppsummering og vurdering av resultatene

5.1 Prøving

Den kloridbremsende effekten av ulike overflateprodukter er undersøkt i et feltforsøk med betongplater montert på kantbjelken til Lundevann bru på E18 ved Tvedestrand. Brua er ei innlandsbru som er eksponert for vegsalt i vinterhalvåret. Kloridinntrengingen i overflatebehandlede og ubehandlede referanseplater er undersøkt etter 3 (2), 9 (8) og 19 (18) år. I tillegg er inntrengingsdybden av hydrofoberende impregneringer og heftfastheten av belegg undersøkt.

To ulike silanbaserte hydrofoberende impregneringer og to ulike belegg har vært inkludert i undersøkelsene. Produktene ble påført SV-40 betong i en prøvingsmatrise med fire ulike forbehandlingsregimer (ubehandlet, sandblåst, med herdemembran og med herdemembran/sandblåst) og tre ulike betongaldre ved påføring (1 dag, 4 uker og 1 år). Hvilke produkter som ble påført ved de ulike betongaldre, og med hvilken forbehandling, er vist i Tabell 9. I tabellen er også vist hvilke varianter av referanser som har vært inkludert.

Tabell 9 Oversikt over hvilke produkter som er påført ved de ulike betongaldre, og med hvilken forbehandling. De ulike produkter og referanser er angitt med fargekoder, se forklaring under tabellen. For hver variant er det angitt når det er utført prøving, uttrykt ved antall års eksponering.

Forbehandling	Betongalder ved påføring									
	1 dag		4 uker				1 år			
Ingen	3/9/19	3/9/19	3/9/19	3/9/19	3/9/19	19	19	2/8/18	2/8/18	2/8/18
Sandblåst			3/9/19	3/9/19	3/9/19	19				
Herdemembran			3/9/19	3/9/19	3/9/19					
Herdemembran, sandblåst			3/9/19	3/9/19	3/9/19					

Gul=Silimp 100, grønn=StoCryl HG200, lys blå=CemElastic, mørk blå=NitoCoat og grå=ubehandlet referanse

Forsøkene med prøveplatene ble igangsatt i forbindelse med reparasjonsarbeider på kantbjelkene. Overflateproduktene ble påført også på de reparerte kantbjelkene. Selve kantbjelkene er ikke fulgt opp med annet enn visuelle registreringer de første årene, men disse registreringene er av betydning ved vurdering av heftfastheten, se kommentarer i kapittel 5.3.

5.2 Hydrofoberende impregneringer

Det er ikke påvist en systematisk forskjell i kloridinntrenging i betongen avhengig av type forbehandling, verken for de ubehandlede referanseplatene eller platene påført hydrofoberende impregneringer, se Figur 6. Det er en viss spredning i resultatene innenfor enkelte kategorier/prøvingsterminer, se f.eks. kloridprofiler i Figur 6 a), b), g) og i), men disse er ikke systematiske og med unntak kanskje av Figur 6g) (hvor det kun er én prøve pr. profil) heller ikke større enn det en kan oppleve for parallelle prøvestykker tildannet fra forskjellige prøver. Platene er støpt i felt med fabrikkprodusert betong, hvilket også kan gi større naturlig

spredning enn for betongprøver produsert i laboratorium. Senere studier av hydrofoberende impregneringer har også vist at det ikke er behov for omfattende forbehandling av betongen før påføring av silanimpregnering /4, 5, 6/, eventuelt kan det utføres en lett rengjøring med høytrykksspyling /7/.

Begge de to silanbaserte hydrofoberende impregneringene har god kloridbremsende effekt, se Figur 7. I tidlig fase (de første tre årene) er den kloridbremsende effekten like god for begge produktene (ca. 80 % filtrering), men med økende eksponeringstid avtar effekten av Silimp 100 i forhold til StoCryl HG 200. Etter 18–19 års eksponering er filtreringseffekten for de to produktene hhv. ca. 45–65 % (avhengig av betongalder ved påføring) for Silimp 100 og ca. 70–85 % for StoCryl HG 200. For begge produktene er filtreringseffekten høyest ved påføring av produktene ved 4 ukers alder.

God inntrengingsdybde av silanbaserte hydrofoberende impregneringer er normalt en forutsetning for å oppnå langvarig kloridbremsende effekt. Silan er ikke UV-bestendig og det ytterste overflatesjiktet vil dermed kunne brytes ned over tid. I tillegg vil påkjenning fra «vær og vind», herunder frost, medføre slitasje på betongoverflaten. Av Figur 3 og Figur 4 kan en se at StoCryl HG 200 generelt har en bedre inntrenging i betongen enn Silimp 100, uavhengig av betongens alder ved påføring og forbehandling av betongen. StoCryl HG 200 er en impregnering i gelform, mens Silimp 100 er i væskeform. Det er tidligere funnet at hydrofoberende impregneringer i gel- eller kremform har bedre inntrenging i betong enn tilsvarende produkter i væskeform /3, 8/, hvilket er satt i sammenheng med at geler/kremer danner et reservoar på overflaten og gir lengre kontakttid mellom impregnering og betong /8/. Dette kan bidra til å forklare at StoCryl HG 200 har en bedre langtidseffekt. For begge produktene reduseres inntrengingsdybden med eksponeringstiden. Dette er ikke sett i tidligere feltprosjekter, hvor inntrengingsdybdene har holdt seg nokså stabile over 5–10 år /7, 9, 10/. Av foto i VEDLEGG 1 kan en se at flere plater fremstår med en litt «ru» overflate og det er mulig at den mekaniske slitasjen på overflata kan ha bidratt til å redusere målt inntrengingsdybde.

For Silimp 100 er det ingen signifikante forskjeller i inntrengingsdybden avhengig av type forbehandling. Når det gjelder StoCryl HG 200, er det imidlertid målt uforklarlig dyp inntrenging etter 3 og 9 år på flater med herdemembran. Dette er ikke mulig å forklare ettersom en skulle forvente at en eventuell effekt av herdemembran ville være en redusert inntrenging.

Det kan bemerkes at metoden for måling av inntrengingsdybde ved splitting og påføring av vann på bruddflatene i enkelte tilfeller har vært uforutsigbar. Laboratorieundersøkelser utført i 2013 /11/ viste at det kan være vanskelig å måle inntrengingsdybder på denne måten. Forsøk med alternativ prøving med tilsetning av vann til frest støv (opprinnelig tildannet for kloridanalyser) påviste den gang hydrofoberende effekt i yttersjiktene i prøver det ikke er mulig å måle inntrengingsdybde ved tradisjonell metode.

5.3 Belegg

Plater påført de to beleggene CemElastic og Nitocoat er undersøkt etter 19 års eksponering. Nitocoat er kun undersøkt på betong uten forbehandling (dette på grunn av at platene med Nitocoat påført sandblåst underlag ble borte i perioden frem til montering), mens CemElastic er undersøkt både på betong uten forbehandling og sandblåst betong.

Prøver er tatt fra plater hvor beleggene har vært intakte. Der beleggene er intakte er heften god, med brudd i betong eller heftzone og heftfastheter på hhv. 1,6 MPa (CemElastic) og 1,1 MPa (Nitocoat). Det må imidlertid bemerkes at det har vært problemer med flassing av belegg, både på enkelte plater og ikke minst på selve kantbjelkene på Lundevann bru. Kantbjelkene ble påført overflatebehandling ca. to uker etter at reparasjonsbetongen var utstøpt. Kort tid etter oppsto riss i underbetongen som forplantet seg i de elastiske sementbaserte beleggene. Utviklingen fra initielle riss til massiv hefttap pågikk over 2–6 år og er forklart med vanninntrenging i rissene og etterfølgende frostpåkjenning /3/. Typisk utviklingsforløp i kantbjelken på Lundevann bru er vist i Figur 10. Funnene samsvarer med erfaringer fra kantbjelker på andre bruer, se eksempel i Figur 11.



Figur 10 Rissutvikling fra a) initielt riss til b) gradvis hefttap nært riss og c) massiv flassing. Foto: Claus K. Larsen, Statens vegvesen /3/.



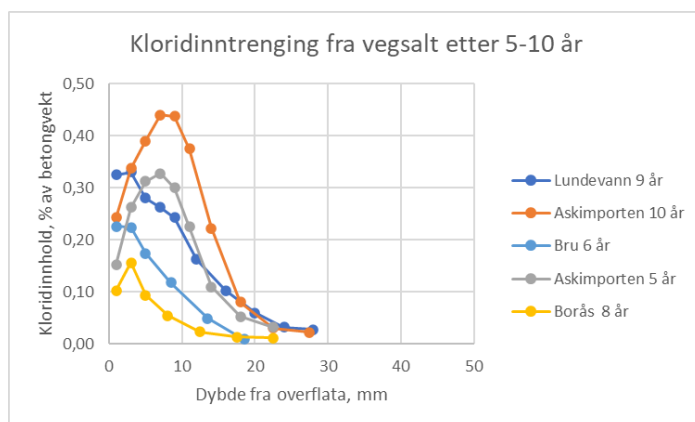
Figur 11 Omfattende avskalling av sementbasert belegg på kantdrager på Hotran bru på E6 sør for Levanger. Foto: Eva Rodum, Statens vegvesen.

CemElastic har den beste kloridbremsende effekten av alle produktene etter 19 års eksponering, med en filtreringseffekt på ca. 95 % (gjelder både plater uten forbehandling og med sandblåsing). Svært høy kloridbremsende effekt er også tidligere funnet for dette

produktet, så lenge det filmdannende sjiktet er intakt /3, 9/. Nitacoat har også en betydelig kloridbremsende effekt, men på et betraktelig lavere nivå, ca. 55 %.

5.4 Ubehandlet betong

Kloridbelastningen fra vegsalt vil variere veldig fra sted til sted, avhengig av klima og vegstandard/trafikkmengde, samt prosedyrer for vinterdrift. Når det gjelder kloridinntrenging i marint miljø er det siden 1990-tallet gjort omfattende studier av ulike betongkvaliteter og kloridutvikling over tid, fra tidlig alder. Selv om kloridinntrenging fra tinesalter også ble satt på dagsorden på slutten av 1990-tallet (jmfør undersøkelser på bruer i Oslo-regionen /12/ og Lundevann-forsøkene), har vi ikke tilsvarende systematiske langtids erfaringsdata for betong utsatt for tinesalter. Vi har imidlertid noen resultater som er relevante for sammenligning med resultatene fra Lundevann bru. Det er nylig publisert resultater fra kloridinntrenging i veggelementer i Askimporten tunnel på E18 i Østfold, etter hhv. 5 og 10 års drift /7/. I Figur 12 er middelerdien av 4 referanseplater fra Lundevann bru sammenstilt med middelerdien av fire veggelementer i Askimporten tunnel (plassert ca. 10–50 m inn fra tunnelåpning, prøver tatt ca. 0,8 m over bankett). I tillegg er midlere kloridprofil fra kantdrager på en anonymisert bru i Trøndelag etter 6 år med i figuren, samt resultater fra et prøveelement utplassert på RISE sin feltstasjon for frostnedbrytning ved Rv 40 i Borås (prøveelementet er plassert «noen meter» fra hvit kantlinje) /13/.

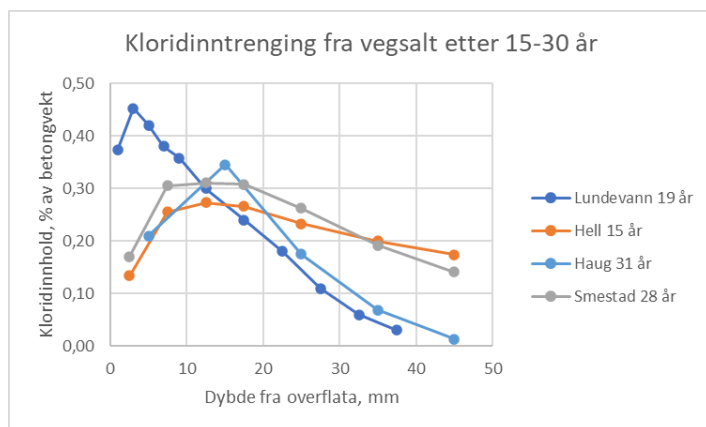


Figur 12 Kloridinntrenging fra vegsalt. Resultater fra platene på Lundevann bru etter 9 år (middelerdien av fire referanseplater) sammenstilt med resultater fra veggelementer i Askimporten tunnel etter hhv. 5 og 10 år (middelerdien av fire elementer), resultater fra kantdrager på anonymisert bru i Trøndelag etter 6 år (middelerdi av to kjerner) og resultater fra toppflaten av prøveelement utplassert på RISE sin feltstasjon ved Rv 40 ved Borås (én kerne).

Figuren viser at formen og nivået på kloridprofilene i tunnelen avviker fra kloridprofilene for kantdragerne. Dette skyldes antagelig først og fremst at veggelementene i tunnelen er beskyttet mot nedbør, og dermed at kloridene i mindre grad vaskes ut fra betongen og at betongen generelt har lavere vannmetningsgrad (mer utsatt for kapillærsug). Som følge av dette igjen kan også forskjeller i karbonatiseringsdybder spille en rolle (karbonatisering medfører at opprinnelig kjemisk bundne klorider frigis og diffunderer innover). Figuren viser økningen i kloridinntrenging for de samme tunnelementene i Askimporten over fem år.

Denne økningen er mindre enn forskjellen mellom Lundevann og anonymisert bru som har tre års forskjell i eksponeringstid. Dette kan tyde på at Lundevann er eksponert for mer vegsalt enn anonymisert bru. Betongkvaliteten i de to bruene og i tunnelelementene skal i utgangspunktet være lik (SV-40 betong, med CEM I, masseforhold 0,40 og 4 % silika), mens betongen utplassert på feltstasjonen i Borås er en SV-Standard betong med Anlegg FA sement (17 % flygeaske), masseforhold 0,39 og 4 % silika /13/. At sistnevnte profil ligger såpass mye lavere enn de øvrige kan skyldes både flygeaskeinnholdet (som gir bedre kloridmotstand) og en lavere kloridbelastning.

I Figur 13 er resultater fra Lundevann bru etter 19 år sammenstilt med relevante profiler fra kantdrager på Haug bru på E134 i Hokksund (etter 31 år) /14/ og vegger i to tunneler /15/, hhv. Helltunnelen (etter 15 år, prefab. elementer) og Smestadtunnelen (etter 28 år, plasstøpt kulvert). Prøver fra tunnelene er tatt ca. 10 inn fra tunnelåpning, i høyde ca. 0,8 m over bankett.



Figur 13 Kloridinntrenging fra vegsalt. Resultater fra platene på Lundevann bru (middelverdier av fire referanseplater) etter 19 år sammenstilt med resultater fra kantdrager på Haug bru etter 21 år (middelverdier av tre kjerne), resultater fra veggelementer i Helltunnelen etter 15 år (én kjerne) og resultater fra kulvertvegg i Smestadtunnelen etter 28 år (én kjerne).

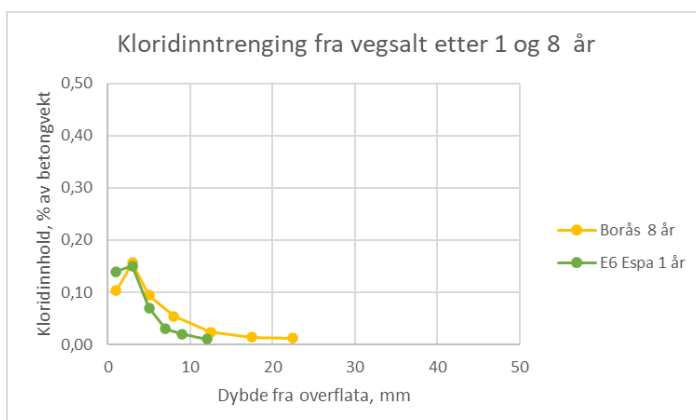
Haug bru er bygd i 1988 med antatt betongkvalitet er C35. Masseforholdet er sannsynligvis $\geq 0,45$, men det er fra Norcem opplyst om at antatt sementtype er MP30, en flygeaskecement med 20 % flygeaske/14/. (Merk: Kloridinnholdet er i /14/ rapportert i % av sementvekt uten at omregningsfaktorer fra betong- til sementvekt er oppgitt. For kloridprofilen i Figur 13 er det antatt et sementinnhold på 350 kg/m^3 og tørrdensitet for betongen på 2300 kg/m^3). Midlere kloridinntrenging i Haug bru er nokså lik med Lundevann-platene (dog med en noe annen form i de ytterste 10 mm) på tross av lengre eksponeringstid og sannsynlig høyere masseforhold. Bruk av flygeaskecement kan forklare noe av dette, men sannsynligvis er kloridbelastningen lavere. De to tunnelene skiller seg også her klart fra Lundevann. De to tunnelprofilene er imidlertid nokså like, til tross for kortere eksponeringstid og antatt bedre betongkvalitet i Helltunnelen (byggeår 1995, antatt SV-40) enn i Smestadtunnelen (byggeår 1983, antatt C35). Dette tyder på en mye høyere kloridbelastning i Helltunnelen. Bruk av magnesiumklorid for støvdemping har vært nevnt som mulig forklaring på det høye kloridnivået i Helltunnelen.

I Bedre bruvedlikehold ble det etablert en feltstasjon nær E6 på Espa for måling av kloridbelastning og korrosjon på stål i ulike avstander fra veg og høyde over bakkenivå /16/.

I tilknytning til dette prosjektet ble det i 2021 støpt ut betongterninger i SV-Standard betong (med Anlegg FA sement med 17 % flygeaske, 4 % silika og masseforhold 0,39), hvoretter halve terninger (med sagflata som eksponeringsflate) ble plassert ut i noenlunde samme lokasjoner som stålplater/kloridfangere, samt ved bakkenivå, se prøveoppsett i Figur 14. Forsøkene med stålplater/kloridfangere ble avsluttet og resultatene rapportert etter én vintersesong /16/. Første prøverunde for betongen ble gjort etter 1 års eksponering og kloridprofil for halvterning i laveste posisjon nærmest veg (ca. 4,5 m meter fra hvit kantlinje, merket med rød ring i Figur 14) er vist, sammen med 8-årsprofilen fra Borås, i Figur 15. Tatt i betraktning at det er samme betongkvalitet i disse to prøvene, er det nærliggende å anta at kloridbelastningen for feltstasjonen i Borås er lavere enn for feltstasjonen ved Espa. I /16/ er det angitt at det i vintersesongen 2021–22 ble påført 28 tonn vegsalt pr km veg på E6 ved Espa, hvilket er vesentlig mer enn gjennomsnittet for riksvegene i Norge (oppgitt til 8,3 tonn/km). Saltmengden kombinert med høy hastighet (110 km/t) og høy trafikkmengde (16000 ÅDT) tilsier at E6 ved Espa trolig er en av vegene i Norge med høyest kloridbelastning. Forsøkene med betongterningene videreføres med tanke på to nye prøvingsterminer. Tidspunkt for prøvingstermin 2 og 3 er enda ikke bestemt.



Figur 14 Master med prøveutstyr/-materiale ved E6 på Espa. Rød ring viser lokalitet av prøve hvis kloridprofil er vist i Figur 15. Denne masta, nærmest vegen, er plassert ca. 4,5 m fra hvit kantlinje. Foto: Trond Lorentzen, Statens vegvesen.



Figur 15 Klordinntrenging fra vegsalt. Feltstasjon Borås etter 8 år, feltstasjon Espa etter 1 år.

6 Konklusjoner

Basert på resultater fra undersøkelser utført på plater eksponert for tinesalter på kantbjelken av Lundevann bru fra 1998 til 2017, kan følgende konklusjoner trekkes:

- Det er ikke påvist en systematisk forskjell i kloridinntrenging i betongen avhengig av type forbehandling (ubehandlet og ulike kombinasjoner av herdemembran og sandblåsing), verken for platene påført overflatebehandling eller referanseplatene. Dette er i tråd med andre erfaringer som viser at det ikke er nødvendig med forbehandling utover eventuell høytrykksspyling.
- Begge de to silanbaserte hydrofobere impregneringene har svært god kloridbremsende effekt (ca. 80 % filtrering) i tidlig fase (2–3 års eksponering). Med økende eksponeringstid avtar effekten av Silimp 100 til ca. 45–65 % etter 18–19 års eksponering (avhengig av betongalder ved påføring), mens StoCryl HG 200 opprettholder en høy filtreringseffekt på ca. 70–85 %. For begge produktene er filtreringseffekten høyest ved påføring av produktene ved 4 ukers alder. StoCryl HG 200 har generelt bedre inntrenging i betongen enn Silimp 100, uavhengig av betongens alder ved påføring og forbehandling av betongen. Dette er i overensstemmelse med andre funn om at krem- og gelbaserte impregneringer har bedre inntrenging enn væskebaserte, og kan bidra til å forklare at StoCryl HG 200 har en bedre langtidseffekt. For begge produktene reduseres inntrengingsdybden med eksponeringstiden, hvilket er noe uventet ut fra andre feltefaringer. Lett forvitring i overflatesjiktet kan ha bidratt til dette. Resultatene kan indikere at det er behov for gjenbehandling med silanimpregnering etter ca. 20 år.
- Beleggenes egenskaper etter 19 års eksponering er undersøkt på plater hvor belegget har vært intakt. Der beleggene er intakt er heften god, med heftfastheter på hhv. 1,6 MPa (CemElastic) og 1,1 MPa (Nitocoat), nær betongens strekkfasthet. Det er nødvendig å bemerke at det har vært problemer med flassing av belegg, både på enkelte plater og på selve kantbjelkene på brua. CemElastic har den beste kloridbremsende effekten av alle produktene etter 19 års eksponering, med en filtreringseffekt på ca. 95 %. Nitacoat har også en betydelig kloridbremsende effekt, med en filtrering på ca. 55 %.
- Kloridinntrengingen i ubehandlet referansebetong er sammenlignet med resultater fra andre studier av kloridinntrenging fra tinesalter, både i tidlig fase (5–10 års eksponering) og etter 15–30 års eksponering. Det er store variasjoner i kloridinntrenging, både avhengig av eksponeringsforhold (tunnel vs. bru) og betongkvalitet (forskjeller i masseforhold og flygeaskeinnhold). Med dagens krav i N400 (SV-standard betong og nominell overdekning 75 ± 15 mm) anses det ikke nødvendig med overflatebehandling av betongen i kantbjelkene på bruer. Den pågående utviklingen av nye bindemidler har imidlertid økt oppmerksomheten rundt betongens bestandighetsegenskaper, herunder også motstand mot frostnedbrytning og kloridinntrenging. Overflatebehandling av betong eksponert for tinesalter kan således bli aktualisert. Resultatene fra Lundevann bru vil inngå i erfaringsgrunnlaget sammen med resultater fra øvrige feltforsøk på samme tema.

7 Referanser

- 1 Rodum, E. og Larsen, C.K. (2010): Concrete Surface Protection Systems – Results from Field Test Projects, NVF Annual Bridge Conference, Oslo.
- 2 Rodum, E. (2011): Overflatebehandling av betong – hva beskytter og hva beskytter ikke? Resultater fra Kai Sjursøya og andre felterfaringer i Statens vegvesen, Betongrehabiliteringsdagene 2011, Oslo.
- 3 Larsen, C.K. and Østvik, J-M (2008): Durability of surface protection systems in harsh climates, 11DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, Istanbul, Tyrkia.
- 4 Kragh, S., Overgård, T.S og Strømfjord, H (2008): Betong i tidlig alder – effekt av sementtype og impregnering vedrørende kloridinntrenging. Bacheloroppgave ved Høgskolen I Oslo, avdeling for ingeniørutdanning.
- 5 Rodum, E. (2015): Tidlig overflatebehandling av lavvarmebetong. Etatsprogrammet Varige konstruksjoner 2012–2015, Statens vegvesen rapport nr. 421.
- 6 Skjølvold, O. og Rodum, E. (2015): Alkalireaksjoner – Feltforsøk med overflatebehandling. Etatsprogrammet Varige konstruksjoner 2012–2015, Statens vegvesens rapport nr. 465, 2015.
- 7 Rodum, E., (2022): Askimporten – feltforsøk med overflatebehandling. Kloridinntrengning etter 5 og 10 år. FoU-programmet Bedre bruvedlikehold (2017–2021), Statens vegvesen rapport nr. 848.
- 8 Selander, A (2010): Hydrophobic Impregnation of Concrete Structures – Effects on Concrete Properties, Doctoral Thesis, the Royal Institute of Technology (KTH), ISSN 1103–4270, ISRN KTH/BKN/B--104--SE, Stockholm 2010.
- 9 Rodum, E. og Lindland, J. (2012): FoU-prosjektet Kai Sjursøya. Kloridbremsende overflatebehandling av betong. 10 års felteksponering, Statens vegvesen rapport nr. 77.
- 10 Rodum, E. (2022): Tidlig overflatebehandling av lavvarmebetong. Tresfjord – prøving etter 2 og 5 år. FoU-programmet Bedre bruvedlikehold 2017–2021, Statens vegvesen rapport nr. 841.
- 11 Rodum, E. (2013): Akselerert kloridinntrenging i overflatebehandlet betong. Innledende prøving med tanke på revisjon av prosedyrer, Statens vegvesen rapport nr. 189.
- 12 Grefstad, K., Balke, H., Olsen, A. og Østmoen, T. (1998): Effekt av tinesalter på bruer i Oslo, Statens vegvesen, Bruavdelingen, Rapport 98–12.
- 13 Bjøntegaard, Ø. (vil bli oppdatert i 2023): Motstand mot tinesalter og frostskaider i betong (8 år). Effekt av høyt innhold av flygeaske og slagg, Statens vegvesen rapport nr. 706.
- 14 Boschmann Käthler, C., Angst, U. (2022): Levetidsanalyse av kantdragere for tre bruer FoU-programmet Bedre bruvedlikehold 2017–2021. Statens vegvesen rapport nr. 818.
- 15 Luke, J. (2013): Kartlegging av miljøbetingelser i tunneler. Etatsprogrammet Varige konstruksjoner 2012–2015, Statens vegvesen rapport nr. 236.
- 16 Knudsen, O.Ø. (2022): Spredning av klorid rundt vintersaltet vei. Målinger av klorid og korrosivitet ved E6 på Espa, SINTEF-rapport nr. 2022:00913.

Lundevann bru

Foto av alle plater i felt

Fotografert av Claus K Larsen mai 2013

Systematisert av Eva Rodum juli 2017

Kontrollert og korrigert etter mottak av plater i Sentrallab 5. okt.2017





LA0Å2



LA1D2



LA1Å1



LA1Å2



LA02



LA2D2



LA2Å1



LA2Å2



LA12



LA13



LA22



LA23



LA32



LA34



LA42



LA43



LB01



LB12



LB13



LB22



LB23



LB32



LB33



LC03



LC12



LC13



LC22



LC23



LD02



LD12



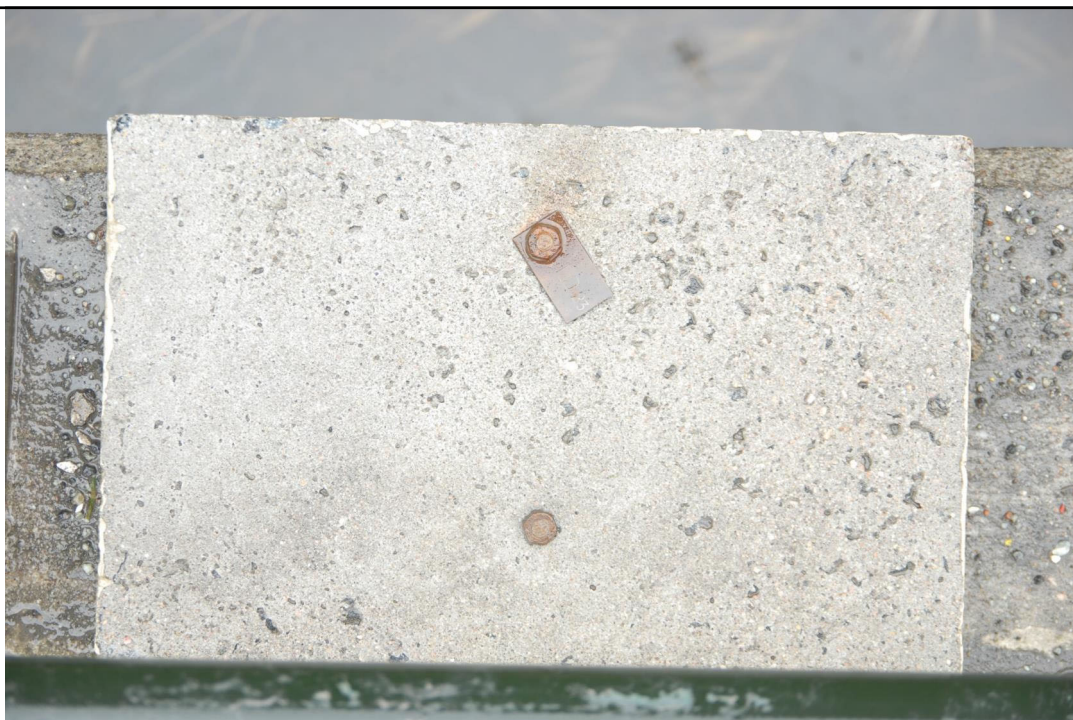
LD13



LD22



LD23



INNTRENGINGSDYBDE AV HYDROFOBERENDE IMPREGNERING

2001:

Målinger av inntrengingsdybder i 2001 er utført for én prøve pr variant av forbehandling, påføringsalder og forbehandling. Fra disse målingene det kun vært mulig å fremskaffe middelveier for hvert prøvestykke. Disse middelveier og middelveier for hver prøve er vist i Tabell 1.

Tabell 1 Middelveier av målinger av inntrengingsdybde (mm) av hydrofoberende impregneringer - utført i 2001

Forbehandling ¹⁾ , Produkt ²⁾	Prøve	Prøve- stykke	Middel	
			Pr prøvestykke	Pr prøve
Påføring ved 4 ukers betongalder				
Ingen, Silimp	LA1.1	1	1,3	1,5
		2	1,6	
Ingen, StoCryl	LA2.1	1	8,4	8,6
		2	8,8	
Sandbl, Silimp	LB1.1	1	1,9	1,8
		2	1,6	
Sandbl, StoCryl	LB2.2	1	7,7	7,4
		2	7,1	
Herdem, Silimp	LC1.1	1	1,8	1,8
		2	1,7	
Herdem, StoCryl	LC2.1	1	24,3	24,6
		2	24,9	
Herd+sand, Silimp	LD1.1	1	1,2	1,3
		2	1,4	
Herd+sand, StoCyl	LD2.1	1	1,9	5,4
		2	5,9	
Påføring ved 1 døgn betongalder				
Ingen, Silimp	LA1D1	1	0,8	0,8
		2	0,8	
Ingen, StoCryl	LA2D1	1	4,5	4,9
		2	5,3	
Påføring ved 1 års betongalder				
Ingen, Silimp	LA1Å3	1	4,4	4,2
		2	3,9	
Ingen, StoCryl	LA2Å3	1	14	12,5
		2	10,9	

1) Sandbl = sandblåsing, herdemem = herdemembran og herd+sand = herdemembran + sandblåsing

2) Silimp = Silimp 100, StoCryl = StoCryl HG 200

2007:

Målinger av inntrengingsdybder i 2007 er utført for én prøve pr variant av forbehandling, påføringsalder og forbehandling. Enkeltmålinger og middelerverdier for hhv. hvert prøvestykke og hver prøve er vist i Tabell 2.

Tabell 2 Målte inntrengingsdybder av hydrofobierende impregnering (mm), alle enkeltmålinger og middelerverdier for hhv. hvert prøvestykke og prøve – utført i 2007

Forbehandling ¹⁾ , produkt ²⁾	Prøve	Prøve-stykke	Målepunkt										Middel	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Pr prøve-stykke	Pr prøve
Påføring ved 4 ukers betongalder														
Ingen, Silimp	LA1.1	1	1,1	1,9	2,0	2,5	2,7	2,4	2,1	2,1	2,1	-	2,1	2,1
		2	1,5	2,0	2,1	2,4	2,9	2,3	2,2	2,3	1,3	-	2,1	
Ingen, StoCryl	LA2.1	1	2,5	3,1	3,0	3,0	3,4	2,7	2,5	2,4	1,8	1,8	2,6	2,6
		2	2,2	2,2	2,1	3,0	2,3	2,7	2,7	2,1	2,8	2,8	2,5	
Sandbl, Silimp	LB1.1	1	3,2	2	1,6	1,6	2,2	2,9	2,2	2,1	1,4	1,8	2,1	2,1
		2	2,9	2,5	1,7	1,6	2,2	2,2	2,0	2,0	1,6	1,6	2,0	
Sandbl, StoCryl	LB2.1	1	6,3	6,8	6,8	9,5	9,5	9,5	10,8	12,0	12,0	13,1	9,6	9,1
		2	12,8	13,1	10,5	9,6	9,5	9,2	7,1	5,6	4,4	4,6	8,6	
Herdem, Silimp	LC1.1	1	2,5	2,6	3,3	3,2	3,2	3,0	2,9	3,0	1,8	1,8	2,9	2,7
		2	1,7	2,6	3,0	2,7	2,9	2,3	2,6	2,3	3,0	2,3	2,5	
Herdem, StoCryl	LC2.1	1	9,3	5,3	7,3	15,3	16,7	20,0	28,0	26,7	24,0	19,3	17,2	17,4
		2	3,3	7,3	10,0	12,7	18,0	22,7	26,0	28,0	28,7	19,3	17,6	
Herd+sand, Silimp	LD1.1	1	3,3	2,9	2,4	2,1	1,6	1,6	1,5	1,8	1,8	2,4	2,1	1,9
		2	2,2	1,6	1,2	1,2	1,7	1,7	1,7	1,6	1,7	2,8	1,7	
Herd+sand, StoCyl	LD2.1	1	10,2	11,2	8,9	5,4	4,0	2,8	3,0	2,5	2,5	2,0	5,3	5,2
		2	2,4	2,4	3,3	2,5	3,4	2,8	6,6	8,1	10,8	9,9	5,2	
Påføring ved 1 døgn betongalder														
Ingen, Silimp	LA1D1	1	2,2	2,2	2,3	3,1	2,1	2,1	1,7	2,3	2,4	2,5	2,3	2,3
		2	1,8	1,8	2,2	2,0	2,1	2,2	2,2	3,0	2,4	2,6	2,2	
Ingen, StoCryl	LA2D1	1	5,5	5,6	7,2	3,5	3,9	5,1	3,2	3,9	4,2	7,2	4,9	5,0
		2	8,1	5,5	4,2	4,1	4,1	5,3	4,2	3,7	4,7	5,8	5,0	
Påføring ved 1 års betongalder														
Ingen, Silimp	LA1Å3	1	2,5	2,5	2,9	1,6	3,4	2,4	2,4	2,0	3,6	4,3	2,8	2,7
		2	2,1	2,6	2,2	2,0	2,2	2,7	2,4	2,4	4,3	3,6	2,7	
Ingen, StoCryl	LA2Å3	1	5,4	6,5	7,9	7,7	10,2	11,8	13,1	15,1	13,1	10,5	10,1	9,2
		2	10,8	12,5	11,6	9,7	9,0	7,8	5,6	5,4	5,0	5,5	8,3	

1) Sandbl = sandblåsing, herdem = herdemembran og herd+sand = herdemembran + sandblåsing

2) Silimp = Silimp 100, StoCryl = StoCryl HG 200

2017:

Målinger av inntrengingsdybder i 2017 er utført for én prøve pr variant av forbehandling, påføringsalder og forbehandling. Enkeltmålinger og middelerverdier for hhv. hvert prøvestykke og hver prøve er vist i Tabell 3.

Tabell 3 Målte inntrengingsdybder av hydrofobierende impregnering (mm), alle enkeltmålinger og middelerverdier for hhv. hvert prøvestykke og prøve – utført i 2017

Forbehandling ¹⁾ , produkt ²⁾	Prøve	Prøve- stykke	Målepunkt								Middel	
			1	2	3	4	5	6	7	8	Pr prøvestykke	Pr prøve
Påføring ved 4 ukers betongalder												
Ingen, Silimp	LA1.2	1	1,1	1,6	0,9	2,1	1,3	1,6	0,0	0,0	1,1	1,1
		2	1,8	1,0	1,1	2,8	1,6	0,8	0,0	0,0	1,1	
Ingen, StoCryl	LA2.3	1	1,6	1,2	1,2	1,3	2,5	1,4	1,7	0,9	1,5	1,3
		2	1,2	0,9	0,5	1,3	1,4	1,3	2,0	0,7	1,2	
Sandbl, Silimp	LB1.2	1	1,1	0,3	0,0	0,9	0,0	1,3	0,7	0,6	0,6	0,7
		2	1,0	1,4	1,0	0,4	0,0	0,6	0,9	1,0	0,8	
Sandbl, StoCryl	LB2.2	1	3,1	2,2	3,4	6,9	7,1	6,8	4,2	1,9	4,4	4,6
		2	2,1	3,0	4,1	7,8	7,7	3,8	5,2	5,3	4,9	
Herdem, Silimp	LC1.2	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Herdem, StoCryl	LC2.2	1	3,2	1,8	2,0	2,4	3,0	2,2	2,0	1,2	2,2	2,0
		2	2,2	1,1	1,5	2,5	2,4	1,5	1,6	2,0	1,9	
Herd+sand, Silimp	LD1.2	1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,6	0,2	0,4
		2	0,6	0,8	1,1	0,7	0,7	0,8	0,0	0,0	0,6	
Herd+sand, StoCyl	LD2.2	1	0,5	0,6	1,0	0,0	0,0	1,7	1,2	1,4	0,8	1,0
		2	1,3	1,1	0,7	1,3	0,8	2,2	0,7	1,1	1,2	
Påføring ved 1 døgn betongalder												
Ingen, Silimp	LA1D2	1	1,2	0,6	1,1	0,8	1,1	0,9	0,0	0,9	0,8	0,9
		2	1,1	0,9	1,8	0,9	1,1	1,3	0,0	0,6	0,9	
Ingen, StoCryl	LA2D2	1	4,2	4,5	6,0	3,8	2,1	4,7	3,4	3,5	4,0	3,6
		2	4,3	3,9	2,6	3,9	0,4	4,0	3,8	3,2	3,3	
Påføring ved 1 års betongalder												
Ingen, Silimp	LA1Å1	1	1,5	2,1	0,0	0,8	3,5	1,0	0,0	0,0	1,1	1,1
		2	1,2	2,9	0,5	0,0	2,0	0,0	1,9	0,0	1,1	
Ingen, StoCryl	LA2Å1	1	8,8	7,2	9,1	8,9	7,1	8,4	7,9	8,3	8,2	7,1
		2	6,1	5,1	7,3	5,6	5,7	4,6	7,2	7,0	6,1	

1) Sandbl = sandblåsing, herdem = herdemembran og herd+sand = herdemembran + sandblåsing

2) Silimp = Silimp 100, StoCryl = StoCryl HG 200

KLORIDRESULTATER

2001:

Alle kloridresultater fra 2001 er vist i Tabell 1 og Tabell 2. Det er kun boret ut én betongkjerne pr. variant.

Tabell 1 Kloridresultater fra analyser utført i 2001 (% av betongvekt) – overflateprodukter påført ved 4 ukers betongalder

Avstand fra overflata, mm	Overflateprodukter påført etter ca. 4 uker											
	Ingen forbehandling			Sandblåsing			Herdemembran			Herdemembr+sandbl		
	Ref.	Silimp	StoCryl	Ref.	Silimp	StoCryl	Ref.	Silimp	StoCryl	Ref.	Silimp	StoCryl
	LA03	LA11	LA21	LB02	LB11	LB21	LC01	LC11	LC21	LD03	LD11	LD21
1	0,124	0,029	0,100	0,217	0,086	0,069	0,168	0,046	0,086	0,196	0,065	0,084
3	0,185	0,031	0,097	0,186	0,090	0,065	0,220	0,041	0,066	0,286	0,087	0,066
5	0,154	0,029	0,059	0,149	0,075	0,043	0,186	0,037	0,033	0,290	0,090	0,042
7	0,115	0,027	0,040	0,114	0,042	0,027	0,163	0,040	0,023	0,266	0,077	0,030
9	0,096	0,026	0,030	0,091	0,035	0,027	0,135	0,036	0,023	0,210	0,052	0,010
11	0,074	0,023	0,026	0,058	0,032	0,026	0,106	0,028	0,019	0,179	0,033	-
13	0,041	0,027	0,024	0,043	0,030	0,025	0,074	0,023	0,021	0,144	0,027	-
15	0,033	0,028	0,028	0,035	0,031	0,026	0,046	0,026	0,023	0,113	0,025	-

Tabell 2 Kloridresultater fra analyser utført i 2001 (% av betongvekt) – overflateprodukter påført ved 1 dags og 1 års alder

Avstand fra overflata, mm	Overflateprod. påført etter 1 år			Overflateprod. påført etter 1 dag	
	Ingen forbehandling				
	Ref.	Silimp	StoCryl	Silimp	StoCryl
	LA0Å3	LA1Å3	LA2Å3	LA1D1	LA2D1
1	0,098	0,042	0,029	0,059	0,079
3	0,117	0,047	0,031	0,075	0,056
5	0,106	0,038	0,037	0,059	0,041
7	0,092	0,040	0,039	0,047	0,037
9	0,078	0,020	0,040	0,041	0,029
11	0,055	0,022	0,032	0,041	0,028
13	0,039	0,023	0,028	0,038	0,028
15	0,032	0,021	0,026	0,036	0,027

2007:

Alle kloridresultater fra 2007 er vist i Tabell 3 og Tabell 4. Det er kun boret ut én betongkjerne pr. variant - med unntak av ubehandlet referanseplate forbehandlet med herdemembran, hvor det er tatt ut to kjerner.

Tabell 3 Kloridresultater fra analyser utført i 2007 (% av betongvekt) – overflateprodukter påført ved 4 ukers betongalder

Avst. fra overfl mm	Overflateprodukter påført etter ca. 4 uker												
	Ingen forbehandling			Sandblåsing			Herdemembran			Herdemembr+sandbl			
	Ref.	Silimp	StoCryl	Ref.	Silimp	StoCryl	Ref.	Silimp	StoCryl	Ref.	Silimp	StoCryl	
	LA03	LA11	LA21	LB02	LB11	LB21	LC01	LC02	LC11	LC21	LD01	LD11	LD21
1	0,28	0,17	-	0,36	0,19	0,16	0,28	0,49	0,20	0,05	0,38	0,21	0,12
3	0,30	0,27	-	0,36	0,16	0,08	0,27	0,45	0,25	0,03	0,39	0,26	0,10
5	0,27	0,08	0,03	0,31	0,13	0,07	0,24	0,33	0,10	0,02	0,30	0,24	0,09
7	0,24	0,07	0,03	0,31	0,11	0,09	0,23	0,28	0,13	0,02	0,27	0,14	0,05
9	0,20	0,05	0,03	0,31	0,08	0,03	0,20	0,27	0,07	-	0,26	0,11	0,03
12	0,16	0,03	0,04	0,21	0,05	0,04	0,05	0,26	0,05	-	0,23	0,06	0,02
16	0,09	0,02	0,03	0,11	0,03	0,02	0,04	0,16	0,03	-	0,17	0,03	-
20	0,04	0,02	0,03	0,07	0,03	0,02	0,03	0,10	0,02	-	0,10	0,02	-
24	0,03	-	0,02	0,04	0,02	-	0,03	0,04	-	-	0,03	0,02	-
28	0,03	-	-	0,02	-	-	0,03	0,03	-	-	0,03	-	-

Tabell 4 Kloridresultater fra analyser utført i 2007 (% av betongvekt) – overflateprodukter påført ved 1 dags og 1 års alder

Avstand fra overflata, mm	Overflateprod. påført etter 1 år			Overflateprod. påført etter 1 dag	
	Ingen forbehandling				
	Ref.	Silimp	StoCryl	Silimp	StoCryl
	LA0Å3	LA1Å3	LA2Å3	LA1D1	LA2D1
1	0,12	0,14	0,03	0,09	0,05
3	0,10	0,07	0,02	0,23	0,04
5	0,07	0,03	0,02	0,20	0,05
7	0,08	0,03	0,02	0,19	0,05
9	0,05	0,03	0,02	0,17	0,03
12	0,03	0,02	-	0,11	0,03
16	-	-	-	0,03	0,02

2017:

Alle kloridresultater fra 2017 er vist i Tabell 5 og Tabell 6. Det er boret ut to betongkjerne pr. variant – med unntak av de ubehandlede 4 ukers referanse-platene, hvor det er boret ut kun én kerne.

Tabell 5 Kloridresultater fra analyser utført i 2017 (% av betongvekt) – overflateprodukter påført ved 4 ukers betongalder

Avstand fra overflata, mm	Overflateprodukter påført etter ca. 4 uker												
	Ingen forbehandling							Sandblåsing					
	Ref.	Silimp		StoCryl		Cem-Elastic	Nito-Coat	Ref.	Silimp		StoCryl		Cem-Elastic
	LA02	LA12	LA12	LA23	LA23	LA32	LA43	LB01	LB12	LB12	LB22	LB22	LB32
1	0,21	0,30	0,16	0,16	0,11	0,07	0,09	0,45	0,14	0,21	0,11	0,13	0,07
3	0,36	0,33	0,16	0,19	0,15	0,06	0,24	0,53	0,13	0,19	0,12	0,13	0,05
5	0,29	0,26	0,14	0,15	0,11	0,04	0,24	0,48	0,18	0,19	0,11	0,10	0,04
7	0,23	0,25	0,15	0,14	0,11	0,03	0,19	0,44	0,21	0,19	0,09	0,10	0,04
9	0,23	0,23	0,15	0,11	0,09	0,03	0,16	0,41	0,20	0,19	0,09	0,09	0,04
13	0,21	0,18	0,12	0,07	0,06	0,02	0,12	0,34	0,18	0,14	0,05	0,05	0,04
18	0,18	0,12	0,06	0,04	0,03	0,02	0,05	0,28	0,12	0,07	0,03	0,03	0,04
23	0,13	0,05	0,03	-	0,02	0,02	0,03	0,21	0,06	0,02	0,03	0,03	0,03
28	0,08	0,02	0,03	-	0,02	0,02	0,02	0,11	0,03	0,02	-	0,03	0,03
33	0,04	-	0,03	-	0,02	0,02	0,02	0,05	0,03	0,02	-	0,03	0,03
38	0,02	-	-	-	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	-	0,03	0,03

Avstand fra overflata, mm	Overflateprodukter påført etter ca. 4 uker									
	Herdemembran					Herdemembran og sandblåsing				
	Referanse	Silimp		StoCryl		Referanse	Silimp		StoCryl	
	LC03	LC12.1	LC12.2	LC22.1	LC22.2	LD02	LD12	LD12	LD22	LD22
1	0,42	0,11	0,08	0,10	0,10	0,41	0,15	0,09	0,18	0,16
3	0,46	0,13	0,09	0,05	0,07	0,46	0,11	0,11	0,15	0,15
5	0,45	0,15	0,14	0,02	0,05	0,46	0,15	0,14	0,14	0,12
7	0,42	0,17	0,15	0,03	0,05	0,43	0,17	0,15	0,13	0,11
9	0,39	0,17	0,14	0,03	0,04	0,40	0,16	0,14	0,11	0,10
13	0,32	0,14	0,11	0,02	0,03	0,33	0,14	0,12	0,08	0,07
18	0,25	0,08	0,08	0,03	0,02	0,25	0,08	0,07	0,06	0,05
23	0,19	0,04	0,03	0,02	-	0,19	0,04	0,03	0,04	0,05
28	0,12	0,03	0,02	0,02	-	0,13	0,02	0,03	0,04	-
33	0,07	0,02	0,02	0,02	-	0,08	0,02	0,03	-	-
38	0,03	0,02	0,02	0,02	-	0,04	-	0,03	-	-

Tabell 6 Kloridresultater fra analyser utført i 2017 (% av betongvekt) – overflateprodukter påført ved 1 dags og 1 års alder

Avstand fra overflata, mm	Overflateprodukter påført etter 1 år						Overflateprodukter påført etter 1 dag			
	Ingen forbehandling						Silimp		StoCryl	
	Referanse		Silimp		StoCryl		LA1D2.1	LA1D2.2	LA2D2.1	LA2D2.2
	LA0Å1.1	LA0Å1.2	LA1Å1.1	LA1Å1.2	LA2Å1.1	LA2Å1.2				
1	0,31	0,19	0,28	0,14	0,15	0,21	0,05	0,08	0,12	0,18
3	0,37	0,26	0,28	0,11	0,13	0,23	0,07	0,16	0,14	0,22
5	0,36	0,22	0,28	0,06	0,05	0,12	0,15	0,28	0,16	0,20
7	0,31	0,21	0,26	0,05	0,04	0,07	0,24	0,28	0,19	0,16
9	0,27	0,20	0,23	0,04	0,03	0,05	0,26	0,26	0,20	0,15
13	0,22	0,13	0,17	0,04	0,03	0,03	0,22	0,24	0,19	0,11
18	0,14	0,05	0,10	0,03	0,03	0,03	0,14	0,16	0,11	0,04
23	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,06	0,08	0,05	0,03
28	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03
33	0,03	0,03	0,03	0,03	-	-	-	0,03	0,03	0,03
38	0,03	0,03	0,02	0,03	-	-	-	0,03	0,03	0,03

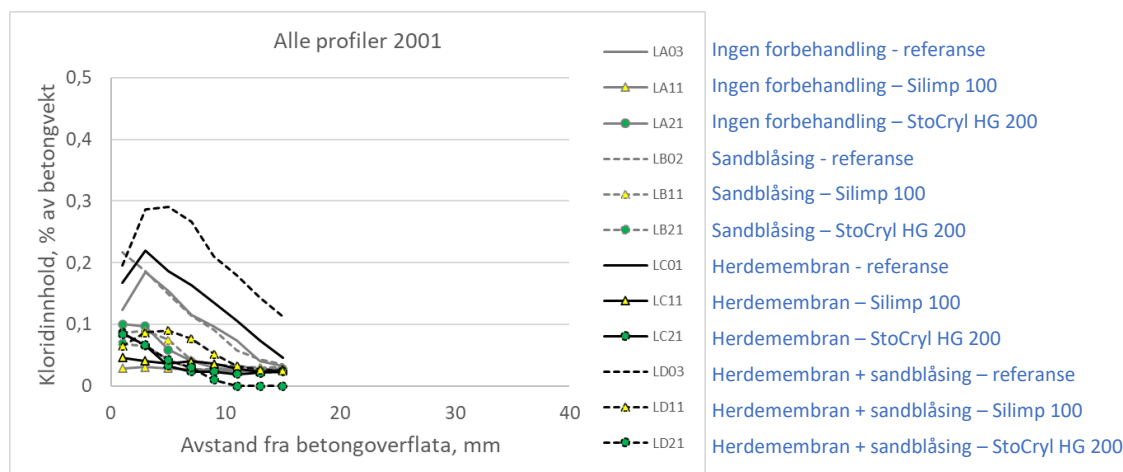
Kloridprofiler for alle prøver boret ut fra 4-ukersplater i 2001 er vist i Figur 1, kloridprofiler fra 2007 i Figur 2 og kloridprofiler fra 2017 i Figur 3-Figur 6.

Kloridprofiler for prøver boret ut fra hhv. 1-dags- og 1-årsprøver i 2001, 2007 og 2017 er vist i Figur 7.

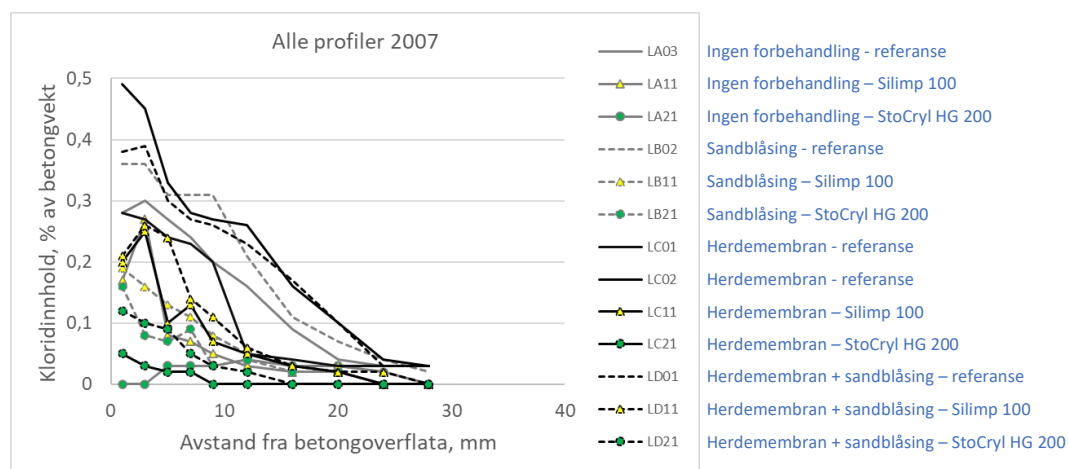
I figurene er følgende koding benyttet:

- Grå heltrukken strek – ingen forbehandling
- Grå prikket strek – sandblåst
- Svart heltrukken strek – herdemembran
- Svart prikket strek – herdemembran + sandblåsing
- Grønn heltrukken strek – ingen forbehandling, impregnering påført ved 1 døgnns alder
- Rød heltrukken strek – ingen forbehandling, eksponert ved 1 års alder

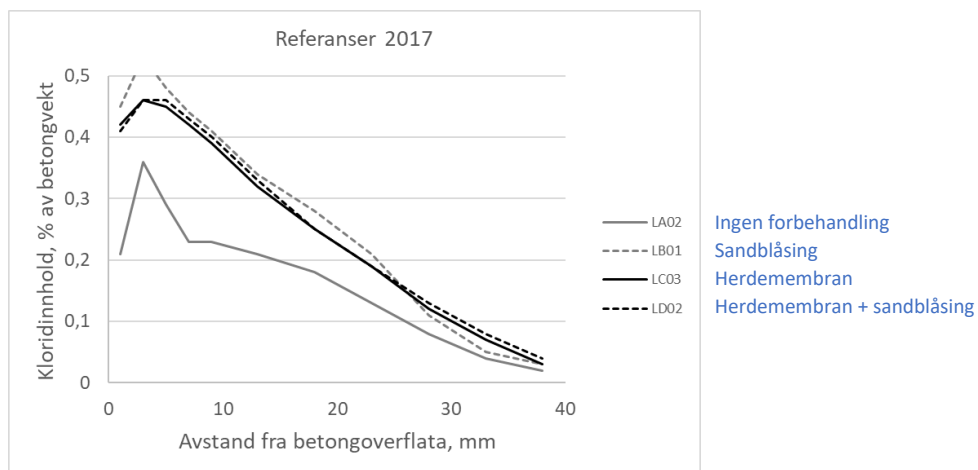
- Ingen markør – ubehandlede referanser
- Gul trekant – Silimp 100
- Grønn sirkel – StoCryl HG 200
- Blå trekant – CemElastic
- Blå sirkel – NitoCoat



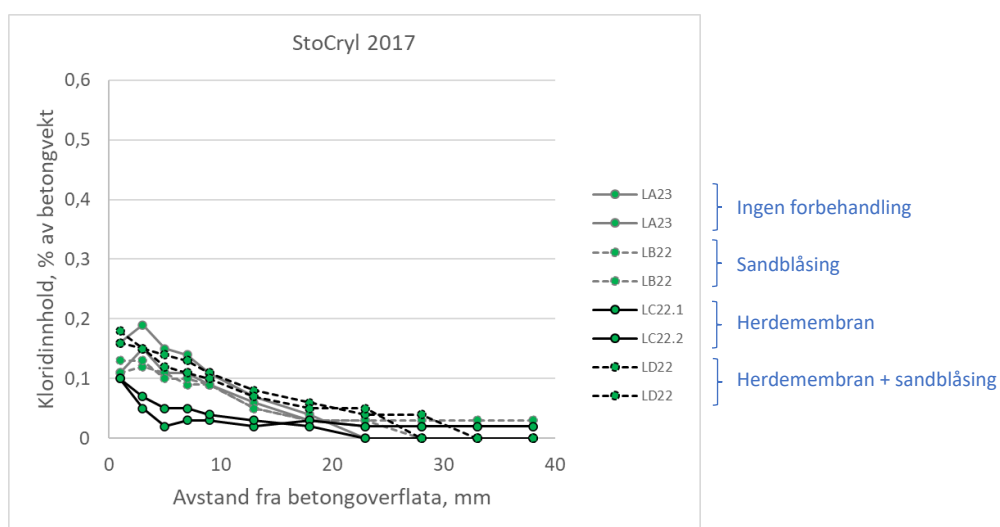
Figur 1 Kloridprofiler etter 3 års eksponering, plater påført produkter ved 4 ukers betongalder.



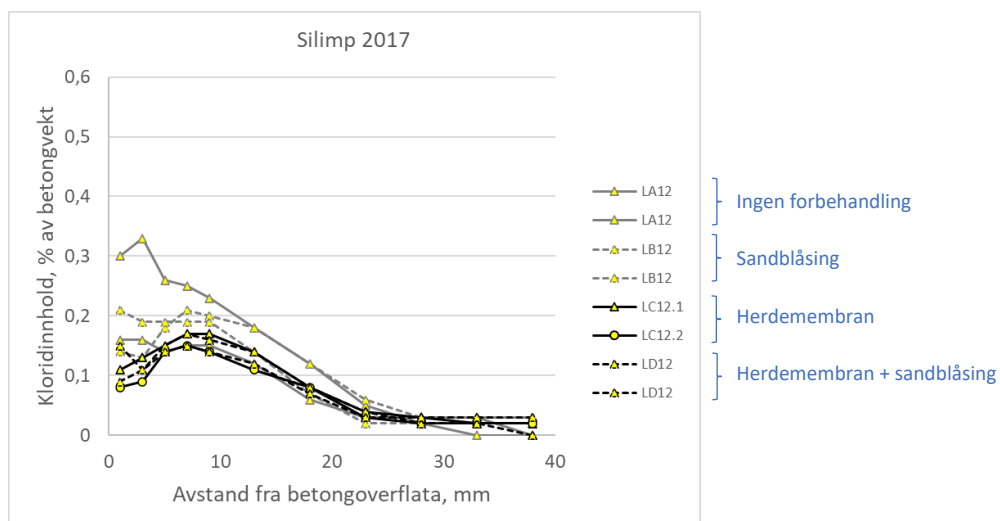
Figur 2 Kloridprofiler etter 9 års eksponering, plater påført produkter ved 4 ukers betongalder



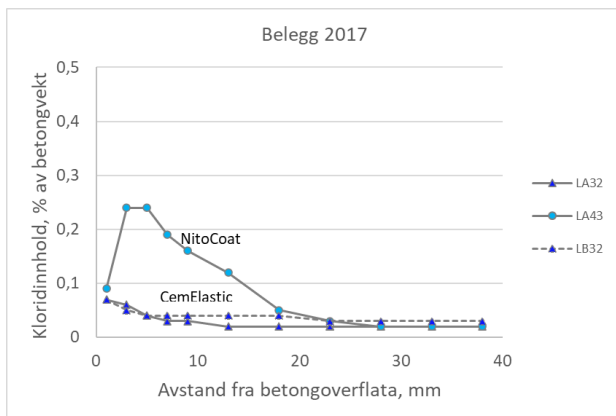
Figur 3 Kloridprofiler etter 19 års eksponering, ubehandlede referanseplater for produkter påført ved 4 ukers betongalder



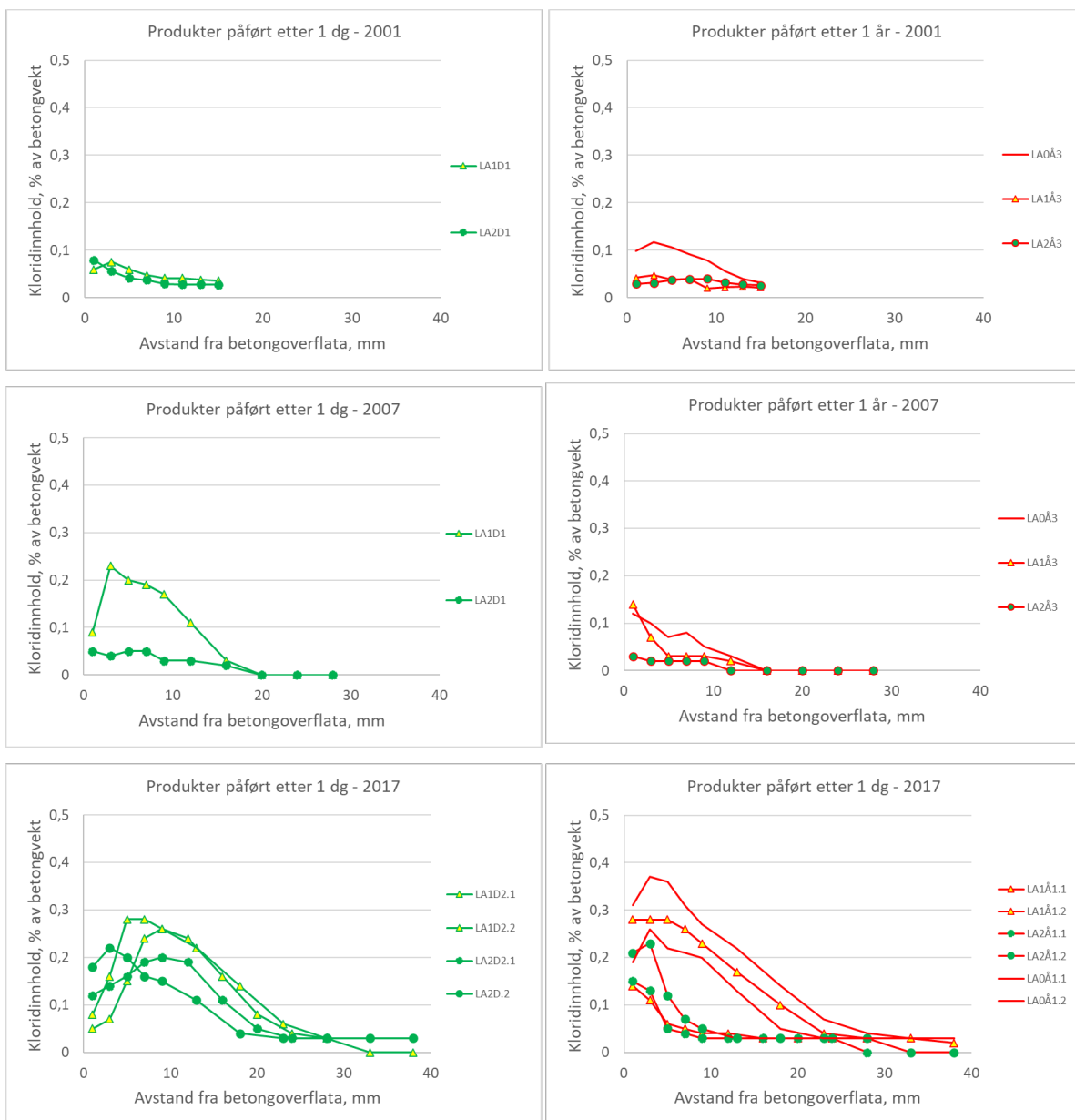
Figur 4 Kloridprofiler etter 19 års eksponering, plater påført StoCryl HG 200 ved 4 ukers betongalder



Figur 5 Kloridprofiler etter 19 års eksponering, plater påført Silimp 100 ved 4 ukers betongalder



Figur 6 Kloridprofiler etter 19 års eksponering, plater påført belegg (CemElastic og Nitocoat) ved 4 ukers betongalder



Figur 7 Til venstre: Kloridprofiler etter 3, 9 og 19 års eksponering, plater påført StoCryl HG 200 (grønn sirkel) og Silimp 100 (gul trekant) uten forbehandling ved 1 dags betongalder. Til høyre: Kloridprofiler etter 2, 8 og 18 års eksponering, plater påført StoCryl HG 200 (grønn sirkel) og Silimp 100 (gul trekant) uten forbehandling ved 1 års betongalder. Referanseplater uten markører.

TOTAL INNTRENGT MENGDE KLORIDER OG FILTRERINGSEFFEKT

Total mengde inntrengte klorider i ulike varianter av prøveplater påført produkter ved 4 ukers alder, etter eksponering i hhv. 3, 9 og 19 år er vist i Tabell 1, middelverdier pr produkt/referanse for alle forbehandling er vist i Tabell 2.

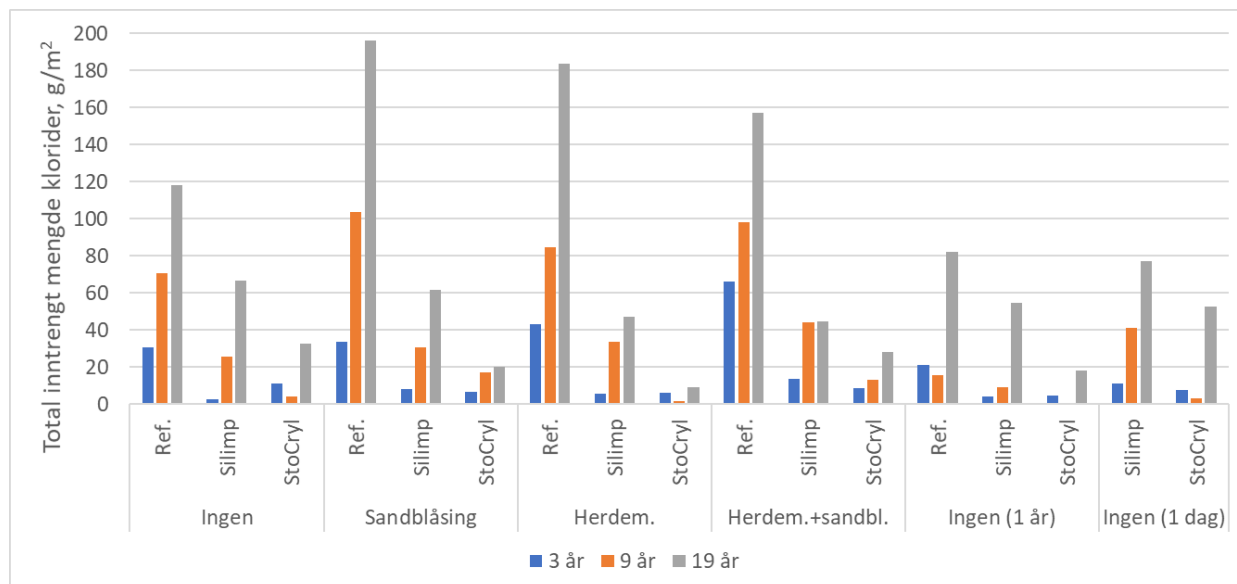
Inntrengt mengde klorider i samtlige varianter av prøveplater er vist grafisk i Figur 1, mens filtreringseffekten er vist i Tabell 3.

Tabell 1 Total inntrengt mengde klorider (g/m²) for prøveplater påført produkter ved ca. 4 ukers alder - etter 3, 9 og 19 års eksponering, basert på enkelt- eller middelverdier pr eksponeringsalder

Eksp. tid, år	Overflatebehandling påført etter ca. 4 uker														
	Ingen					Sandblåsing				Herdemembran			Herdemembran+sandbl.		
	Ref.	Silimp	StoCryl	Cem-Elastic	Nito-Coat	Ref.	Silimp	StoCryl	Cem-Elastic	Ref.	Silimp	StoCryl	Ref.	Silimp	StoCryl
3	30,5	2,8	10,9	-	-	33,7	8,3	6,8	-	43,2	5,4	6,2	65,9	13,5	8,4
9	70,8	25,8	4,1	-	-	103,5	30,8	17,0	-	84,6	33,6	1,8	98,0	44,2	13,3
19	118,2	66,8	32,7	6,0	53,8	196,0	61,6	20,0	6,4	183,5	47,3	9,0	156,9	44,7	28,2

Tabell 2 Total inntrengt mengde klorider (g/m²), middelverdier for alle forbehandling, for prøveplater påført produkter ved ca. 4 ukers alder - etter 3, 9 og 19 års eksponering

Eksp. tid, år	Overflatebehandling påført etter ca. 4 uker MIDDELVERDIER for alle forbehandling				
	Ref.	Silimp	StoCryl	Cem-Elastic	Nito-Coat
3	43,3	9,5	8,0	-	-
9	89,2	33,6	9,1	-	-
19	163,6	55,1	22,5	6,2	53,8



Figur 1 Inntrengt mengde klorider i ulike varianter av elementer (enkeltpunkt eller middel av to prøvestykker) etter 3 år, 9 år og 19 år eksponering (2 år, 8 år og 18 år eksponering for 1-årsplattene).

Tabell 3 Filtreringseffekt for de ulike overflateprodukter på ulike underlag – i 2001, 2007 og 2017, basert på enkelt- eller middelveier pr eksponeringsalder

Alder ved påføring	Forbehandling	Silimp 100			StoCryl HG 200			Cem-Elastic	Nito-Coat
		2001	2007	2017	2001	2007	2017	2017	2017
4 uker	Ingen	90,8	63,6	43,5	64,4	94,2	72,4	-	-
	Sandblåsing	75,5	70,2	68,5	80,0	83,6	89,8	-	-
	Herdemembran	87,4	60,3	74,2	85,7	97,8	95,1	-	-
	Herdemembran + sandblåsing	79,5	54,9	71,5	87,3	86,4	82,0	-	-
	<i>Middelveier (4 uker)^{*)}</i>	78,0	62,4	66,3	81,4	91,2	86,3	96,2	67,1
1 år	Ingen	79,5	41,2	33,4	77,5	100	78,2	-	-
1 dag ^{**)}	Ingen	74,9	54,1	52,8	82,6	95,5	67,7	-	-

^{*)} Basert på middelveier i Tabell 2

^{**)} Basert på middelveiene av ubehandlede referanser i Tabell 2



Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag