

Tidlig overflatebehandling av lavvarmebetong

Tresfjord - prøving etter 2 og 5 år. FoU-programmet Bedre
bruedlikehold 2017-2021

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 841



Tittel

Tidlig overflatebehandling av lavvarmebetong

Undertittel

Tresfjord - prøving etter 2 og 5 år. FoU-programmet Bedre bruvedlikehold 2017-2021

Forfatter

Eva Rodum

Avdeling

Konstruksjoner

Seksjon

Konstruksjonsteknikk

Prosjektnummer

L10114

Rapportnummer

841

Prosjektleder

Bård M. Pedersen / Karla Hornbostel

Godkjent av

Øyvind Bjøntegaard

Emneord

Betong, flygeaske, kloridinntrenging, tidlig overflatebehandling, felteksponering, laboratorieundersøkelser

Sammendrag

Prøveelementer støpt med betong med 39 % flygeaske ble avformet etter 3 døgn og påført hydrofobere impregnering (StoCryl HG 200) umiddelbart etterpå. Elementene ble eksponert i sjøvann hhv 3, 7 og 14 døgn etter impregnering. Ubehandlete elementer ble eksponert parallelt med de impregnerte elementene. Kloridinntrengingen i impregnert og ubehandlet betong er undersøkt etter 6 mnd, 1, 2 og 5 år. Resultatene viser at tidlig overflatebehandling med StoCryl HG 200 gir en meget god kloridbremsende effekt i tidlig alder. Filtreringseffekten øker med økende polymeriserings-/herdetid før eksponering og avtar med økende eksponeringstid.

Title

Early surface treatment of low heat concrete

Subtitle

Tresfjord – testing after 2 and 5 years. R&D program Better Bridge Maintenance 2017-21

Author

Eva Rodum

Department

Structures

Section

Structural Engineering

Project number

L10114

Report number

841

Project manager

Bård M. Pedersen / Karla Hornbostel

Approved by

Øyvind Bjøntegaard

Key words

Concrete, fly ash, chloride ingress, surface treatment, early age, field exposure, laboratory examinations

Summary

Test elements cast with concrete with 39 % fly ash were demoulded after 3 days and impregnated with StoCryl HG 200 immediately thereafter. The elements were exposed in seawater 3, 7 and 14 days after impregnation, respectively. Untreated elements were exposed correspondingly. The chloride ingress into both impregnated and untreated concrete is determined after 6 months, 1, 2 and 5 years respectively. The results show a very good filtering effect of the impregnation in early age (up to 5 year). The filtering effect increases with increasing time of polymerisation/curing before exposure and decreases with increasing exposure time.

Innhold

Forord.....	3
1 Innledning.....	4
2 Målsetning	4
3 Prøveprogram.....	4
3.1 Organisering.....	4
3.2 Betongsammensetning	5
3.3 Hydrofoberende impregnering.....	5
3.4 Prøveelementer.....	6
3.5 Eksponering av prøveelementer.....	7
3.6 Prøvingsterminer	8
4 Prøving.....	9
4.1 Omfang	9
4.2 Prøving etter 6 måneders og 1 års eksponering	9
4.3 Prøving etter 2 års eksponering.....	10
4.4 Prøving etter 5 års eksponering.....	13
5 Resultater og diskusjon.....	16
5.1 Kloridinnhold i sjøvannet.....	16
5.2 Trykkfasthet	16
5.3 Spesifikk elektrisk motstand.....	17
5.4 Kapillær vannmetningsgrad og porøsitet	18
5.5 Inntrengingsdybde av StoCryl HG 200	20
5.6 Naturlig kloridinntrenging fra sjøvann	22
5.7 Akselerert kloridinntrenging.....	33
6 Oppsummering	35
7 Konklusjon	37
8 Videre arbeid.....	37
9 Referanser.....	38

Vedlegg 1: Produktdatablad for StoCryl HG 200

Vedlegg 2: Kapillær vannmetningsgrad og porøsitet

Vedlegg 3: Inntrengingsdybde av StoCryl HG 200 – enkeltresultater og foto – etter 2 og 5 år

Vedlegg 4: Kloridresultater – etter 2 og 5 år

Vedlegg 5: Kloridprofiler – alle enkeltresultater, alle terminer

Vedlegg 6: Kloriddiffusjonskoeffisienter – felteksponering, alle terminer

Vedlegg 7: Kloriddiffusjonskoeffisienter – NT Build 443

Forord

Denne rapporten er utarbeidet av 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 er utarbeidet i delprosjekt 2.1 «Overflatebehandling av betong». Prosjektet har søkelys på kloridbremsende effekt av overflateprodukter for betong. Rapporten beskriver oppfølgende prøving av betongelementer støpt ut i forbindelse med bygging av Tresfjordbrua i 2013–2015. Brua var et pilotprosjekt med tidlig overflatebehandling av betong med høyt flygeaskeinnhold, og ble valgt som objekt i Statens vegvesens FoU-program Varige konstruksjoner (2012–2015). Det ble etablert et prøveprogram for dokumentasjon av overflatebehandlingens kloridbremsende effekt på kort og lang sikt. Statens vegvesen rapport nr. 421 /1/ beskriver prøvingsprogrammet og resultater fra prøving etter seks måneder og ett års eksponering i sjøvann. Denne rapporten presenterer resultater fra prøving etter 2 og 5 års eksponering og oppsummerer erfaringene fra hele perioden fram til 5 år.

1 Innledning

Tresfjordbrua i Møre og Romsdal er ei 1290 m lang vegbru i betong som ble åpnet for trafikk i 2015. Brua var et pilotprosjekt med tidlig overflatebehandling av betong med høyt flygeaskeinnhold. I prosjektbeskrivelsen var det spesifisert bruk av betong med flygeaskeinnhold 50–65 % av Portlandsementen og tidlig påføring av hydrofoberende impregnering – på landkar, fundamenter og søyler.

Formålet med overflatebehandlingen var å gi betongen ekstra beskyttelse i en tidlig fase hvor betonger med høye flygeaskedoserings erfaringsmessig har dårligere motstand mot kloridinntrenging enn betonger med ren Portlandsement.

Tresfjordbrua ble valgt som objekt i Statens vegvesens FoU-program Varige konstruksjoner (2012–2015). Det ble etablert et prøveprogram for dokumentasjon av overflatebehandlingens kloridbremsende effekt på kort og lang sikt. Statens vegvesen rapport nr. 421 /1/ beskriver prøvingsprogrammet, herunder prosedyre for produksjon av prøveelementer, innledende prøvetaking, utplassering/eksponering av prøveelementene og resultater fra prøving etter seks måneder og ett års eksponering i sjøvann.

I Statens vegvesens FoU-program Bedre bruvedlikehold (2017–2021) er prøveprosjektet fulgt opp med nye undersøkelser i 2016 og 2019. Denne rapporten inneholder resultater fra disse oppfølgende undersøkelsene.

2 Målsetning

Målet med prøveprogrammet er å:

- Dokumentere kloridinntrenging i tidlig eksponert betong, med og uten hydrofoberende impregnering
- Dokumentere betydning av betongens herdetid og silanens polymeriseringstid på betongens kloridmotstand

Undersøkelsene er utført på prøveelementer utstøpt med betong levert til Tresfjordbrua, og med samme hydrofoberende impregnering som brukt på bruprojektet.

3 Prøveprogram

3.1 Organisering

Prøveprosjektet er planlagt og gjennomført i regi av daværende Tunnel- og betongseksjonen i Vegdirektoratet. Prøveprosjektets tilknytning til bruprojektet ble ivarettatt gjennom kontakt med prosjektleder Sigmund Lønset, Statens vegvesen Region midt. Det ble lagt stor vekt på at prøveprosjektet skulle gjennomføres under realistiske feltforhold, både når det gjaldt utstøping av elementer, påføring og polymerisering av hydrofoberende impregnering og eksponering av elementene.

Det praktiske arbeidet med produksjon, transport og eksponering av prøveelementene, samt utboring av kjerner til ulike terminer, er utført/organisert av Martin Gedra fra Statens vegvesen Region midt, Lab- og vegteknologiseksjonen.

Innledende målinger på utborede kjerner og kloridanalyser av sjøvannet er utført ved Sentrallaboratoriet i Oslo, likeledes prøving utført etter 2 og 5 års eksponering. Analyser av utborede kjerner etter 6 og 13 måneders eksponering er utført av NBTL med Cowi Danmark som underleverandør.

3.2 Betongsammensetning

Betongen til Tresfjordbrua ble levert av Norbetong. Betongen levert til både brusøyler og prøveelementer har sammensetning som vist i Tabell 1.

Tabell 1 Betongsammensetning

Materiale	Mengde, kg/m ³
Hanset 0–8 mm	967
Hanset 8–16 mm	299
Hanset 16–22 mm	643
Norcem Anleggsement FA	272
Flygeaske	86
Silikastøv	15
Vann	141

Dette gir et masseforhold $m = 0,39$ dersom man regner k-faktor 1 for sementen, k-faktor 0,7 for tilsatt flygeaske og k-faktor 2 for silikastøv.

Flygeaskeinnholdet er 64,5 % i forhold til Portlandsementen og 39,2 % i forhold til Portlandsement- og flygeaskemengde.

Silikainnholdet er 6,9 % av Portlandsementen og 4,2 % i forhold til Portlandsement- og flygeaske-mengde.

Ved beregning av flygeaske- og silikainnhold er det antatt at flygeaskeandelen i Norcem Anleggsement FA er 20 %.

3.3 Hydrofoberende impregnering

Basert på krav i beskrivelsen valgte entreprenøren, Bilfinger Berger, StoCryl HG 200 som hydrofoberende impregnering på Tresfjordbrua. Dette er et produkt i gelform, som normalt sprøytes på betongoverflaten med en lavtrykkssprøyte, i mengde 0,25 – 1 l/m² (225 – 900 g/m²). Produktdatablad finnes i VEDLEGG 1.

Bilfinger Berger ønsket å påføre impregneringen med rull, og dette ble klarert med leverandøren Sto.

3.4 Prøveelementer

For dokumentasjon av kloridinntrenging i betongen (ubehandlet og impregnerert med StoCryl HG 200) ble det støpt ut to typer prøveelementer:

- 18 stk små uarmerte elementer (20 x 30 x 10 cm³)
- 1 stk stort armert element (2 x 1 x 0,5 m³)

Utstøping av elementer ble utført 29. november 2013, på bruanlegget på Skorgeneset. Elementene er støpt med samme forskalingsmaterialer (finérplater) og forskalingsolje som på brukonstruksjonen. Etter utstøping ble elementene tildekket med isolerende duk (små elementer) og plastpresenning (stort element). Avforming av elementene, merking og påføring av StoCryl HG 200 ble utført 2. desember 2013, 3 døgn etter støping.

De små elementene ble merket med løpenummer fra 1–18. Element nummer 1–8 ble tilleggsmerket «S» for «StoCryl HG 200» og element nummer 9–18 tilleggsmerket «U» for «Ubehandlet».

Det store elementet ble merket med nummer 19 og hhv «S» (påført StoCryl HG200) og «U» (ubehandlet) på hver sin halvdel, se Figur 1.



Figur 1 Stort element etter påføring av Stocryl HG 200 på halve elementet (foto: Eva Rodum, Statens vegvesen).

Elementer tilleggsmerket «S» ble påført StoCryl HG 200 umiddelbart etter avforming ved 3 døgners alder. Impregneringen ble påført med rull og forbruket ble målt ved veiing. Basert på vektdata er det antatt at elementene er påført ca. 200 g/m², hvilket også anses som «maks mengde» som er mulig å påføre med rull. Etter påføring ble de impregnerte elementene satt

til polymerisering i hhv 3, 7 og 14 døgn før eksponering ved neddykking i sjøvann. I prosjektbeskrivelsen for Tresfjordbrua var det spesifisert påføring av hydrofoberende impregnering ved (tidligst) 3 døgn betongalder og deretter 14 døgn beskyttelse av impregneringen ved tildekking – hvilket tilsier at prøveprosjektets variant med 3+14=17 døgn eksponeringsalder er den mest representative for bruprojektet. Ubehandlede elementer merket «U» ble holdt adskilt fra de elementene som ble påført StoCryl HG 200 til hhv. 6, 10, 17 og 90 døgn alder før de ble eksponert neddykket i sjøvann.

Detaljer knyttet til utstøping, avforming, påføring av StoCryl HG 200 og etterbehandling er beskrevet i Statens vegvesen rapport nr. 421 /1/.

3.5 Eksponering av prøveelementer

Bakgrunn for valg av lokalitet og type eksponering er beskrevet i /1/.

De små elementene ble eksponert i store kar med sjøvann (á 1000 liter) plassert i en garasje ved gamle Lønset ferjekai. For å få en relasjon mellom eksponering i sjøvann i kar og eksponering direkte i sjøen, ble det valgt parallell eksponering i begge miljøer for to ubehandlede og to impregnerte varianter av små elementer, eksponeringsstart ved 10 døgn alder. Se Tabell 2.

Det store elementet ble plassert i tidevannssonen ved gamle Lønset ferjekai, i et spesialprodusert stativ, se Figur 2. På grunn av anleggsvirksomhet på tomten på Lønset, ble det store elementet og de små elementer på rist i sjø flyttet til nytt sted 1/9-2015. Etter denne dato har de små elementene vært plassert i tidevannssonen (se Figur 9a)), mens det store elementet har vært nesten permanent neddykket i sjøen, se Figur 8 og Figur 11a).

Det bemerkes at permanent neddykking i sjøvann representerer en meget hard eksponering og at store deler av de aktuelle konstruksjonsdelene på Tresfjordbrua er utsatt for en langt mindre aggressiv eksponering.

Tidspunkt for eksponering av de ulike elementene er gitt i Tabell 2.

Tabell 2 Tidspunkt for eksponering av de ulike prøveelementer

Element ident	Eksponert i sjøvann		
	Antall dager etter utstøping	Antall dager etter påføring StoCryl)	Dato
1-S 2-S	6	3	5/12-13
3-S 4-S	10	7	9/12-13
5-S*) 6-S*)	10	7	9/12-13
7-S 8-S	17	14	16/12-13

9-U 10-U	6	-	5/12-13
11-U 12-U	10	-	9/12-13
13-U*) 14-U*)	10	-	9/12-13
15-U 16-U	17	-	16/12-13
17-U 18-U	90	-	27/2-14
19 (stort element)**)	11	8	10/12-13

*) Elementene ble først plassert på rist på sjøbunn (permanent neddykket), fra 1/9-15 i fylling i tidevannssonen

***) Elementet ble ved utsetting plassert i tidevannssonen, fra 1/9-2015 stått tilnærmet permanent neddykket.

Ved presentasjon av resultater fra prøving er betongalderen ved eksponering benyttet som parameter, ved bruk av følgende fargekoder:

- Grønn: Eksponert ved 6 døgns betongalder
- Gul: Eksponert ved 10 døgns betongalder
- Rød: Eksponert ved 17 døgns betongalder
- Grå: Eksponert ved 90 døgns alder (kun ubehandlede elementer)



Figur 2 Stort element fotografert etter utplassering 12. desember 2013 (foto: Martin Gedra, Statens vegvesen)

3.6 Prøvingsterminer

Opprinnelig prøveplan inkluderte prøveuttak fra de små elementene etter 6 mnd og 1 års eksponering. Restene av de små elementene ble imidlertid beholdt i sjøvann etter 1-årsprøvingen og det ble besluttet gjennomført en ny prøverunde for enkelte av disse etter 2

års eksponering, for enkelte også etter 5 års eksponering. Det store elementet ble planlagt fulgt opp til minimum 10 års alder, og er så langt prøvetatt etter 1, 2 og 5 års eksponering.

Faktisk prøvingsalder ved de ulike terminer er som følger:

- 1-årsprøving: 11 mnd for betong eksponert ved 90 døgns alder, 13 mnd for de øvrige.
- 2-årsprøving: 24 mnd for betong eksponert ved 90 døgns alder, 26 mnd for de øvrige små elementene og 30 mnd for det store elementet.
- 5-årsprøving: 65 mnd.

Ved beregning av kloriddiffusjonskoeffisienter er de eksakte eksponeringstidene for hver variant benyttet.

Resultatene fra 2- og 5-årsprøving er presentert i denne rapporten. Alle enkeltresultater fra undersøkelser fram til og med 1-årsprøving er rapportert i /1/. Hovedresultatene fra alle prøvingsterminer er sammenstilt i foreliggende rapport.

4 Prøving

4.1 Omfang

En oversikt over hvilke egenskaper som er undersøkt i prøvingsprogrammet er vist i Tabell 3.

Tabell 3 Oversikt over hvilken type prøving som er utført ved ulike prøvingsterminer

Egenskap/ metode	Eksponeringstid i sjøvann				
	0	6 mnd	1 år	2 år	5 år
Trykkfasthet	X ¹⁾			X ²⁾	
Inntrengingsdybde av impregnering	X ³⁾	X	X	X	X
Kloridinntrenging		X	X	X	X
Spesifikk elektrisk motstand				X ⁴⁾	
Akselerert kloridinntrenging				X	
Kapillær vannmetningsgrad/ porøsitet				X	

- 1) Trykkfasthet er bestemt på vannlagrede 100 mm terninger, ved 2, 3, 7, 14, 28, 56 og 90 døgns alder.
- 2) Trykkfasthet er bestemt på sylindre ø75 mm x 100 mm boret ut fra små elementer.
- 3) Før eksponering i sjøvann ble det boret ut kjerner for bestemmelse av initiell inntrengingsdybde av impregneringen.
- 4) Spesifikk elektrisk motstand er bestemt på samme prøvestykker som de benyttet til trykkfasthet

4.2 Prøving etter 6 måneders og 1 års eksponering

Prosedyrer for prøveuttak, forsegling av borhull og prøving, samt presentasjon av resultater fram til og med 1-årsprøving finnes i Statens vegvesens rapport nr. 421 /1/.

4.3 Prøving etter 2 års eksponering

4.3.1 Utboring av kjerner – små elementer

Etter hver utboring av kjerner fra de små elementene er borhullenes overflater forseglet med 2 strøk epoksy, for å sikre en fortsatt en-aksiell kloridinntrenging fra elementenes sideflater.

Ved utboring av kjerner etter 2 års eksponering ble det utarbeidet beskrivelser for utboring av kjerner, merking og pakking, både til Martin Gedra i Molde og Sentrallaboratoriet i Oslo.

For å minimere risikoen for påvirkning fra kloridinntrenging fra sidekanter/borhull ble utboring av kjerner for kloridprøving utført med avstand minimum 30 mm til elementkant og minimum 10 mm til tidligere borhull (som var epoksyforseglet innvendig). Prinsippskisse for hvordan kjerner ble boret ut fra S- og U-elementer er vist i Figur 3. Foto av elementene etter utboring av kjerner i Molde er vist i Figur 4. Hvilken type prøving kjernene er benyttet til er vist i Tabell 4.

Elementene ble tatt opp av karene med sjøvann og kjerner boret ut 17. februar 2016. Det ble tatt prøver av sjøvannet for kloridanalyse, før karene ble tømt og eksponeringen avsluttet.



Figur 3 Prinsippskisse for utboring (S-elementer til venstre, U-elementer til høyre). Kjerner merket med gult ble boret ut i Molde. Kjerner merket med stiplet rødt ble boret ut i Oslo.



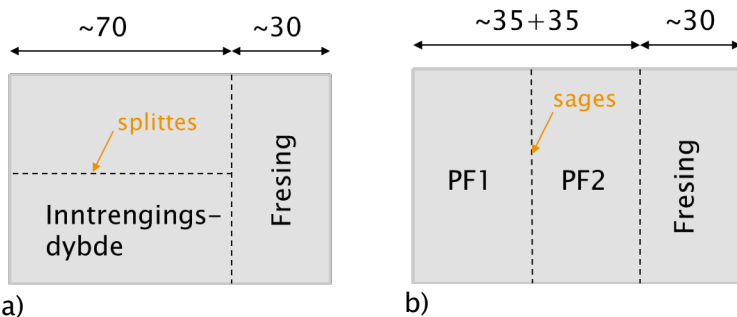
Figur 4 Elementer og utborede ø65 mm kjerner, fotografert i Molde før forsendelse til Oslo (foto: Martin Gedra, Statens vegvesen).

Tabell 4 Oversikt over prøveutnyttelse av utborede betongkjerner, etter 2 års eksponering

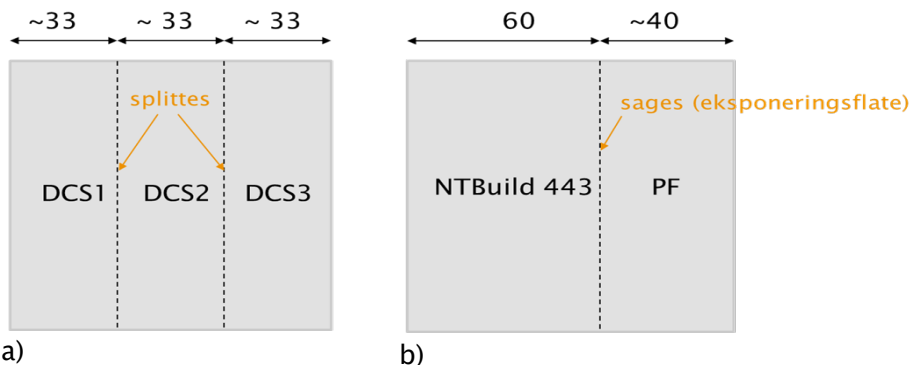
Eksponert alder	Element-nummer	Utborede kjerner	Kjerner merket	Utnyttelse
6 dager	1-S	1ø65 mm 1ø75 mm	1-S-4 1-S-5	Kloridprofil+inntrengingsdybde NTBuild 443+PF
	2-S	1ø65 mm 1ø75 mm	2-S-4 2-S-5	Kloridprofil+inntrengingsdybde DCS-profil
10 dager	3-S	2ø65 mm	3-S-5 3-S-6	Kloridprofil+inntrengingsdybde Lagres på kjølerom
	4-S	2ø65 mm	4-S-5 4-S-6	Kloridprofil+inntrengingsdybde Lagres på kjølerom
17 dager	7-S	2ø65 mm	7-S-5	Kloridprofil+inntrengingsdybde

			7-S-6	Lagres på kjølerom
	8-S	2ø65 mm	8-S-5 8-S-6	Kloridprofil+inntrengingsdybde Lagres på kjølerom
6 dager	9-U	1ø65 mm 1ø75 mm	9-U-3	Kloridprofil
			9-U-4	DCS-profil
	10-U	1ø65 mm 1ø75 mm	10-U-3	Kloridprofil+PF
			10-U-4	NTBuild 443+PF
10 dager	11-U	1ø65 mm 1ø75 mm	11-U-3	Kloridprofil
			11-U-4	NTBuild 443+PF
	12-U	1ø65 mm 1ø75mm	12-U-3	Kloridprofil+PF
			12-U-4	NTBuild 443+PF
17 dager	15-U	1ø65 mm 1ø75 mm	15-U-3	Kloridprofil
			15-U-4	El. motstand + trykkfasthet
	16-U	1ø65 mm 1ø75 mm	16-U-3	Kloridprofil+PF
			16-U-4	El. Motstand + trykkfasthet
90 dager	17-U	1ø65 mm 1ø75 mm	17-U-3	Kloridprofil
			17-U-4	El. Motstand + trykkfasthet
	18-U	1ø65 mm 1ø75 mm	18-U-3	Kloridprofil+PF
			18-U-4	El. Motstand + trykkfasthet

Prinsippskisser for tildanning av prøvematerialet for borkjerner med diameter hhv. 65 og 75 mm er vist i Figur 5 og Figur 6.



Figur 5 Prinsippskisse for utnyttelse av ø65 mm kjerner til a) fresing for kloridprofil og deretter måling av inntrengingsdybde av impregnering og b) fresing for kloridprofil og deretter porøsitetmålinger (PF)



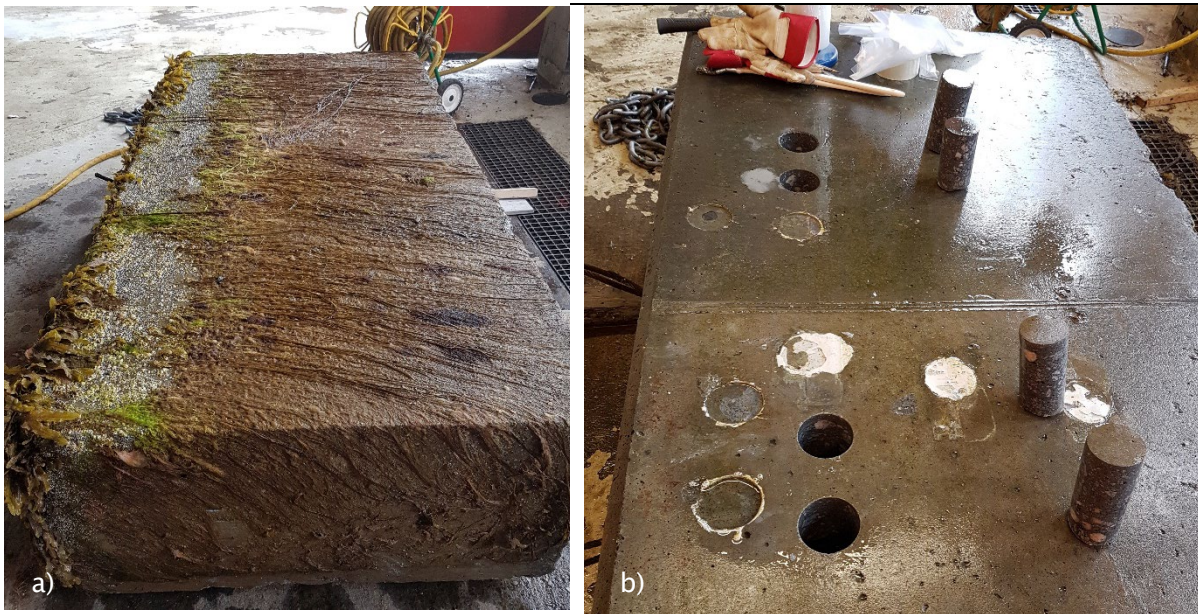
Figur 6 Prinsippskisse for utnyttelse av ø75 mm kjerner til a) bestemmelse av kapillær vannmetningsgrad og b) Akselerert kloridinntrenging iht. NT Build 443 og porøsitetmålinger (PF)

4.3.2 Utboring av kjerner – stort element

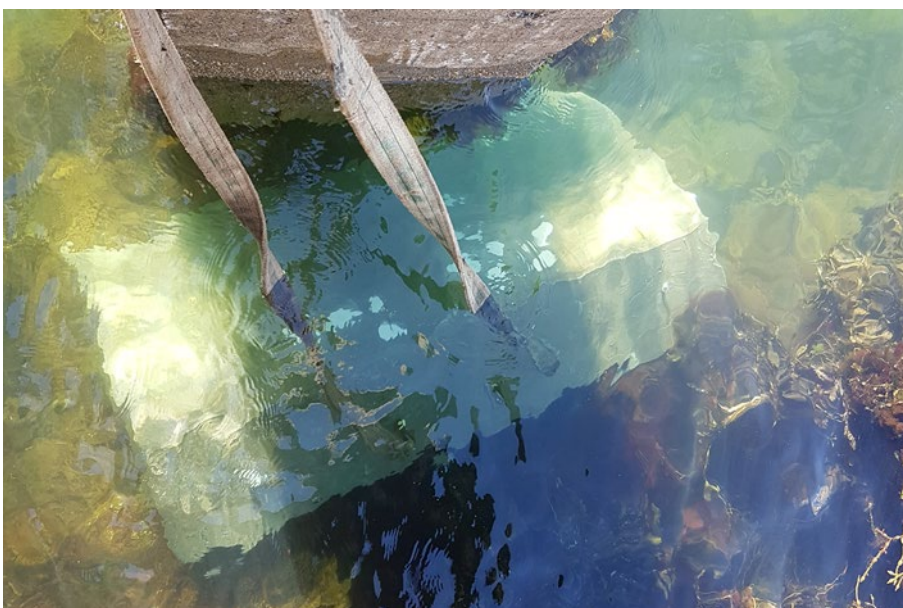
Etter hver utboring av kjerner fra det store elementet ble borhullene reparert med epoksy (heftbru) og reparasjonsmørtel fra Mapei.

For 2-årsprøving ble elementet tatt opp av sjøen 31. mai 2016, overflatene rengjort for begroing og kjernene boret ut samme dag, se Figur 7. Etter reparasjon av borhullene ble elementet plassert ut i sjøen igjen 3. juni 2016, se Figur 8 .

Alle 4 kjerner (19-S-6, 19-S-7, 19-U-3, 19-U-4) ble sendt til Sentrallaboratoriet i Oslo og benyttet til fremstilling av kloridprofiler.



Figur 7 a) Stort element etter opptak fra sjøen, før rengjøring b) Kjerner boret ut fra stort element, silanimpregnert halvdel nærmest (kjerne 19-S-5 og 19-S-6) og ubehandlet halvdel bakerst (kjerne 19-U-3 og 19-U-4). Foto: Martin Gedra, Statens vegvesen.



Figur 8 Stort element etter utplassering i sjøen 3. juni 2016. Reparerte borhull er påført epoksy (synlig som hvite flekker). Foto: Martin Gedra, Statens vegvesen.

4.4 Prøving etter 5 års eksponering

4.4.1 Utboring av kjerner – små elementer

Etter 5 år var det kun elementene som var plassert i sjø som var igjen av de små elementene. Disse hadde vært plassert i fyllinga i tidevannssonen siden 1-årsprøvingen i 2015, se Figur 9.



Figur 9 a) Etter utplassering i 2015 ble små elementer plassert i fylling i tidevannssonen ved kaia (røde piler). b) Små elementer etter opphenting etter 5 års eksponering. Foto: Martin Gedra, Statens vegvesen.

Elementene ble tatt opp 20. mai 2019, pakket i plast og sendt til Sentrallaboratoriet i Oslo for utboring av kjerner og videre analyser. Elementene ankom der 22. mai og ble lagt på kjølerom fram til utboring og fresing.

Opprinnelig merking var borte, så de silanimpregnerte elementene ble vilkårlig merket hhv 50-S-5 og 60-S-5, mens de ubehandlede ble vilkårlig merket 130-U-3 og 140-U-3.

For å minimere risikoen for påvirkning fra kloridinntrenging fra sidekanter/borhull ble utboring av kjerner til fremstilling av kloridprofil utført etter følgende anvisning:

- Kjernediameter ca 50 mm
- Minimum avstand til tidligere, epoksyforseglete borhull: 10 mm
- Minimum avstand til elementkant: 30 mm

Ved utboring av kjerner til bestemmelse av inntrengingsdybde av impregnering ble ikke lokalitet i forhold til endeflater/borhull hensynstatt (påvirker ikke målingene).

Både kloridprofiler og inntrengingsdybde er bestemt fra begge endeflater av den enkelte kerne.

Foto av elementer etter utboring av kjerner er vist i Figur 10.



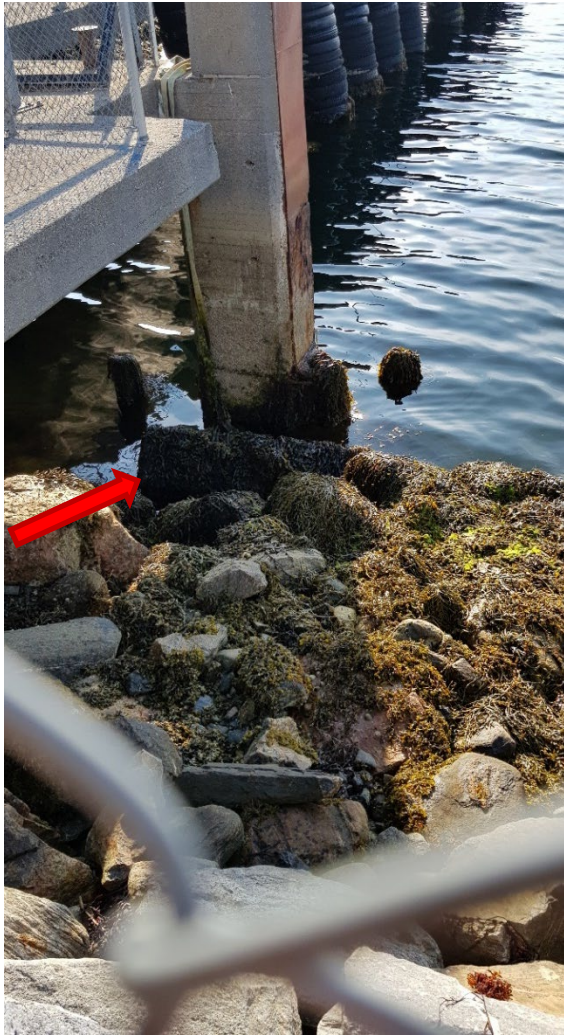
Figur 10 Foto av elementer etter utboring av kjerner, silanimpregnerte elementer til venstre, ubehandlede til høyre. Foto: Sentrallaboratoriet, Statens vegvesen.

4.4.2 Utboring av kjerner – stort element

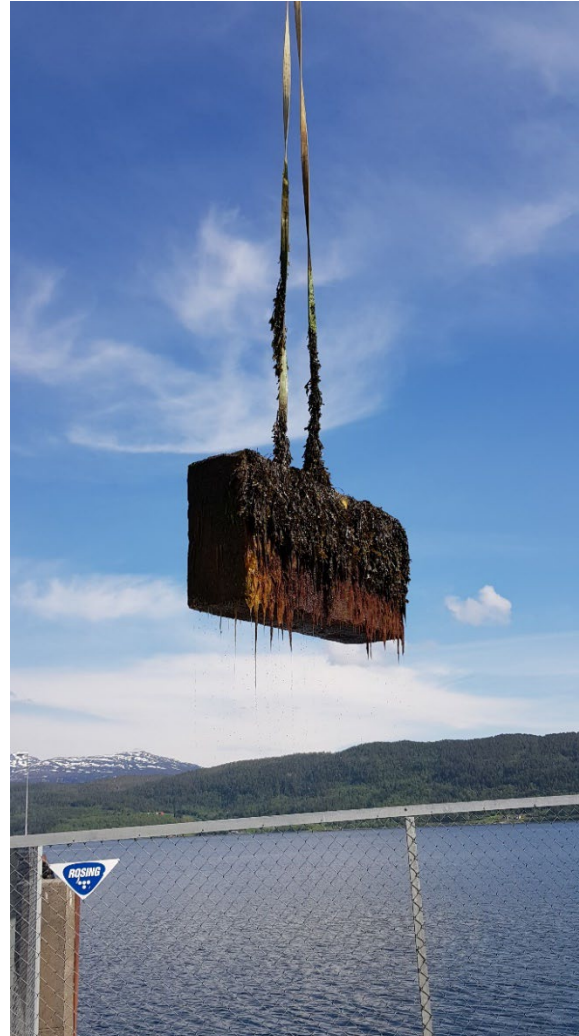
Det store elementet ble hentet inn fra sjøen 20. mai 2019, se Figur 11. Kjernene ble boret ut samme dag (Figur 12), borhullene reparert 21. mai og elementet utplassert i sjøen igjen 22. mai 2019.

Fra impregnert del av elementet ble det boret ut 6 stk kjerner, hvorav 4 stk (19-S-8, 19-S-9, 19-S-11 og 19-S-13) ble benyttet til bestemmelse av kloridinntrenging og 2 stk (19-S-10, 19-S-12) til bestemmelse av inntrengingsdybde av Stocryl HG 200.

Fra ubehandlet del av elementet ble det boret ut 4 stk kjerner (19-U-5, 19-U-6, 19-U-7 og 19-U-8) til bestemmelse av kloridinntrenging.



a)



b)

Figur 11 a) Etter utplassering i 2015 ble det store elementet plassert neddykket ved kai. Her er elementet så vidt over sjønivå ved lav fjære (rød pil). b) Oppheising av stort element etter 5 års eksponering. Foto: Martin Gedra, Statens vegvesen.



Figur 12 Utborede kjerner fra det store elementet. Impregnert overflate til venstre for forskalingskjøt, ubehandlet overflate til høyre. Foto: Martin Gedra, Statens vegvesen.

5 Resultater og diskusjon

5.1 Kloridinnhold i sjøvannet

Det ble tatt prøver av sjøvannet i eksponeringskarene før nedlegging av elementene og etter 6 måneders og 2 års eksponering. Prøvene ble sendt til Sentrallaboratoriet i Oslo for analyse av kloridinnhold. Resultatene er presentert i Tabell 5.

Tabell 5 Målt kloridinnhold i sjøvannet i eksponeringskarene over tid

Eksponeringskar	Kloridinnhold, %		
	Før eksponering	Etter 6 mnd	Etter 2 år
Med ubehandlede elementer	1,73	1,75	1,76
Med elementer impregnert med Stocryl HG 200	1,78	1,85	1,72

Resultatene viser at kloridinnholdet i eksponeringskarene har vært stabil over perioden.

5.2 Trykkfasthet

Til sammen 14 stk 100 mm terninger ble støpt ut på Skorgneset 30/11-13. Terningene ble fraktet til laboratoriet på Årø dagen etter og lagt i vann av 20 °C.

Prøving av trykkfasthet er utført av Martin Gedra. Dato og betongalder ved prøving er angitt i Tabell 6 sammen med resultatene. Resultatene er gitt som middel av to 100 mm terninger.

Tabell 6 Resultater fra trykkfasthetsprøving, middel av to 100 mm terninger

Alder, døgn	2	3	7	14	28	56	90
Trykkfasthet, MPa	18,0	25,8	38,8	47,3	55,8	70,3	75,5

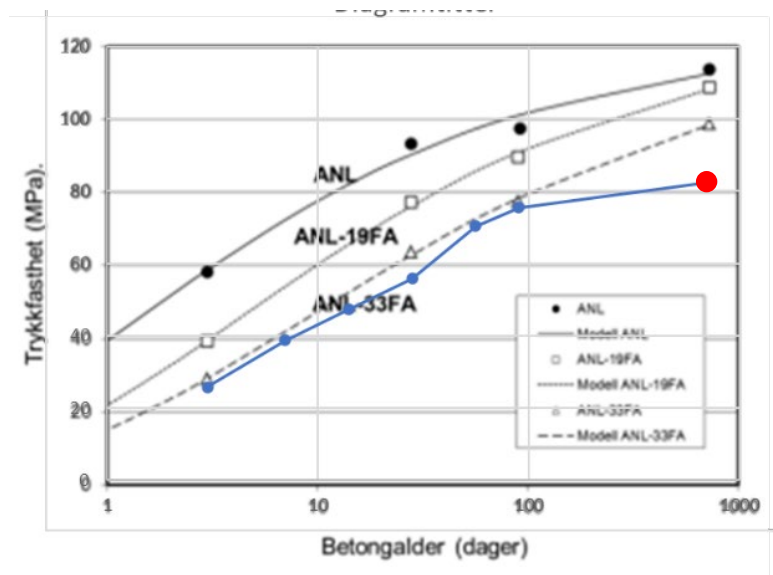
Bestemmelse av trykkfasthet og densitet etter 2 år er gjort 24/5-16 på kjerner boret ut fra små elementer, se Tabell 7.

Tabell 7 Resultater fra trykkfasthetsprøving, kjerner boret ut fra små elementer etter 2 år

	Enkeltresultater				Gj.snitt / stdav
	15-U-4	16-U-4	17-U-4	18-U-4	
Målt trykkfasthet, MPa	75,9	73,9	68,7	64,7	
Diameter, mm	74,4	74,4	74,4	74,4	
Høyde, mm	98,2	100,1	97,0	97,1	
Høyde/diameter	1,32	1,35	1,30	1,31	
Omregningsfaktor	0,93	0,94	0,93	0,93	
Trykkfasthet, MPa, omregnet til sylinder med h/d=2,0	70,6	69,5	63,9	60,2	66,1 / 4,9
Trykkfasthet, MPa, omregnet til terning (1,0/0,8)	88,3	86,9	79,9	75,3	82,6 / 6,1
Densitet, kg/m ³	2450	2400	2420	2430	2430

Fasthetsutvikling målt på terninger i laboratorium er sammenstilt med tilsvarende målinger gjort på betong med Anlegg-klinker og varierende FA-innhold, samt annen tilslagstype (fra Årdal) /2/, se Figur 13. Trykkfasthet bestemt på utborede kjerner etter 2 års lagring i sjø er også plottet i figuren (rødt punkt).

Resultatene for terningene følger kurven for betong med 33 % FA (ANL-33FA), men ligger marginalt under. FA-innholdet for Tresfjord-betongen er noe høyere, dvs. 39%, samtidig er effektivt masseforhold [$m = v/(c+2 \cdot s+0,7 \cdot f)$] noe lavere (0,39 mot 0,44 for ANL-33FA). Trykkfastheten bestemt etter 2 år avviker imidlertid tydelig. Dette kan skyldes flere forhold, f.eks. dårligere herdeforhold, avvikende geometri på prøvestykkene (terning vs. sylindre) og små sylindre (ca. $d=75$ mm, $h=100$ mm).



Figur 13 Fasthetsutvikling for laboratorielagrede terninger (blå kurve), samt utborede kjerner (rødt punkt), fra Tresfjord – sammenstilt med resultater fra Anlegg FA-prosjektet (betonger med Årdal-tilslag, Anlegg-klinker og hhv. 0, 19 og 33 % FA-innhold)/2/.

5.3 Spesifikk elektrisk motstand

Spesifikk elektrisk motstand ble bestemt på samme sylindre som etterpå ble benyttet til trykkfasthetsprøving, iht. Statens vegvesens Håndbok R210, metode 443.

Spesifikk elektrisk motstand bestemmes ved følgende formel:

$$\rho = R \cdot \frac{A}{l}$$

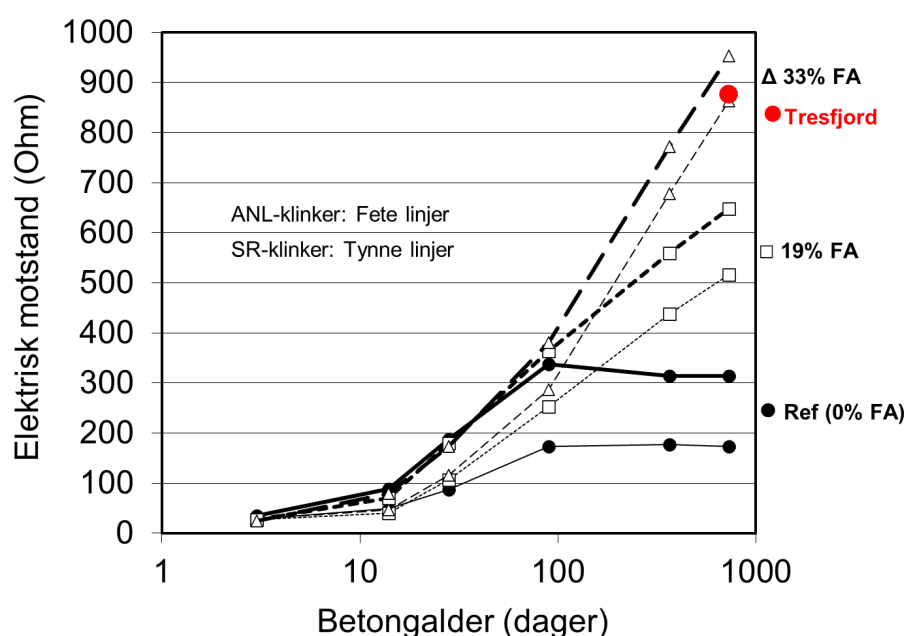
hvor: R = målt elektrisk motstand i Ω
A = prøvestykkets tverrsnittsareal i m^2
l = avstanden mellom prøvestykkets måleflater i m

Resultatene er gitt i Tabell 8.

Tabell 8 Resultater fra måling av elektrisk motstand etter 2 år, kjerner utboret fra små elementer

Prøve	Diameter (mm)	Areal (m ²)	Høyde (m)	Målt motstand (Ω)	Spesifikk el. motstand (Ωm)
15-U-4	74,4	0,00435	0,0982	20440	905
16-U-4	74,4	0,00435	0,1001	17800	773
17-U-4	74,4	0,00435	0,0970	20240	907
18-U-4	74,4	0,00435	0,0971	20620	923
Gj.snitt / stdav					877 / 70

I Anlegg FA-prosjektet ble det målt spesifikk elektrisk motstand over tid for betonger støpt med Anlegg-klinker og varierende FA-innhold /2/. I Figur 14 er resultatene for Tresfjord-betongen etter 2 års lagring i sjø plottet sammen med disse verdiene. Resultatet ligger tett opp til betongene med 33 % FA.



Figur 14 Utvikling i spesifikk elektrisk motstand for laboratorielagrede terninger med Anlegg-klinker og varierende FA-innhold /2/. Rødt punkt angir Tresfjord-betongen etter 2 års lagring i sjø.

5.4 Kapillær vannmetningsgrad og porøsitet

Kapillær vannmetningsgrad og/eller porøsitet er bestemt på prøvestykker tildannet fra betongkjerner som beskrevet i Tabell 4 og vist i Figur 5 og 6.

Prøvestykker for bestemmelse av kapillær vannmetning og porøsitet er tildannet ved splitting av «skiver» med tykkelse ca. 30 mm, mens prøvestykker kun for bestemmelse av porøsitet er saget i tykkelser på 35–40 mm. Prøving er utført i henhold til Statens vegvesen Håndbok R210 metode 426.

Tildannede prøvestykker er veid i følgende tilstand:

- Umiddelbart etter utpakking og splitting, g_0 (*kun bestemmelse av vannmetningsgrad*)
- Etter neddykking i vann i 7 døgn, g_6 (*kun bestemmelse av vannmetningsgrad*)
- Etter tørking ved 105 °C i 7 døgn, g_1
- Etter neddykking i vann i 7 døgn (vekt i luft, g_2 og vekt i vann, g_3)
- Etter trykkmetning i 2 døgn, g_4

Følgende størrelser er beregnet:

- Kapillær vannmetningsgrad: $DCS = \frac{g_0 - g_1}{g_6 - g_1}$
- Sugporøsitet: $p_s = \frac{g_2 - g_1}{V \cdot \rho_w}$
- Makroporøsitet: $p_m = \frac{g_4 - g_2}{V \cdot \rho_w}$
- Sugmettet densitet: $\rho_s = \frac{g_2}{V}$
- Faststoffdensitet: $\rho_{fs} = \frac{g_1}{V - (g_4 - g_1) / \rho_w}$

ρ_w = vannets densitet (settes lik 1000 kg/m³).

Alle enkeltresultater fra alle beregninger er gitt i tabeller i VEDLEGG 2. Resultater for hver kjerne (middelverdier av 1–3 skiver) er gitt i Tabell 9.

Tabell 9 Beregnede verdier for kapillær vannmetningsgrad, porøsitet (sug- og makro-) og densitet (sugmettet og faststoff)

Kjerne	Antall skiver	Kapillær vannmetningsgrad [%]	Sugporøsitet [%]	Makroporøsitet (luftinnhold) [%]	Sugmettet densitet [kg/m ³]	Faststoffdensitet [kg/m ³]
2-S-5	3	91,6	9,5	5,5	2390	2700
9-U-4	3	91,4	10,2	3,3	2440	2700
1-S-5	1	-	9,4	4,8	2430	2730
10-U-4	1	-	9,4	3,4	2430	2680
11-U-4	1	-	9,7	3,8	2440	2700
12-U-4	1	-	9,2	3,5	2450	2700
10-U-3	2	-	9,3	3,4	2460	2720
12-U-3	2	-	9,3	3,3	2460	2710
16-U-3	2	-	10,2	4,0	2410	2670
18-U-3	2	-	9,5	3,7	2470	2740
Gjennomsnitt			9,6	3,9	2440	2710

Resultatene viser ingen forskjell i kapillær vannmetningsgrad i impregnert og ubehandlet betong. Øvrige verdier tyder på en jevnt utstøpt betong med svært lav sugporøsitet (litt under 10 %) og stabilt luftinnhold (gjennomsnitt på 3,9 %). Sugporøsitet for betongene i Anl FA-prosjektet /1/ var hhv. 10,4, 12,5 og 13,7 % for betonger med ANL-klinker og hhv. 0% FA/m=0,40, 19% FA/m=0,42 og 33% FA/m=0,44 (masseforhold beregnet med k=0,7 for all flygeaske). Suporøsiteten synes dermed i større grad å være styrt av masseforholdet enn av FA-innholdet.

5.5 Inntrengingsdybde av StoCryl HG 200

Bestemmelse av inntrengingsdybde av den hydrofoberende impregneringen ble utført ved splitting av kjerner i to halvdelar i lengderetningen. Bruddflatene ble påført vann med en pipette, fra indre deler og ut mot overflaten. Inntrengingsdybden ble målt som avstand fra overflaten til overgangen mellom sugende og ikke-sugende betong. Inntrengingsdybden ble målt i flere punkter langs bruddflaten, ca. hver 10 mm, og angitt som middelveidien for hver endeflate.

Alle enkeltresultater og foto av bruddflater etter påføring av vann utført før eksponering og etter 6 mnd og 1 års eksponering finnes i Statens vegvesen rapport nr. 421/1/. Enkeltresultater og foto fra prøving etter 2 og 5 års eksponering finnes i VEDLEGG 3.

Middelveidier for hvert prøveelement pr. prøvingstermin er gitt i Tabell 10 og fremstilt grafisk i FIGUR 15.

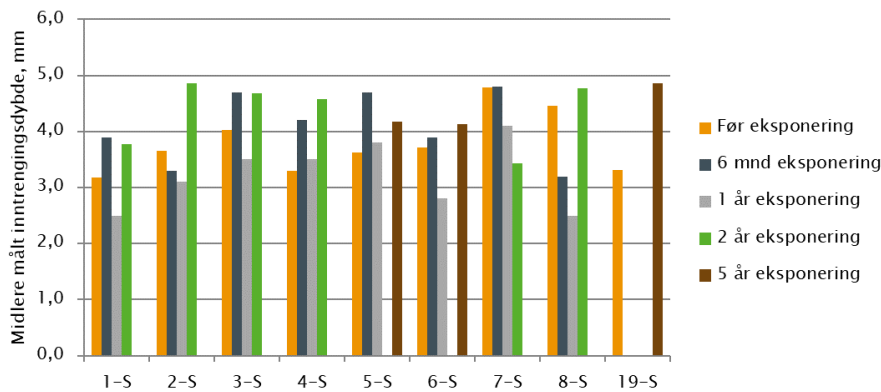
Tabell 10 Målte inntrengingsdybder av StoCryl HG 200, før eksponering og etter gitt periode eksponert i sjøvann

Eksponert ved alder, dg	Element mrk	Inntrengingsdybde, mm						
		0 mnd	6 mnd	1 år	2 år	5 år	Gj.snitt	stdav
6	1-S	3,2	3,9	2,5	3,8	-	3,3	0,6
	2-S	3,7	3,3	3,1	4,9	-	3,7	0,8
10	3-S	4,0	4,7	3,5	4,7	-	4,2	0,6
	4-S	3,3	4,2	3,5	4,6	-	3,9	0,6
10 *)	5-S sjø	3,6	4,7	3,8	-	4,2	4,1	0,5
	6-S sjø	3,7	3,9	2,8	-	4,1	3,6	0,6
17	7-S	4,8	4,8	4,1	3,4	-	4,3	0,7
	8-S	4,5	3,2	2,5	4,8	-	3,7	1,1
10	19-S s.e. **)	3,3	-	-	-	4,9	4,1	1,1
Gj.snitt		3,8					3,9	
stdav		0,5						0,7

*) små elementer direkte i sjø

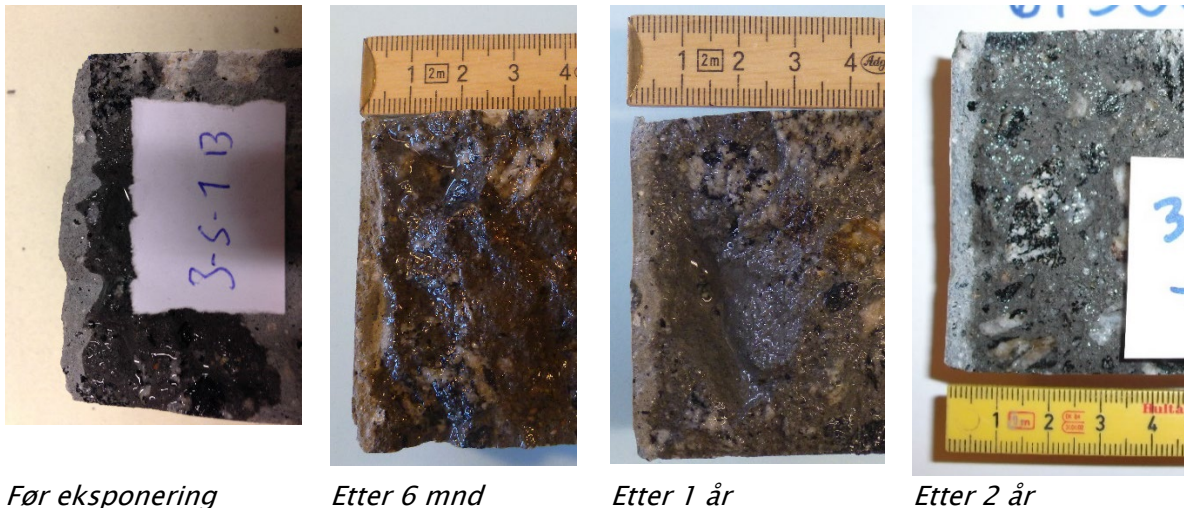
**) s.e. = stort element

Inntrengingsdybde av hydrofoberende impregnering



Figur 15 Inntrengingsdybde målt på utborede kjerner før og etter eksponering i sjøvann. Middelerverdier pr prøveelement

Eksempler på foto av inntrengingsdybden målt før eksponering og etter hhv. 6 mnd, 1 år og 2 års eksponering er vist for element 3-S i Figur 16.



Figur 16 Foto av inntrengingsdybde målt på utborede kjerner fra prøveelement 3-S, ved ulike terminer.

StoCryl HG 200 er påført alle elementer umiddelbart etter avforming, ved 3 døgns betongalder. Det er derfor ikke forventet systematiske forskjeller i inntrengingsdybde mellom de ulike elementer. Gjennomsnittlig inntrengingsdybde målt før eksponering er 3,8 mm, med et standardavvik på 0,5 mm. Gjennomsnittlig målt inntrengingsdybde over tid, pr. element, varierer fra 3,3 mm til 4,3 mm. Den samlede gjennomsnittsverdien for alle elementer og alle terminer er 3,9 mm med et standardavvik på 0,7 mm.

Resultatene viser at impregneringen er intakt etter både 2 og 5 års eksponering. Det er ingen tegn på systematisk reduksjon i inntrengingsdybde over tid. Det bemerkes at elementene har vært neddykket i sjøvann, i liten grad direkte eksponert for sol. Dette kan ha medvirket til at det i liten grad har skjedd en nedbrytning av impregneringen.

5.6 Naturlig kloridinntrenging fra sjøvann

5.6.1 Kloridprofiler

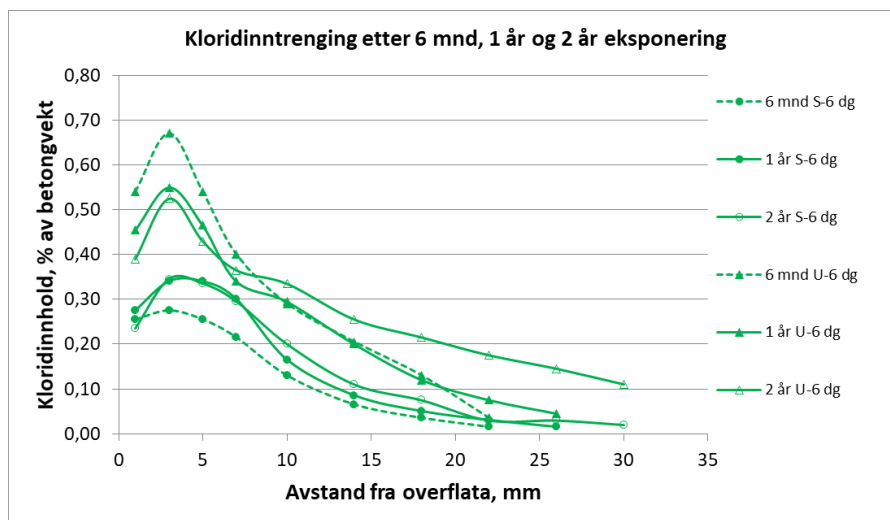
Fresing og kloridanalyser etter eksponering i 6 måneder og 1 år ble utført av NBTL med Cowi Danmark som underleverandør. Tilsvarende prøving etter 2 og 5 års eksponering ble utført ved Statens vegvesens Sentrallaboratorium i Oslo.

Betongstøv ble frest i følgende sjikt: 0–2, 2–4, 4–6, 6–8, 8–12, 12–16, 16–20, 20–24, 24–28 og 28–32 mm. Kloridanalyser er utført ved potensiometrisk titrering.

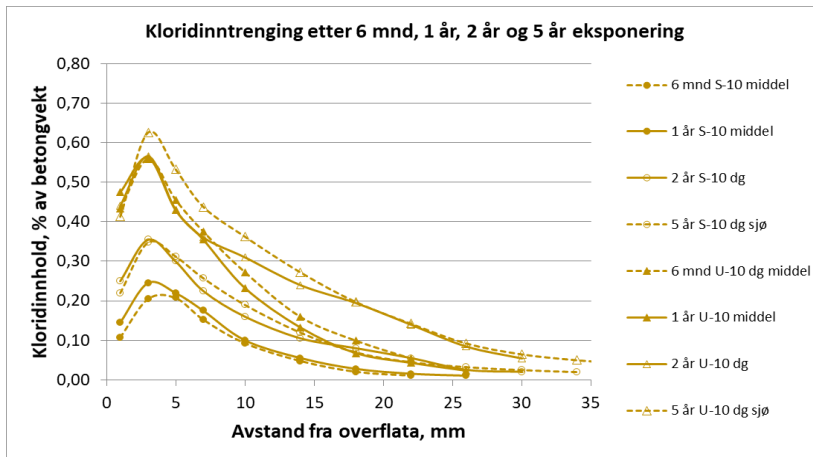
Alle resultater fra prøving etter 6 mnd og 1 år finnes i Statens vegvesens rapport nr. 421/1/. Alle enkeltresultater fra prøving etter 2 og 5 år finnes i VEDLEGG 4.

Kloridprofiler for små elementer, etter hhv. 6 mnd, 1 år, 2 år og 5 års eksponering, er vist i Figur 17–Figur 20. Kloridprofiler for stort element, etter 1 år, 2 år og 5 års eksponering, er vist i Figur 21. Kloridprofilene er i hovedsak basert på to parallelle prøvestykker, i enkelte tilfeller fire parallelle prøvestykker – se figurtekstene.

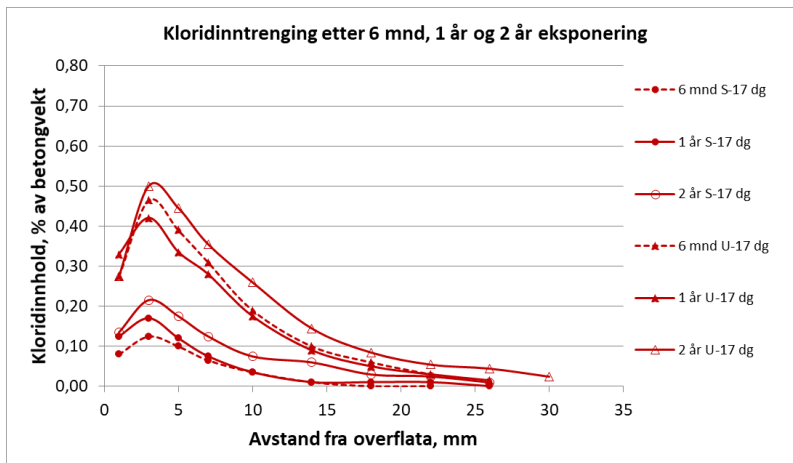
Alle enkeltprofiler og middelkurver pr. eksponeringsalder/–tid finnes i VEDLEGG 5.



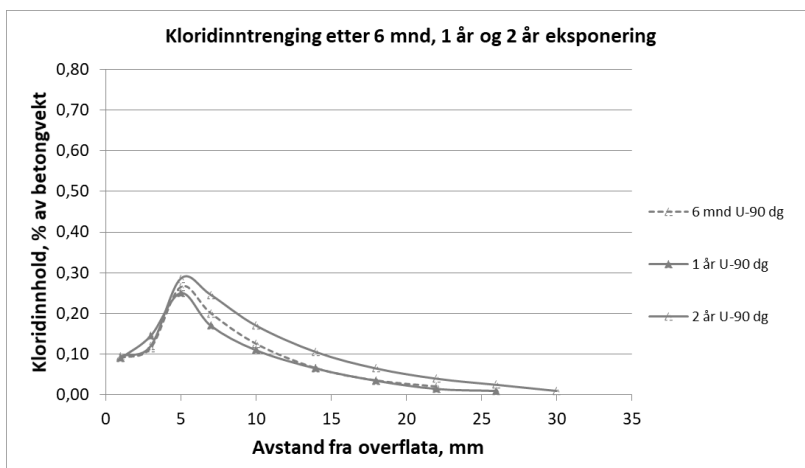
Figur 17 Kloridinntrenging i Stocryl-impregnerte (S) og ubehandlede (U) små elementer eksponert ved 6 døgnns alder – etter 6 mnd, 1 år og 2 år neddykket i sjøvann. Middelverdier av to profiler pr variant.



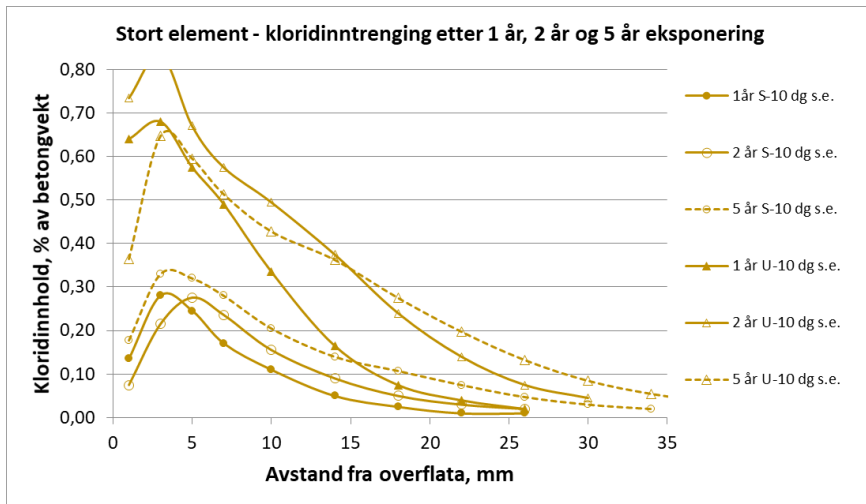
Figur 18 Kloridinntrenging i Stocryl-impregnerte (S) og ubehandlede (U) små elementer eksponert ved 10 døgnns alder – etter 6 mnd og 1 år (middelverdier av elementer i kar og elementer direkte i sjø, totalt fire profiler) og etter 2 år og 5 år (middelverdier av hhv. to og fire profiler).



Figur 19 Kloridinntrenging i Stocryl-impregnerte (S) og ubehandlede (U) små elementer eksponert ved 17 døgnns alder – etter 6 mnd, 1 år og 2 år neddykket i sjøvann. Middelerverdier av to profiler pr variant.



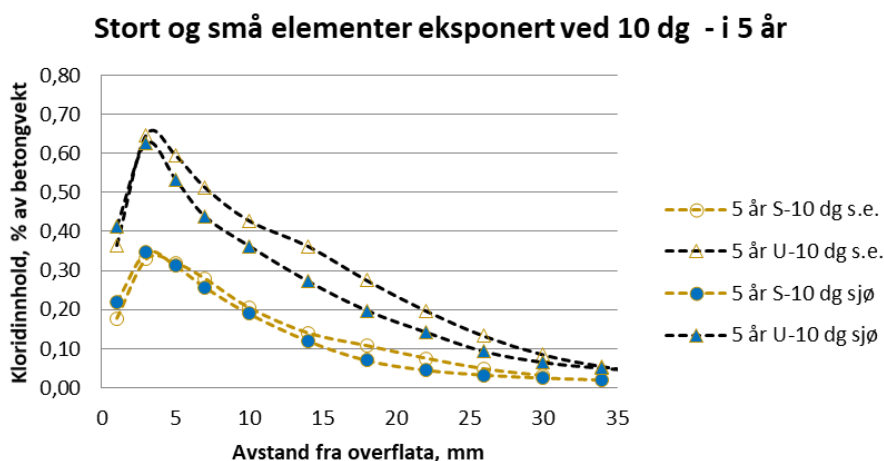
Figur 20 Kloridinntrenging i ubehandlede (U) små elementer eksponert ved 90 døgnns alder – etter 6 mnd, 1 år og 2 år neddykket i sjøvann. Middelerverdier av to profiler pr prøvingstermin.



Figur 21 Kloridinntrenging i Stocryl-impregnering (S) og ubehandlet (U) del av stort element (s.e.) eksponert ved 10 døgners alder – etter 13 mnd, 2 år og 5 år eksponering i sjøvann (delvis tidevannssone). Middelerverdier av to profiler pr variant etter 13 mnd og 2 år, middelerverdier av fire profiler pr variant etter 5 år.

Resultater etter 6 mnd og 1 års eksponering viser god overensstemmelse mellom kloridinntrenging i små plater i kar og små elementer direkte i sjø /1/, se også enkeltprofiler i VEDLEGG 5. For disse terminene er det derfor beregnet middelerverdier for alle fire platene i fremstillingen av resultatene. Ved 2-årsprøving er kun plater i kar undersøkt og ved 5-årsprøving kun plater i sjø.

Resultater etter 5 års eksponering viser videre god overensstemmelse mellom kloridinntrenging i det store elementet og de små elementene direkte eksponert i sjø (neddykket/tidevann), dog med noe høyere inntrenging i det store elementet enn i de små, se Figur 22.



Figur 22 Kloridinntrenging i stort (s.e.) og små element(er) etter 5 år, hhv. Stocryl-impregnering (S) og ubehandlet (U) (del av) elementer eksponert ved 10 døgners alder. Middelerverdier av fire profiler pr variant.

5.6.2 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 kloridinnholdet i ulike sjikt (middelverdi av to eller fire profiler pr eksponeringsalder) 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 0,01 %. Basert på total inntrengt mengde klorider i hhv impregnerte og ubehandlede prøvestykker er det beregnet en filtreringseffekt som følger:

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

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

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

Total mengde inntrengte klorider i ulike elementer og beregnet filtreringseffekt for ulike eksponeringsaldre etter 6 mnd og 1 år finnes i /1/. Tilsvarende verdier bestemt etter 2 og 5 års eksponering er vist i Tabell 11 og Tabell 12.

Tabell 11 Total inntrengt mengde klorider (g/m²) og filtreringseffekt etter 2 år eksponering, basert på middelverdier pr eksponeringsalder

2 år	Inntrengt mengde / Filtreringseffekt				
	6 dg	10 dg ^{*)}	17 dg	90dg	10 dg - stort elem
Impregnerte (S), g/m ²	91	86	42		62
Ubehandlede (U), g/m ²	185	170	122	65	248
Filtreringseffekt, %	51	50	66		75

*) Kun små elementer eksponert i kar med sjøvann

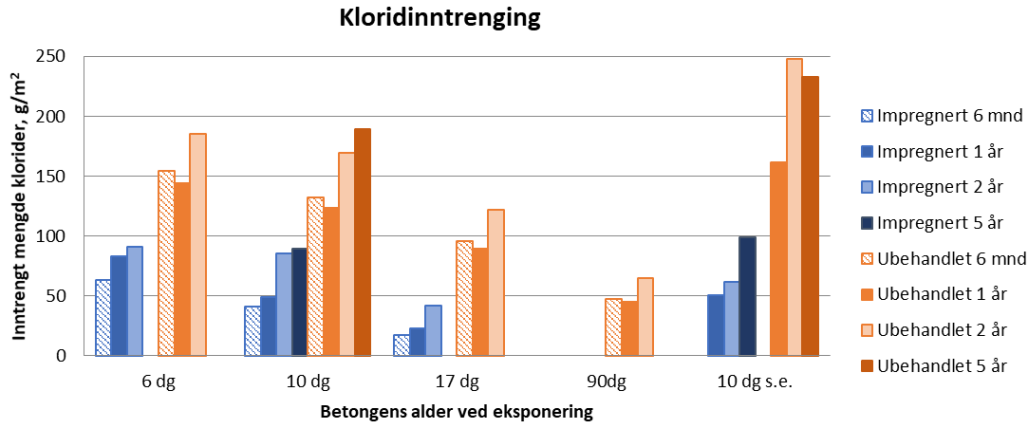
Tabell 12 Total inntrengt mengde klorider (g/m²) og filtreringseffekt etter 5 år eksponering, basert på middelverdier pr eksponeringsalder

5 år	Inntrengt mengde / Filtreringseffekt				
	6 dg	10 dg ^{*)}	17 dg	90dg	10 dg - stort elem
Impregnerte (S), g/m ²		89			99
Ubehandlede (U), g/m ²		189			233
Filtreringseffekt, %		53			57

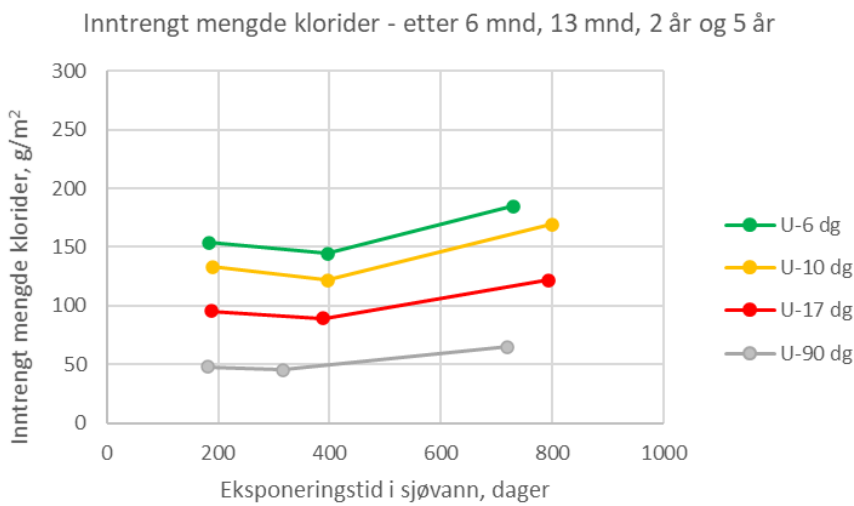
*) Kun små elementer eksponert direkte i sjø

Total mengde inntrengte klorider i ulike varianter av elementer ved ulike eksponeringstider fra 6 mnd til 5 år er vist grafisk i Figur 23. Total inntrengt mengde i ubehandlede elementer er vist i Figur 24.

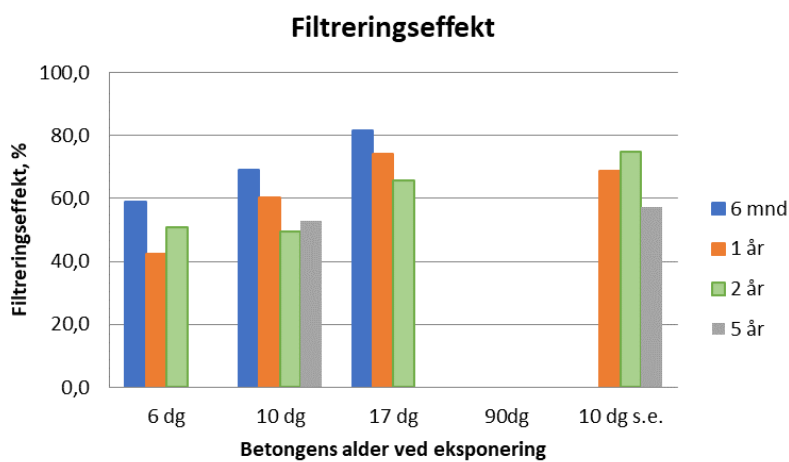
Filtreringseffekten av den hydrofobere impregneringen for ulike varianter av elementer ved ulike eksponeringstider fra 6 mnd til 5 år er vist i Figur 25.



Figur 23 Inntrengt mengde klorider i ulike varianter av elementer (middel av to eller fire prøvestykker) etter eksponering i 6 mnd, 1 år, 2 år og 5 år. «s.e.» = stort element.



Figur 24 Inntrengt mengde klorider i ubehandlede små elementer etter 6 mnd, 1 år og 2 års eksponering.



Figur 25 Filtreringseffekt for ulike varianter av elementer etter eksponering i 6 mnd, 1 år, 2 år og 5 år. «s.e.» = stort element.

Det er en entydig trend at kloridinnholdet i de ubehandlede små elementene avtar marginalt fra 6 mnd til 1 års eksponering, se FIGUR 23. Dette kan vanskelig forklares med annet enn en systematisk feil ved prøvepreparering/analyser. Øvrige resultater viser økende kloridinntrenging med økende eksponeringstid opp til 5 år og videre at kloridinntrengingen avtar med økende betongalder ved eksponering. Dette gjelder både impregnert og ubehandlet betong. FIGUR 24 viser denne situasjonen spesifikt for de ubehandlede små elementene opp til 2 års eksponering.

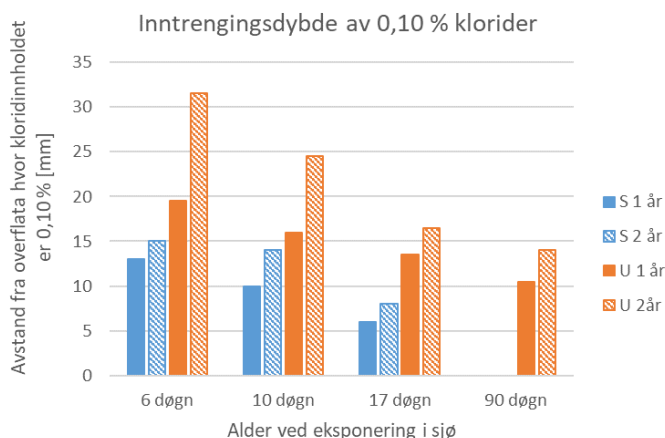
Den hydrofoberende impregneringen har en betydelig effekt på kloridinntrengingen, og effekten øker med økende polymeriserings-/herdetid før eksponering, se Figur 25. Dette er spesielt tydelig for de to første prøvingsterminene, hvor filtreringseffekten for de små elementene er hhv 60/70/80 % og 45/60/75 % for eksponeringsaldrene 6/10/17 dager. Dette viser samtidig at impregneringens filtreringseffekt avtar over det første året. Fra ett til fem år er det ikke registrert en systematisk reduksjon i filtreringseffekten og etter 2 og 5 år er filtreringseffekten for de små elementene hhv. 50/50/65 % og -/55/- % for eksponeringsaldrene 6/10/17 dager. Filtreringseffekten for det store elementet skiller seg noe fra de små elementene eksponert ved 10 døgn etter ett og to år, både i tallverdi og utvikling, men er i samme størrelsesorden etter 5 år, dvs. ca. 55 %.

5.6.3 Bestemmelse av inntrengingsdybde for 0,10 % klorider av betongvekt

Kloridinntrengingen kan også kvantifiseres etter hvor langt inn i betongen en antatt kritisk kloridverdi, f.eks. 0,10 % av betongvekt, har trengt. I Tabell 13 og FIGUR 26 er det vist en oversikt over hvilke dybder denne kloridverdien opptrer i for de ulike betongvarianter etter 1 år og 2 års eksponering. Verdiene i tabellen er bestemt ved visuell avlesning i FIGUR 17–FIGUR 20.

Tabell 13 Inntrengingsdybde av klorider (0,10 %) etter 1 år og 2 års eksponering

Små elementer eksponert ved	Avstand fra overflata hvor kloridinnholdet er 0,10 % av betongvekt, mm			
	1 år		2 år	
	Ubehandlet	Impregnert	Ubehandlet	Impregnert
6 døgns alder	19,5	13	31,5	15
10 døgns alder	16	10	24,5	14
17 døgns alder	13,5	6	16,5	8
90 døgns alder	10,5	-	14	-



Figur 26 Inntrengingsdybde av klorider (0,10 %) i Stocrylimpregnerte (S) og ubehandlede (U) elementer etter 1 år og 2 års eksponering.

Resultatene bekrefter trenden med økende kloridinntrenging over tid og avtagende kloridinntrenging med økende eksponeringsalder. Resultatene bekrefter også at impregneringen har en betydelig kloridbremsende effekt – etter 2 år er inntrengingsdybden av 0,10 % klorider i impregnert betong omtrent halvparten av inntrengingsdybden i ubehandlet betong. Det er videre verdt å merke at inntrengingsdybden av 0,10 % klorider i ubehandlet «90 døgns»-betong er omtrent halvparten av inntrengingsdybden i ubehandlet «6 døgns»-betong etter 2 år.

5.6.4 Beregning av kloriddiffusjonskoeffisienter

For hvert kloridprofil fra de ubehandlede elementene er det beregnet en kloriddiffusjonskoeffisient og en overflatekonsentrasjon basert på Fick's 2. lov for ren diffusjon:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{d}{dx} \left(D \frac{dC}{dx} \right)$$

Løsningen av ligningen kan uttrykkes på følgende måte:

$$C(x,t) = C_0 - (C_0 - C_i) \cdot \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{D \cdot t}} \right)$$

hvor: C_0 : Kloridkonsentrasjonen på betongoverflata, % av betongvekt
 C_i : Initielt kloridinnhold (bakgrunnsverdi), % av betongvekt
 x : Avstand fra betongoverflata, m
 t : eksponeringstiden, s
 D : kloriddiffusjonskoeffisienten, m^2/s
 erf : feilfunksjonen

Diffusjonskoeffisienten, D , og overflatekonsentrasjonen, C_0 , bestemmes ved å tilpasse ligningen til de målte kloridprofiler ved ikke-lineær regresjonsanalyse ved minste kvadratots metode [3]. Eksponeringstiden er beregnet nøyaktig for hvert element og framgår av Tabell 14.

Tabell 14 Nøyaktig eksponeringstid for ulike elementer ved ulike terminer

Element	Betongalder ved eksponering	Eksponert i sjøvann	Nøyaktig eksponeringstid (dager) ved ulike terminer			
			6 mnd	1 år	2 år	5 år
1-S 2-S	6 dg	5/12-13	180	400	804	-
3-S 4-S	10 dg	9/12-13	189	396	800	-
5-S*) 6-S*)	10 dg	9/12-13	189	396	-	1988
7-S 8-S	17 dg	16/12-13	187	389	793	-
9-U 10-U	6 dg	5/12-13	180	400	804	-
11-U 12-U	10 dg	9/12-13	189	396	800	-
13-U*) 14-U*)	10 dg	9/12-13	189	396	-	1988
15-U 16-U	17 dg	16/12-13	187	389	793	-
17-U 18-U	90 dg	27/2-14	181	316	720	-
19 (stort element)**)	10 dg	10/12-13	-	395	903	1987

*) Elementene ble først plassert på rist på sjøbunn (permanent neddykket), fra 1/9-15 i fylling i tidevannssonen

***) Elementet ble ved utsetting plassert i tidevannssonen, fra 1/9-2015 tilnærmet permanent neddykket.

Første punkt i profilene er utelatt i beregningene, for U-90-elementene er i tillegg det andre punktet utelatt. Sjøkt som inngår i beregningene, er merket med «ok» i tabellene i VEDLEGG 6. Bakgrunnsnivået for kloridinnhold er satt til 0,01 % (profiler analysert av Cowi) eller 0,02 % (profiler analysert av Sentrallab). Beregnede kloriddiffusjonskoeffisienter, enkeltresultater og gjennomsnittsverdier, er vist i Tabell 15.

Gjennomsnitts kloriddiffusjonskoeffisienter er fremstilt grafisk i Figur 27 og utvikling over tid i Figur 28. Gjennomsnittsverdier for overflatekonsentrasjon er fremstilt grafisk i Figur 29.

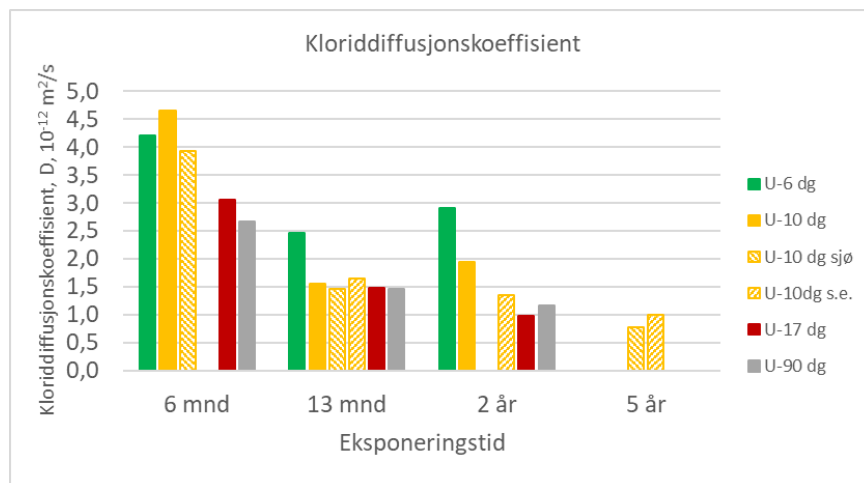
Tabell 15 Beregnede diffusjonskoeffisienter for de ulike elementer og eksponeringsaldre

Betongens alder ved eksponering, døgn	Element ident	Diffusjonskoeffisient ($10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$)							
		6 mnd		1 år		2 år		5 år	
		Enkelt-res	Gj.sn.	Enkelt-res	Gj.sn.	Enkelt-res	Gj.sn.	Enkelt-res	Gj.sn.
6	9-U	3,2		3,1		3,3			
	10-U	5,2	4,2	1,8	2,5	2,6	2,9		
10	11-U	3,5		1,7		1,7			
	12-U	5,8	4,7	1,4	1,6	2,1	1,9		
10	13-U ^{*)}	4,5		1,2		-		0,7	
	14-U ^{*)}	3,3	3,9	1,7	1,5	-	-	0,7	0,8
17	15-U	3,3		1,4		1,0		-	-
	16-U	2,9	3,1	1,6	1,5	1,0	1,0	-	-
90	17-U	2,6		1,4 ^{***)}		0,8		-	-
	18-U	2,8	2,7	1,6 ^{***)}	1,5 ^{***)}	1,5	1,2	-	-
10	19 ^{**)}	-	-	1,3		1,0		1,1	
	(stort element)			2,0	1,7	1,7	1,4	1,0	1,0

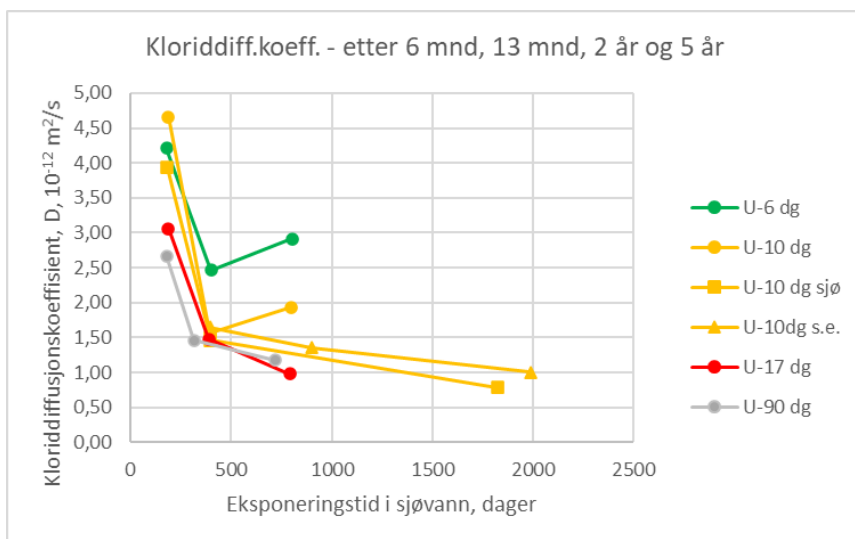
*) Elementene ble først plassert på rist på sjøbunn (permanent neddykket), fra 1/9–15 i fylling i tidevannssonen. Ved prøving etter 5 år er det usikkert hvilket element som er 13 og hvilket som er 14.

***) Elementet ble ved utsetting plassert i tidevannssonen, fra 1/9–2015 stått tilnærmet permanent neddykket

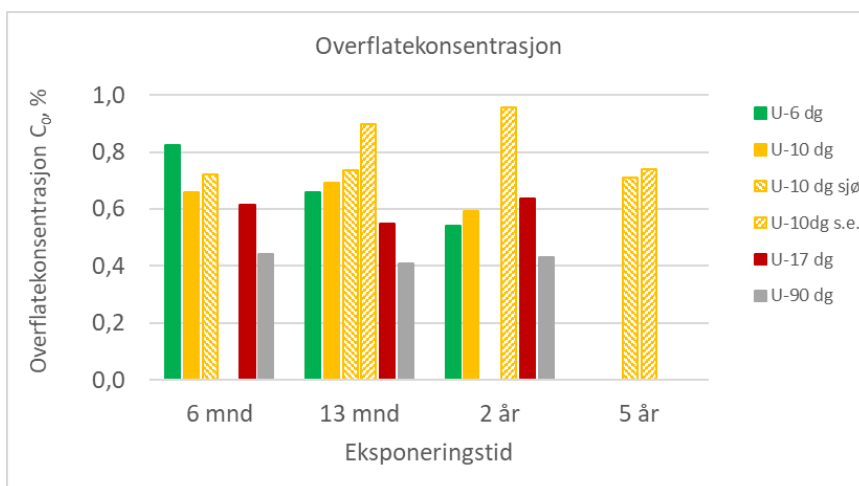
**) Elementet ble ved utsetting plassert i tidevannssonen, fra 1/9–2015 stått tilnærmet permanent neddykket



Figur 27 Beregnede kloriddiffusjonskoeffisienter for ulike eksponeringsaldre og prøvingssterminer.



Figur 28 Utvikling i kloriddiffusjonskoeffisienter for ulike eksponeringsvarianter.



Figur 29 Beregnede overflatekonsentrasjoner for ulike eksponeringsaldrer og prøvingsterminer.

Resultatene etter 6 mnd eksponering viser avtagende diffusjonskoeffisienter med økende eksponeringsalder over 10 døgn. Etter 1 års eksponering oppnås like diffusjonskoeffisienter for alle betonger med eksponeringsalder ≥ 10 døgn, mens betong eksponert ved 6 døgn alder fortsatt ligger høyere. Etter 2 års eksponering ligger kloriddiffusjonskoeffisienten for betong eksponert ved 6 døgn alder mye høyere (2,9) og for betong eksponert i kar ved 10 døgn alder noe høyere (1,9) enn kloriddiffusjonskoeffisienten for de øvrige betonger (1,0–1,4). Det bemerkes at formen på kloridprofilene for spesielt 6 døgn-betongen viser en utflating på relativt høyt nivå. Dette kan indikere at det har skjedd en viss sidevegs kloridinntrenging i kjernene, f.eks. fra elementenes sidekant, alternativt at kloridinntrengingen fra begge elementets sideflater har nådd senter av elementet (dybde 50 mm). Det bemerkes ellers at «U-10 dg sjø» og «U-10 dg stort element» er eksponert dels i tidevannssonen i perioden fra 1 til 5 år, hvilket kan ha medført en marginalt avvikende kloridtransportmekanisme enn for de permanent neddykkede elementene.

Beregnet overflatekonsentrasjon for de ulike eksponeringsaldre og terminer varierer noe, hovedsakelig mellom de ulike eksponeringsaldrene. Betong eksponert ved 17 døgns alder har lavere overflatekonsentrasjon enn betong eksponert ved 6 og 10 døgns alder og betong eksponert ved 90 døgns alder har den desidert laveste overflatekonsentrasjonen (stabil over 2 år på ca. 0,4 %).

5.6.5 Beregning av aldringsekspont

Kloriddiffusjonskoeffisienten D endres over tid, i ulik grad avhengig av spesielt bindemiddel-sammensetningen. For betonger med ren Portlandsement endres den lite, for betonger med flygeaske kan den endres mye. Utviklingen av D over tid kan uttrykkes som følger:

$$D(t) = D_0 \left(\frac{t_0}{t} \right)^\alpha$$

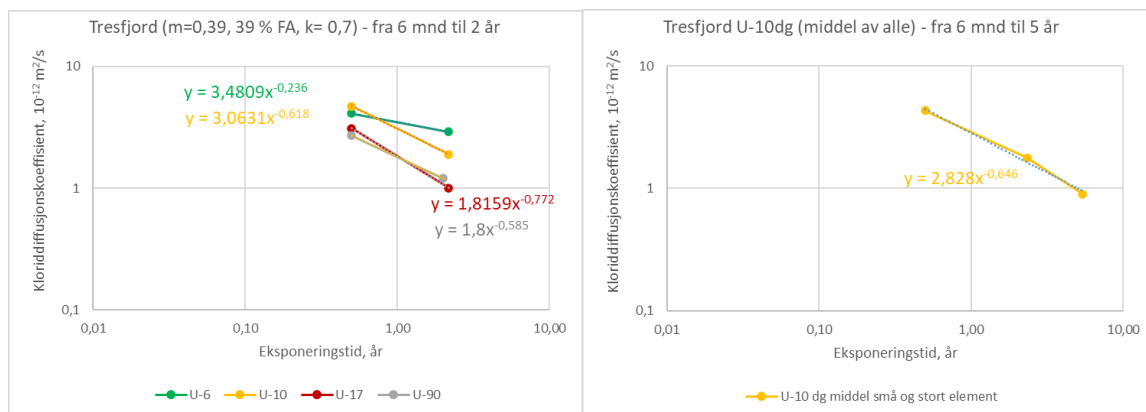
hvor α er en såkalt aldringsekspont.

Aldringseksponten uttrykker en «tetting» av betongen, både som følge av økt modenhet og som følge av kjemiske/fysiske endringer i overflatesjiktet ved saltvannseksponeringen (aldring). Det er antatt at hovedbidraget kommer fra betongens interaksjon med sjøvannet /4/.

Ved beregning av α må en ha bestemt D ved minst to, helst flere, eksponeringstidspunkt.

I vårt tilfelle er det beregnet diffusjonskoeffisienter ved tre til fire prøvingsterminer, se Figur 27. På grunn av at resultatene viser en reduksjon i kloridinntrenging fra 6 mnd til 1 år, se Figur 24, er det grunn til å anta at det er en systematisk feil med de beregnede verdier.

Feilen antas å hefte ved 1-årsprøvingen, og α er derfor beregnet, iht. /4/, basert på 6 mnd- og 2 årsresultatene – og for «10 døgns»-betongen også 5-årsresultater. Se Figur 30.



Figur 30 Utvikling av kloriddiffusjonskoeffisienten i log/log-skala, a) fra 6 mnd til 2 år og b) fra 6 mnd til 2 og 5 år. Trendlinjenes eksponent uttrykker alfa.

Trendlinjenes eksponent er de beregnede α -verdier, se Figur 30 og sammenstilling i Tabell 16. Dersom α er en materialverdi som er uavhengig av når betongen ble eksponert, så skulle alle verdier vært like. «6 døgns»-betongen skiller seg markant fra de øvrige med en veldig lav verdi (0,24), og dette kan ha sammenheng med mistanken om inntrenging av klorider fra sidekanten av elementene etter 2 års eksponering (se kommentar til Figur 27 i avsnitt 5.6.4).

De øvrige verdier varierer fra 0,59 til 0,77. Det er god sammenheng mellom de to α -verdiene beregnet for «10-døgns»-betongene, hhv. 0,62 (to eksponeringstidspunkt) og 0,65 (tre eksponeringstidspunkt).

Tabell 16 Beregnede α -verdier for de ulike eksponeringsaldre

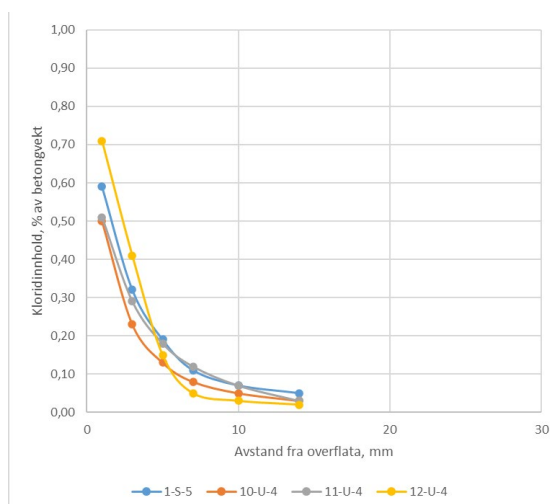
Betongens alder ved eksponering, døgn	α , basert på D beregnet etter	
	6 mnd og 2 år	6 mnd, 2 år og 5 år
6	0,24	
10	0,62	0,65
17	0,77	
90	0,59	

5.7 Akselerert kloridinntrenging

Akselerert prøving av kloridmotstand er utført på én prøveserie á 4 prøvestykker tildannet fra kjerner boret ut fra element 1-S, 10-U, 11-U og 12-U ved alder 2 år. Prøvingen er utført iht. NT Build 443, med neddykking i 16,5 % NaCl-løsning i 35 døgn.

Alle prøvestykker ble frest samme dag som de ble tatt opp av eksponeringsvæsken, i følgende sjikt: 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-12, 12-16, 16-20 mm.

Kloridinnholdet i alle sjikt ble bestemt ved potensiometrisk titrering. Resultatene er angitt i % av tørr betongvekt. Kloridprofiler for hvert prøvestykke er vist i Figur 31. Alle enkeltresultater finnes i VEDLEGG 7.



Figur 31 Kloridprofiler pr. prøvestykke, etter eksponering i 16,5 % NaCl i 35 døgn

For hvert kloridprofil er det beregnet en kloriddiffusjonskoeffisient og en overflatekonsentrasjon basert på Fick's 2. lov for ren diffusjon iht. formler og metode beskrevet i avsnitt 5.5.4. Bakgrunnsnivået for kloridinnhold er satt til 0,02 %.

I henhold til prosedyren skal første punkt i profilene utelates fra beregningene, og med denne forutsetningen blir kloriddiffusjonskoeffisienter og overflatekonsentrasjon som vist i Tabell 17.

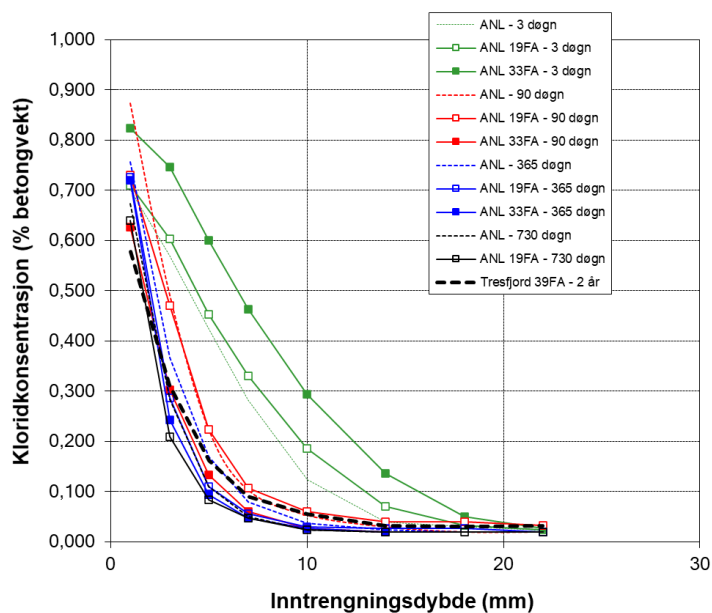
Tabell 17 Kloriddiffusjonskoeffisient og overflatekonsentrasjon bestemt iht. NT Build 443 ved 2 års alder

	1-S-5	10-U-4	11-U-4	12-U-4	Gj.sn.	stdav
D (10^{-12} m ² /s)	4,9	4,2	5,8	2,6	4,4	1,3
C ₀ (% av betongvekt)	0,52	0,39	0,45	0,83	0,55	0,20

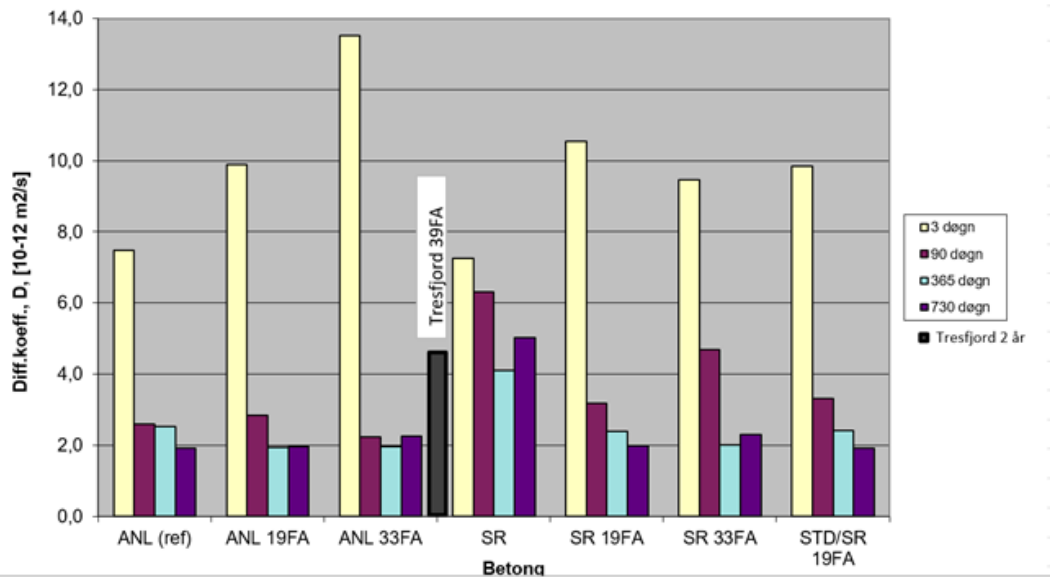
I denne prøveserien vil utelatelse av første punkt medføre at det blir få punkter med i beregningen, og det er derfor også gjort alternative beregninger hvor første punkt er inkludert. Gjennomsnittlig kloriddiffusjonskoeffisient reduseres da fra 4,4 til $3,3 \cdot 10^{-12}$ m²/s.

I Figur 32 er midlere kloridprofil for Tresfjord-betongen plottet sammen med profilene for laboratoriestøpte/-lagrede betonger med Anlegg-klinker og FA-innhold på hhv. 0, 19 og 33 % og alder ved «NT Build 443»-eksponering hhv. 3 døgn, 90 døgn, 1 og 2 år. I Figur 33 er beregnet kloriddiffusjonskoeffisient for de samme betongene, pluss betonger med SR-klinker og FA-innhold 0, 19 og 33 % sammenstilt.

Tresfjord-betongen kommer betydelig dårligere ut enn samtlige betonger, med unntak av betongen med ren SR-klinker (uten FA-tilsetning). Det må bemerkes at Tresfjord-betongen er støpt og herdet i felt, mens de øvrige betongene er støpt og herdet i laboratorium under kontrollerte forhold.



Figur 32 Midlere kloridprofil for prøveserien fra Tresfjord-betongen plottet sammen med midlere profiler for ulike betonger og eksponeringstidspunkt fra Anl FA-prosjektet/2/, etter eksponering i 16,5 % NaCl i 35 døgn



Figur 33 Klordiffusjonskoeffisienter bestemt iht. NT Build 443, for Tresfjord-betongen sammenstilt med resultater fra Anlegg FA-prosjektet (betonger med Anlegg-klinker og/eller SR-klinker og hhv. 0, 19 og 33 % FA-innhold) /2/.

6 Oppsummering

Kloridinntrengingen i silanimpregnert og ubehandlet betong er undersøkt etter 6 mnd og 1, 2 og 5 års eksponering i sjøvann. Resultatene kan oppsummeres som følger:

- Klordinntrengingen i både ubehandlet (U) og impregnert (S) betong avtar med økende alder på betongen (fra 6 døgn til 17(S)/90(U) døgn) ved start eksponering. Dette gjelder både målt som total mengde inntrengte klorider og som inntrengingsdybde av antatt kritisk kloridinnhold 0,1 % av betongvekt.
- Inntrengingsdybden av StoCryl HG 200 er målt til i gjennomsnitt 3,8 mm før eksponering i sjøvann. Inntrengingsdybden er ikke systematisk endret med årene og gjennomsnittlig målt inntrengingsdybde i perioden fra 6 mnd til 5 år er 3,9 mm.
- Den kloridbremsende effekten av StoCryl HG 200 er betydelig for alle undersøkte kombinasjoner. I tidlig fase (opptil 1 år) registreres økt filtreringseffekt med økende polymeriserings-/herdetid før eksponering. Fra 6 mnd til 2 år avtar filtreringseffekten noe, men fra 2 til 5 år er det ingen signifikant endring.
 - Etter 6 mnd er filtreringseffekten hhv. ca. 60, 70 og 80 % for 6 dg, 10 dg og 17 dg eksponeringsalder (hhv 3, 7 og 14 dg polymerisering før eksponering)
 - Etter 2 år er filtreringseffekten hhv. ca. 50, 50 og 65 % for 6 dg, 10 dg og 17 dg eksponeringsalder (hhv. 3, 7 og 14 dg polymerisering før eksponering).
 - Etter 5 år er filtreringseffekten ca. 55 % for betong med eksponeringsalder 10 døgn (7 dg polymerisering før eksponering)
 - Etter 2 år er inntrengingsdybden av 0,1 % klorider i impregnert betong omtrent halvparten av tilsvarende inntrengingsdybde i ubehandlet betong

- Beregnede kloriddiffusjonskoeffisienter (D) for ubehandlet betong viser etter 6 mnd eksponering en avtagende tendens med økende eksponeringsalder. Ved senere prøvingsterminer (1 og 2 år) er det, med unntak av «6 døgns»-betongen, små forskjeller mellom betonger med ulik eksponeringsalder.
 - «6 døgns»-betongen oppnår ikke samme reduksjon i D over tid som de øvrige variantene. Kloridinntrenging fra elementenes sidekant kan imidlertid ha bidratt til den høye diffusjonskoeffisienten bestemt etter 2 år
 - For «10 døgns»-betongen er D redusert fra ca. 4,5 til ca. $1 \cdot 10^{-12}$ m²/s fra 6 mnd til 5 år, hvilket gir en α -verdi på ca. 0,65.
 - Det er registrert avtagende kloridinntrenging fra 6 mnd til 1 år i de ubehandlede elementene. Dette er ikke mulig å forklare og må skyldes en systematisk feil i enten prøvetildanning (fresing) eller analyser, mest sannsynlig ved 1-årsprøvingen.
- Til tross for at D for de ulike «betongene» (eksponeringsaldrene) nærmer seg samme tallverdi etter 2 år, opprettholdes forskjellene i inntrengt mengde klorider og inntrengingsdybde av 0,1 % klorider. Etter 2 år er:
 - Inntrengt mengde klorider i «90 døgns»-betongen ca. 40 % av inntrengt mengde i «10 døgns»-betongen og ca. 55 % av inntrengt mengde i «17 døgns»-betongen
 - Inntrengingsdybden av 0,1 % klorider i «90 døgns»-betongen er ca. 60 % av tilsvarende inntrengingsdybde i «10 døgns»-betongen

Ulike typer egenskapsprøving utført på betongen etter 2 år kan oppsummeres som følger:

- Fasthetsutviklingen er lavere i feltbetongen enn resultatene fra fasthetsprøving av laboratorielagret betong fram til 90 døgns alder skulle tilsi. Målt sylindetrykkfasthet på 66 MPa etter 2 år tilfredsstiller imidlertid spesifisert fasthetsklasse B45 med klar margin.
- Spesifikk elektrisk motstand bestemt på kjerner boret ut etter 2 års eksponering er i underkant av 900 Ω m og ligger i et område som forventet.
- Sugporøsiteten er bestemt til i underkant av 10 %. Dette er lavt og indikerer en tett betong.
- Luftinnholdet er stabilt med et gjennomsnitt på 3,9 %. Dette er innenfor spesifisert krav til luftinnhold i fersk betong på $5 \pm 1,5$ %.
- Akselerert kloridinntrenging iht. NT Build 443 viser stor spredning mellom de fire prøvestykkene og en relativt høy midlere kloriddiffusjonskoeffisient på $4,4 \cdot 10^{-12}$ m²/s. Diffusjonskoeffisienten reduseres til $3,3 \cdot 10^{-12}$ m²/s dersom første punkt på kloridkurvene inkluderes i beregningene, men D ligger uansett høyere enn forventet i forhold til beregnede feltkoeffisienter etter 2 år. Resultatene underbygger antagelsen om at betongens modenhet er av mindre betydning for utviklingen av D over tid (uttrykt ved α) enn påvirkningen fra sjøvannet.

7 Konklusjon

Resultatene viser at tidlig overflatebehandling av betong med StoCryl HG 200 gir en meget god kloridbremsende effekt i tidlig alder. Den kloridbremsende effekten øker med økende polymeriseringstid for impregneringen (3, 7 og 14 døgn) og avtar med eksponeringstid (fra 6 mnd til 2 år).

Impregnering ved 3 døgn alder og etterfølgende 14 døgn polymerisering, den prosedyren som samsvarer best med utførelsen på Tresfjordbrua, gir en filtreringseffekt på ca. 65 % i løpet av to år.

Resultatene viser videre at kloridinntrengingen i den undersøkte betongen ($m=0,40$, 39 % flygeaske av bindemiddelmengden) avtar med økende alder ved eksponering (6, 10, 17 og 90 døgn). Etter 2 år er total inntrengt mengde klorider i «90 døgn»-betongen ca. 40 % av inntrengt mengde i «10 døgn»-betongen og kloridinntrengingsdybden i «90 døgn»-betongen ca. 60 % av inntrengingsdybden i «10 døgn»-betongen.

Kloriddiffusjonskoeffisienten reduseres med økende eksponeringstid. For ubehandlet betong eksponert ved 10 døgn alder er det beregnet en aldringssekspont, α , på ca. 0,65.

Kloriddiffusjonskoeffisienten bestemt ved akselerert laboratoriemetode viser stor spredning og en høyere gjennomsnittlig D enn forventet i forhold til feltkoeffisientene. Dette underbygger at betongens aldring (uttrykt ved α) i hovedsak skyldes «tetting» av betongen som følge av interaksjon med sjøvannet og at betongens modning er av sekundær betydning.

8 Videre arbeid

Pilotprosjektet og forsøkene ble igangsatt med bakgrunn i at tidligere prosjekter (referert til i /1/) hadde vist at betong med høyt innhold av flygeaske har dårligere motstand mot kloridinntrenging i tidlig alder enn betonger med ren Portlandsement. Det var videre usikkert hvordan dette ville virke inn på betongens langtidsbestandighet.

Utvikling av kloridmotstand over tid, for tidlig eksponert betong med ulike bindemidler, er et tema som undersøkes særskilt i andre Statens vegvesen-prosjekter. Foreløpige resultater /5/ tyder på at betonger med opptil 40 % flygeaske (av bindemiddelmengden) ikke har dårligere langtids kloridbestandighet enn betonger med 14–20 % flygeaske – og at det dermed ikke vil være behov for ekstra beskyttende tiltak ved høye flygeaskedoser.

Resultatene fra Tresfjord testprosjekt er imidlertid av generell interesse når det gjelder robusthet, bestandighet og effekt av hydrofoberende impregneringer. Erfaringene kan overføres til andre problemstillinger og har også relevans for eventuelle andre bindemiddelkombinasjoner, f.eks. nye sementerstatningsmaterialer.

I tillegg er den ubehandlede Tresfjord-betongens utvikling av kloridmotstand over tid relevant input til pågående diskusjoner knyttet til aldringsprosessen for klorideksponert betong med ulike bindemidler.

Det store elementet står fortsatt plassert i sjøen og er planlagt fulgt opp videre for å se på silanimpregnerings og betongens langtidsbestandighet.

9 Referanser

- 1 Rodum, E.: «Tidlig overflatebehandling av lavvarmebetong. Etatsprogrammet Varige konstruksjoner 2012-2015», Statens vegvesen rapport nr. 421, 2015
- 2 Bjøntegaard, Ø. og Rodum, E.: «Effekt av flygeaske på betongegenskaper. Laboratorieforsøk på betong i tidlig og moden alder», Statens vegvesen rapport nr. 275, 2014
- 3 Smeplass, S.: Excel regneark «Kloriddiffusjon (mm)», ©2012-01-09 ss
- 4 Helland, S.: «Procedure for determination of the aging agent», Memo 2021-11-24
- 5 Rodum, E. og Bjøntegaard, Ø.: «Aldringskoeffisienter basert på klorideksponering i sjøvann i 1, 2,5 og 5,5 år (SVV)», notat 2022-02-09

VEDLEGG 1

Produktdatablad StoCryl HG 200

Teknisk faktablad

StoCryl HG 200

Impregnering, hydrofoberende, gel



Karakteristikk

Anvendelse	<ul style="list-style-type: none"> som hydrofoberende dypimpregnering for beskyttelse av bærende betongkonstruksjoner som preventiv beskyttelse mot kloridkorrosjon
Egenskaper	<ul style="list-style-type: none"> forhindrer inntrengning av vann og skadelige vannopløste stoffer meget høy inntrengningsdybde meget høy hydrofoberende effekt på hele betongkanten regulerer fuktinnholdet øker den elektriske motstanden meget høy andel av virksomme stoffer meget lang kontaktid meget gode påføringsegenskaper
Utseende	<ul style="list-style-type: none"> transparent
Henvisninger	<ul style="list-style-type: none"> produktet oppfyller vilkårene iht. 1504-2 produktet oppfyller svenske Trafikverkets krav iht. TRVK Bro og VRVAMA Anläggning 10 rev 1

Tekniske data

Kriterium	Norm	Verdi/enhet	Kommentar
Densitet (23 °C)	EN ISO 2811-1	ca. 0,9 kg/l	
Virksomt silaninnhold		90 %	

Alle verdier er gjennomsnittsverdier som granskes og kontrolleres fortløpende. Siden vi bruker naturlige råvarer i produktene våre, kan verdiene avvike i enkelte leveranser. Dette påvirker imidlertid ikke produktenes egenskaper.

Underlag

Krav/klargjøring	Underlaget må klargjøres slik at det dannes en fast og bærekraftig overflate. Underlaget må også være fritt for korrosjon, forurensninger og andre separerende substanser. Fjern også støvresten og alt frittliggende vann.
-------------------------	---

Påføring

Påføringstemperatur	Laveste påførings- og underlagstemperatur: 5 °C Høyeste påførings- og underlagstemperatur: 30 °C Relativ luftfuktighet < 80 %
Klargjøring av materialet	Materialet er bruksklart etter omrøring.
Forbruk	Ca. 0,25–1,0 l/m ² per påføring Forbruket avhenger av eksisterende underlag og påføringsmetode.
Oppbygging	1. Klargjøring av underlaget 2. Hydrofobering StoCryl HG 200
Påføring	1. Klargjøring av underlaget 2. Hydrofobering StoCryl HG 200 StoCryl HG 200 påføres uførtynnet med airless-sprøyte på betongen i ønsket sjiktkykkelse. Still inn trykket for lavest mulig tåkedannelse. Forbruk: 0,25–1,0 l/m ²

Teknisk faktablad

StoCryl HG 200

Tørking, herding, overbearbeidingstid	12–96 timer avhengig av påført mengde, porøsitet i betongen og relativ luftfuktighet. Beskytt den hydrofoberende overflaten mot vann og regn i ca. 24 timer etter påføring.
Beskyttelsestiltak	Pass på at produktet ikke spres til kjøreflater via sprøytetåken ved påføring med airless-sprøyte. Bare en tynn hinne kan redusere veigrepet betydelig. Pass også på at det ikke kommer sprøytetåke på kjøretøyer. Først og fremst kan forurensning på frontruten forringe sikten.
Rengjøring av verktøy	Rengjør verktøyet umiddelbart med StoDivers EV 100.
Leveranse	
Farge	Transparent
Forpakning	Spann 20 l
Lagring	
Lagringsforhold	Tørt og frostfritt. Unngå direkte sollys.
Lagringstid	Best før: Se forpakning.
Øvrig	
Produktgruppe	Hydrofobering
Sikkerhet	Produktet er merkepliktig. Sikkerhetsdatablad finnes på www.stonorge.no Observer informasjonen angående produkthåndtering, lagring og avfallshåndtering.
Særskilte opplysninger	
CE-merking	StoCryl HG 200 er CE-merket / tilfredsstillende EU-krav iht. EN 1504-2
	Bruk som ikke er nevnt uttrykkelig i dette tekniske faktablad, må ikke gjennomføres uten samråd med Sto Norge AS. Formålet med informasjonen er å sikre normal bruk. Ved offentliggjøring av et nytt teknisk faktablad, mister alle tidligere versjoner sin gyldighet.

Sto Norge AS

Postadresse:

Waldemar Thranes gate 98A

0175 Oslo

Besøksadresse:

Waldemar Thranes gate 98B

0175 Oslo

Telefon 66 81 35 00

Telefaks 66 81 35 01

info.no@sto.comwww.stonorge.no

VEDLEGG 2

Kapillær vannmetningsgrad, porøsitet og densitet

Kapillær vannmetningsgrad og porøsitet:

Kjerner fra element 2-S og 9-U.



Statens vegvesen

Region Øst
Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.426 Kapillær vannmetningsgrad og porøsitet, utvidet PF		Side 1 av 2
Oppdragsnr. 6130011-24 / 25	Utført dato 07.06-11.07.2016	Signatur Benteg

Prosjekt: Tresfjordbrua

Prøve er merket: 24/2-S-5, 25/9-U-4

Prøvens alder: _____

Start forsøk: dato: 07.06.2016 tid (tt:mm): 14:05

Dato	Kl.	Vekt (g) etter:	Prøvestykket merket						
			24A	24B	24C	25A	25B	25C	
07.06.16	14:05	Utpakking/Splitting - g_0	412,15	357,58	268,7	368,1	331,25	235,95	
14.06.16	13:57	1 uke vannsug - g_6	413,58	358,96	269,46	369,08	332,12	237,54	
22.06.16	12:45	1 uke tørking (105 °C) - g_1	396,65	344,87	258,5	353,52	317,95	225,55	
29.06.16	12:50	1 uke vannsug	i luft - g_2	413,36	359,18	268,91	368,03	331,34	236,34
29.06.16	12:55		i vann - g_3	239,19	209,62	157,14	218,81	195,94	138,22
01.07.16	13:49	Trykkmetting i 2 døgn (luft) - g_4	423,81	366,67	274,99	372,89	335,93	239,40	
11.07.16	12:05	1 uke tørking (105 °C) - g_7	397,01	344,73	258,56	353,23	317,59	225,33	
Mål	sidekant a / diameter d (mm)								
	sidekant b (mm)								
	høyde (mm)								
For utregninger, se formler på side 2									
Prøvestykkets volum - V (cm ³)			174,2	149,6	111,8	149,2	135,4	98,1	
Tørrdensitet - ρ_t (kg/m ³)			2277,4	2305,9	2312,8	2369,1	2348,2	2298,7	
Densitet faststoff - ρ_s (kg/m ³)			2698	2699	2713	2723	2708	2677	
Sugmettet densitet ρ_s (kg/m ³)			2373,3	2401,6	2405,9	2466,4	2447,1	2408,7	
Sugporøsitet - p_s (%)			9,59 %	9,57 %	9,31 %	9,72 %	9,89 %	11,00 %	
Makroporøsitet - p_m (%)			6,0 %	5,0 %	5,4 %	3,3 %	3,4 %	3,1 %	
Totalporøsitet - p_t (%)			15,6 %	14,6 %	14,8 %	13,0 %	13,3 %	14,1 %	
PF-verdi			38,5 %	34,4 %	36,9 %	25,1 %	25,5 %	22,1 %	
Kapillær vannmetningsgrad - DCS			91,6 %	90,2 %	93,1 %	93,7 %	93,9 %	86,7 %	
Total vannmetningsgrad - DS			57,1 %	58,3 %	61,9 %	75,3 %	74,0 %	75,1 %	

Porøsitet:

Skiver fra kjerner fra element 1-S, 10-U, 11-U og 12-U (rest etter tidanning for NT Build 443).



Statens vegvesen

Region 1
Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet
 Arbeidsskjema for laboratorieansatte

210.426 Kapillær vannmetningsgrad og porøsitet, utvidet PF

Side 1 av 2

Oppdragsnr. 6130011-23 / 26 / 27 / 28

Utført dato 22.06-01.07.2016

Signatur Benteg

Prosjekt: TresfjordbruaPrøve er merket: **23B**/1-S-5, **26B**/10-U-4, **27B**/11-U-4, **28B**/12-U-4

Prøvens alder: _____

Start forsøk: dato: 22.06.2016

tid (tt:mm): 12:55

Dato	Kl.	Vekt (g) etter:	Prøvestykket merket							
			23B	26B	27B	28B				
22.06.16	12:00	Utpakking/Splitting - g₀	411,01	398,84	401,79	409,70				
		1 uke vannsug - g₆								
22.06.16	12:55	1 uke tørking (105 °C) - g₁	396,50	383,11	385,95	394,25				
29.06.16	13:16	1 uke vannsug	i luft - g₂	412,48	398,53	401,88	409,66			
29.06.16	13:47		i vann - g₃	243,08	234,81	236,98	242,42			
01.07.16	13:47	Trykkmetting i 2 døgn (luft) - g₄	420,58	404,02	408,07	415,52				
		1 uke tørking (105 °C) - g₇								
Mål		sidekant a / diameter d (mm)	74,3	74,4	74,4	74,4				
		sidekant b (mm)	38,9	38,3	38,2	38,9				
		høyde (mm)								
For utregninger, se formel på side 2										
Prøvestykkets volum - V (cm ³)			169,4	163,7	164,9	167,2				
Tørrdensitet - ρ _t (kg/m ³)			2340,6	2340,0	2340,5	2357,4				
Densitet faststoff - ρ _f (kg/m ³)			2728	2683	2703	2701				
Sugmettet densitet ρ _s (kg/m ³)			2434,9	2434,2	2437,1	2449,5				
Sugporøsitet - p _s (%)			9,43 %	9,42 %	9,66 %	9,21 %				
Makroporøsitet - p _m (%)			4,8 %	3,4 %	3,8 %	3,5 %				
Totalporøsitet - p _t (%)			14,2 %	12,8 %	13,4 %	12,7 %				
PF-verdi										
Kapillær vannmetningsgrad - DCS			-3,7 %	-4,1 %	-4,1 %	-3,9 %				
Total vannmetningsgrad - DS			60,3 %	75,2 %	71,6 %	72,6 %				

Skiver fra kjerner fra element 10-U, 12-U,16-U og 18-U (rest etter fresing).



Statens vegvesen

Region Øst
Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.426 Kapillær vannmetningsgrad og porøsitet, utvidet PF		Side 1 av 2
Oppdragsnr. 6130011-16 / 18 / 20 / 22	Utført dato 22.06-01.07.2016	Signatur Benteg

Prosjekt: Tresfjordbrua

Prøve er merket: 16/10-U-3, 18/12-U-3, 20/16-U-3, 22/18-U-3

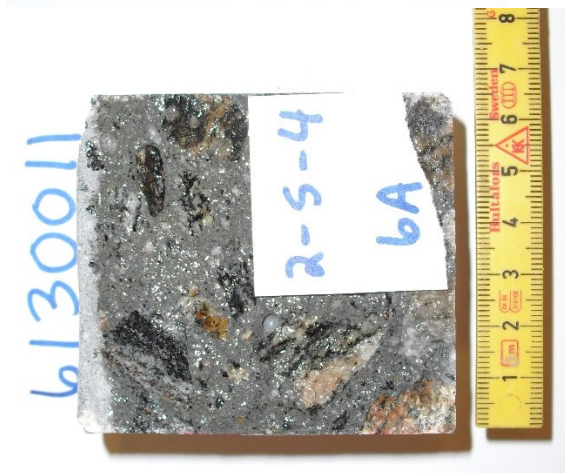
Prøvens alder: _____

Start forsøk: dato: 22.06.2016 tid (tt:mm): 12:52 Merknad:A-med støpehud

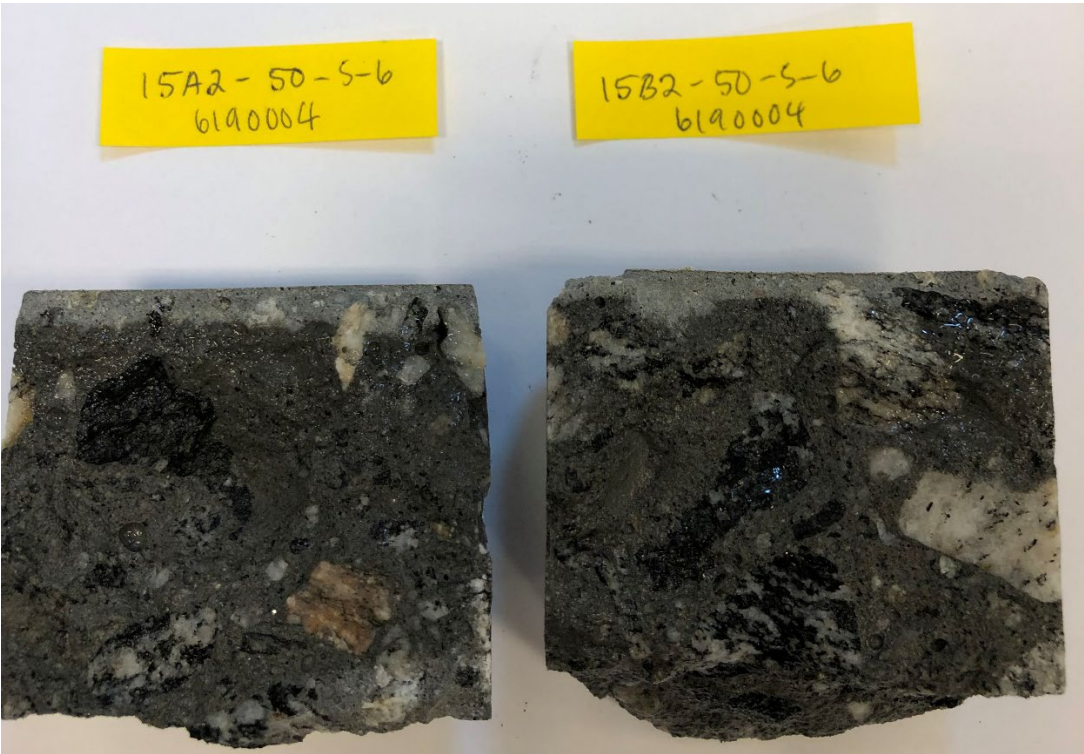
Dato	Kl.	Vekt (g) etter:	Prøvestykket merket								
			16A	16B	18A	18B	20A	20B	22A	22B	
22.06.16	12:00	Utpakking/Splitting - g_0	272,3	245,59	270,79	248,94	247,12	261,00	240,74	268,63	
		1 uke vannsug - g_6									
22.06.16	12:52	1 uke tørking (105 °C) - g_1	261,73	236,75	260,55	240,20	236,34	251,75	231,39	260,26	
29.06.16	13:08	1 uke vannsug	i luft - g_2	272,10	245,92	270,96	249,39	247,57	261,96	241,46	269,78
29.06.16	13:45		i vann - g_3	161,32	146,48	161,21	147,93	143,80	154,32	142,13	162,28
01.07.16	13:45	Trykkmetting i 2 døgn (luft) - g_4	275,75	249,36	274,62	252,70	252,03	265,89	245,27	273,63	
		1 uke tørking (105 °C) - g_7									
Mål		sidekant a / diameter d (mm)	63,8	63,8	63,8	63,8	63,8	63,8	63,8	63,8	
		sidekant b (mm)	35,4	31,6	43,8	32,1	33,2	34,3	31,6	34,2	
		høyde (mm)									
For utregninger, se formler på side 2											
Prøvestykkets volum - V (cm ³)			110,8	99,4	109,8	101,5	103,8	107,6	99,3	107,5	
Tørrdensitet - ρ_t (kg/m ³)			2362,6	2380,8	2374,0	2367,4	2277,5	2338,8	2329,5	2421,0	
Densitet faststoff - ρ_s (kg/m ³)			2705	2727	2723	2700	2683	2693	2708	2765	
Sugmettet densitet ρ_s (kg/m ³)			2456,2	2473,0	2468,9	2458,0	2385,8	2433,7	2430,9	2509,6	
Sugporøsitet - p_s (%)			9,36 %	9,22 %	9,49 %	9,06 %	10,82 %	9,49 %	10,14 %	8,86 %	
Makroporøsitet - p_m (%)			3,3 %	3,5 %	3,3 %	3,3 %	4,3 %	3,7 %	3,8 %	3,6 %	
Totalporøsitet - p_t (%)			12,7 %	12,7 %	12,8 %	12,3 %	15,1 %	13,1 %	14,0 %	12,4 %	
PF-verdi											
Kapillær vannmetningsgrad - DCS			-4,0 %	-3,7 %	-3,9 %	-3,6 %	-4,6 %	-3,7 %	-4,0 %	-3,2 %	
Total vannmetningsgrad - DS			75,4 %	70,1 %	72,8 %	69,9 %	68,7 %	65,4 %	67,4 %	62,6 %	

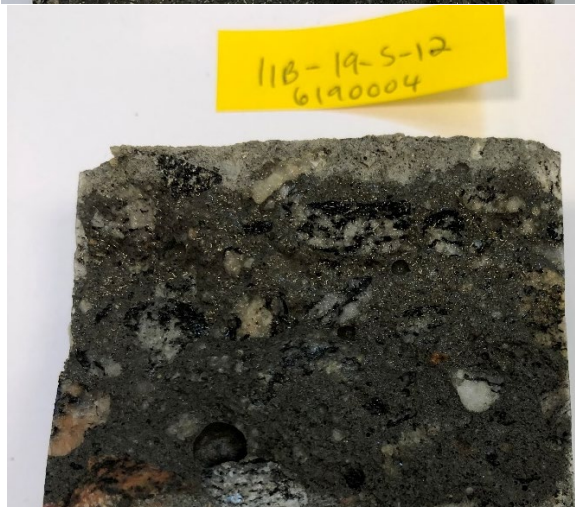
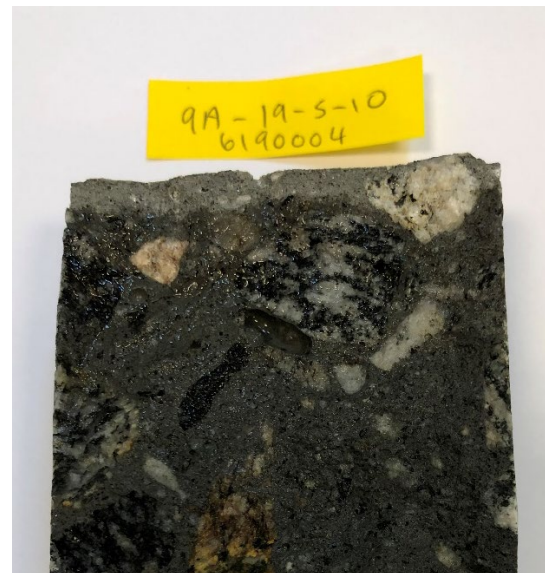
VEDLEGG 3

Inntrengingsdybde av StoCryl HG 200 - enkeltresultater og
foto – etter 2 og 5 år









VEDLEGG 4

Kloridresultater – etter 2 og 5 år

Etter 2 års eksponering:

	Sjikt	0-2 mm	2-4 mm	4-6 mm	6-8 mm	8-12 mm	12-16 mm	16-20 mm	20-24 mm	24-28 mm	28-32 mm	32-36 mm	36-40 mm
	Kjerne	1	3	5	7	10	14	18	22	26	30	34	38
S-6dg	1-S-4	0,28	0,39	0,35	0,28	0,19	0,11	0,07	0,04	0,03	0,02		
	2-S-4	0,19	0,30	0,32	0,31	0,21	0,11	0,08	0,02	0,03	0,02		
S-10dg	3-S-5	0,25	0,37	0,32	0,22	0,15	0,10	0,08	0,04	0,02	0,02		
	4-S-5	0,25	0,34	0,28	0,23	0,17	0,11	0,08	0,07	0,03	0,02		
S-17dg	7-S-5	0,15	0,21	0,16	0,12	0,07	0,07	0,03	0,03	0,01			
	8-S-5	0,12	0,22	0,19	0,13	0,08	0,05	0,03	0,02				
U-6dg	9-U-3	0,41	0,54	0,46	0,4	0,38	0,24	0,22	0,21	0,18	0,22		
	10-U-3	0,37	0,51	0,4	0,33	0,29	0,27	0,21	0,14	0,11	0,11		
U-10dg	11-U-3	0,41	0,61	0,50	0,41	0,32	0,26	0,21	0,14	0,08	0,05		
	12-U-3	0,47	0,52	0,36	0,31	0,30	0,22	0,18	0,14	0,09	0,06		
U-17dg	15-U-3	0,29	0,43	0,38	0,30	0,23	0,13	0,08	0,05	0,05	0,02		
	16-U-3	0,26	0,57	0,51	0,41	0,29	0,16	0,09	0,06	0,04	0,03		
U-90dg	17-U-3	0,10	0,14	0,34	0,29	0,20	0,10	0,06	0,04	0,02	0,00		
	18-U-3	0,09	0,10	0,23	0,20	0,14	0,11	0,07	0,04	0,03	0,02		
S-10dg s.e.	19-S-6	0,08	0,21	0,27	0,22	0,13	0,07	0,03	0,02				
	19-S-7	0,07	0,22	0,28	0,25	0,18	0,11	0,07	0,04	0,02			
U-10dg s.e.	19-U-3	0,71	0,75	0,57	0,43	0,35	0,28	0,17	0,1	0,06	0,04		
	19-U-4	0,76	0,92	0,77	0,72	0,64	0,47	0,31	0,18	0,09	0,05		

S = silanimpregnert

U = ubehandlet

X dg = x døgn betongalder ved start eksponering i sjøvann

s.e. = stort element

Etter 5 års eksponering:

	Sjikt	0-2 mm	2-4 mm	4-6 mm	6-8 mm	8-12 mm	12-16 mm	16-20 mm	20-24 mm	24-28 mm	28-32 mm	32-36 mm	36-40 mm
	Kjerne	1	3	5	7	10	14	18	22	26	30	34	38
S-10dg	50-S-5a	0,21	0,34	0,30	0,23	0,18	0,12	0,07	0,04	0,03			
	50-S-5b	0,22	0,39	0,33	0,28	0,19	0,12	0,07	0,04	0,03			
	60-S-5a	0,19	0,30	0,27	0,20	0,15	0,12	0,07	0,05	0,03	0,02		
	60-S-5b	0,26	0,36	0,35	0,32	0,24	0,12	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02	
U-10dg	130-U-3 a	0,44	0,64	0,54	0,48	0,46	0,28	0,17	0,11	0,08	0,07	0,06	0,04
	130-U-3 b	0,36	0,63	0,55	0,42	0,34	0,29	0,19	0,14	0,10	0,07	0,05	0,03
	140-U-3 a	0,52	0,67	0,58	0,48	0,33	0,21	0,14	0,10	0,06	0,04	0,03	
	140-U-3 b	0,33	0,56	0,46	0,37	0,32	0,31	0,29	0,22	0,13	0,08	0,06	0,05
S-10dg s.e.	19-S-8	0,18	0,35	0,35	0,31	0,22	0,13	0,10	0,07	0,04	0,02		
	19-S-9	0,18	0,32	0,26	0,23	0,17	0,13	0,11	0,08	0,06	0,04	0,02	
	19-S-11	0,11	0,27	0,28	0,24	0,18	0,12	0,09	0,06	0,03			
	19-S-13	0,24	0,38	0,39	0,34	0,25	0,18	0,13	0,09	0,06	0,03		
U-10dg s.e.	19-U-5	0,32	0,69	0,64	0,51	0,43	0,36	0,29	0,24	0,17	0,09	0,07	0,04
	19-U-6	0,28	0,57	0,57	0,48	0,40	0,34	0,26	0,18	0,12	0,09	0,05	0,04
	19-U-7	0,42	0,61	0,53	0,49	0,42	0,37	0,28	0,18	0,11	0,08	0,05	0,02
	19-U-8	0,44	0,72	0,64	0,57	0,46	0,38	0,27	0,19	0,13	0,08	0,05	0,04

S = silanimpregnert

U = ubehandlet

X dg = x døgn betongalder ved start eksponering i sjøvann

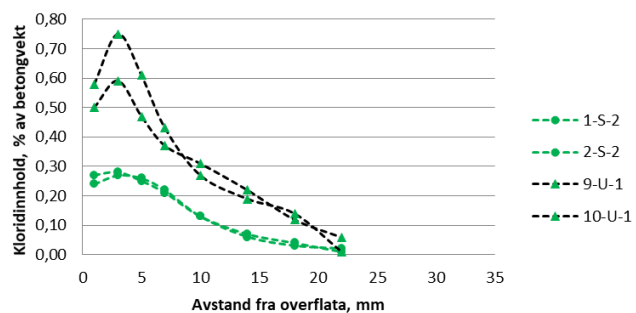
s.e. = stort element

VEDLEGG 5

Kloridprofiler – alle enkeltresultater, alle terminer

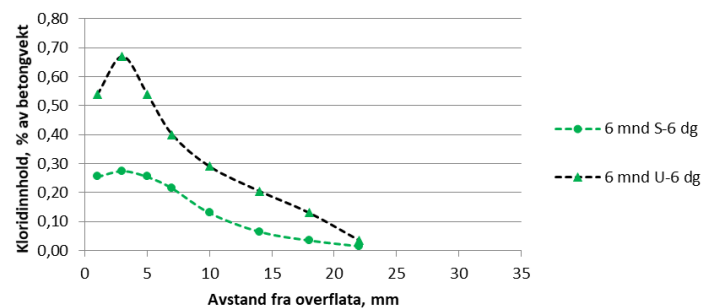
ENKELTPROFILER

Små elementer eksponert ved 6 dg - i 6 mnd

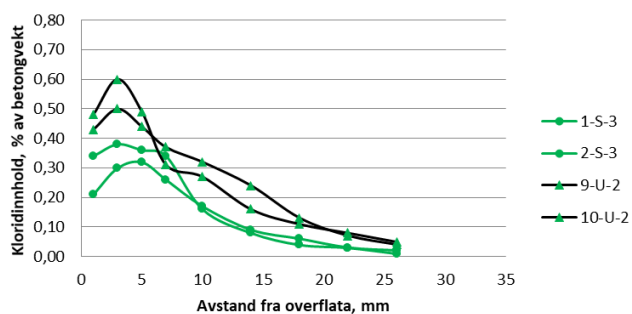


MIDDELPROFILER

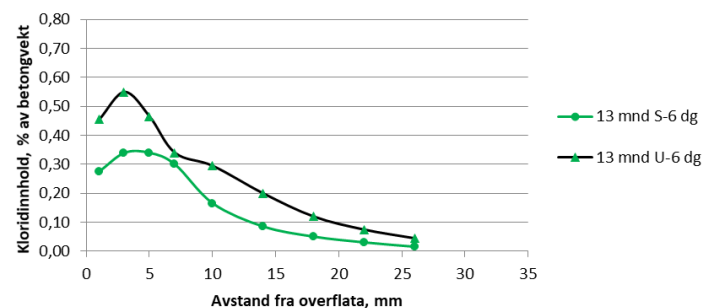
Små elementer eksponert ved 6 dg - i 6 mnd



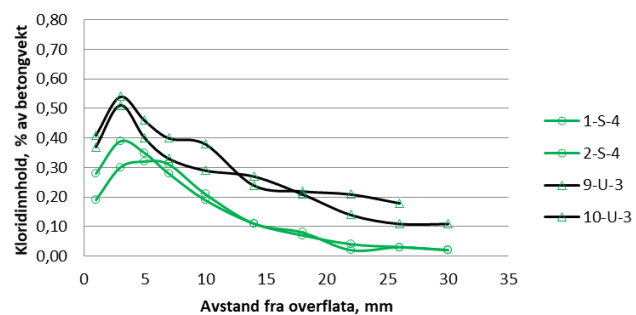
Små elementer eksponert ved 6 dg - i 13 mnd



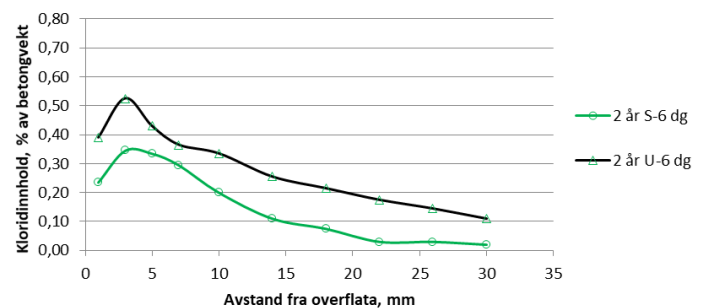
Små elementer eksponert ved 6 dg - i 13 mnd



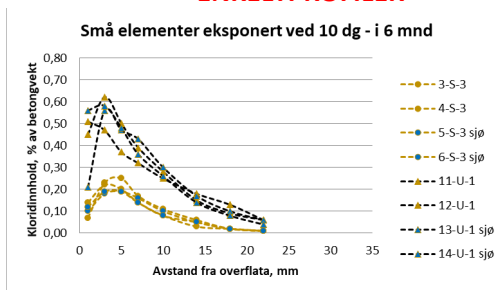
Små elementer eksponert ved 6 dg - i 2 år



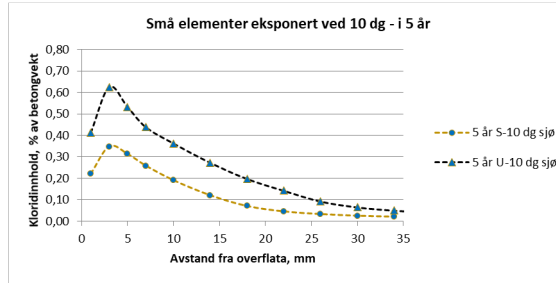
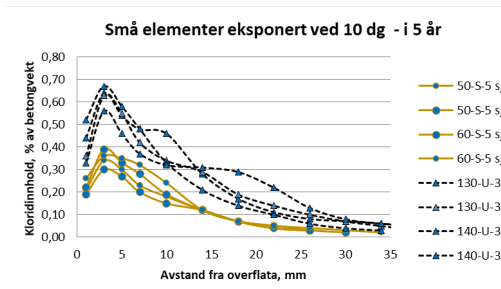
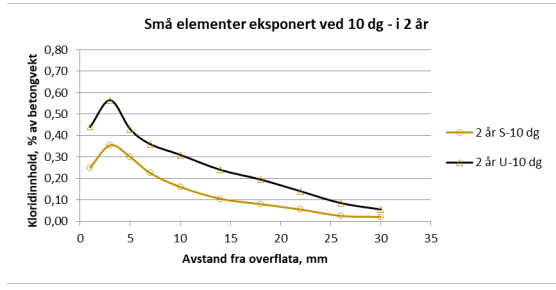
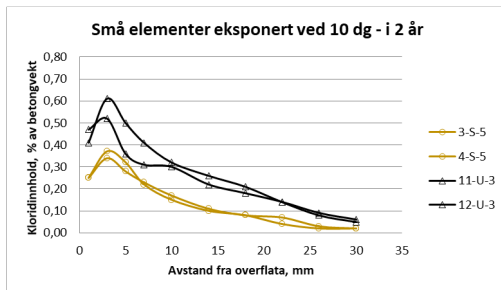
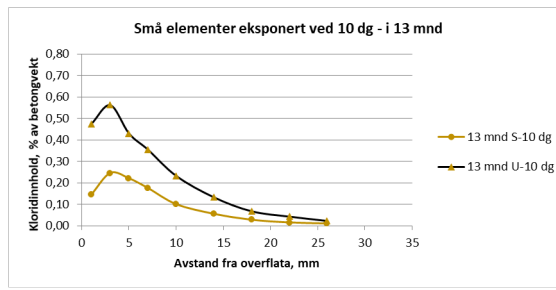
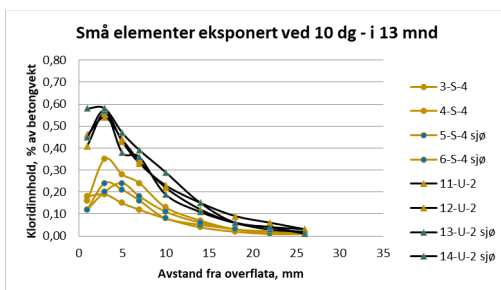
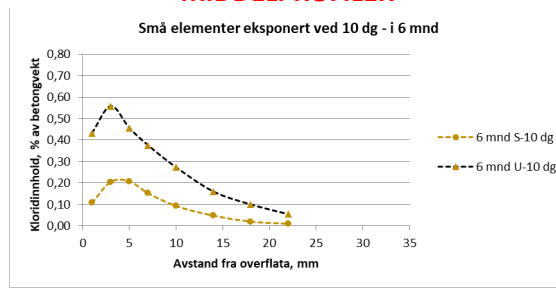
Små elementer eksponert ved 6 dg - i 2 år



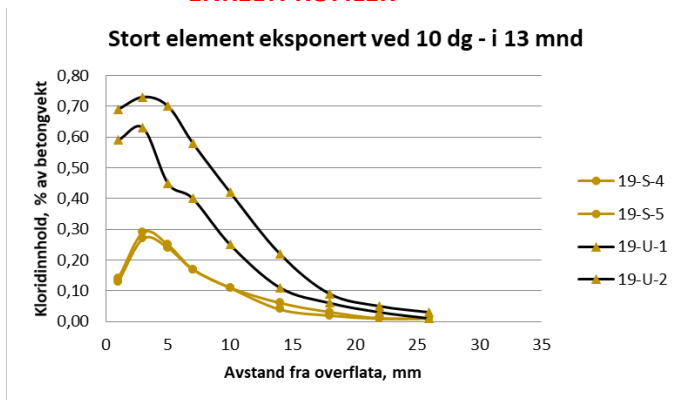
ENKELTPROFILER



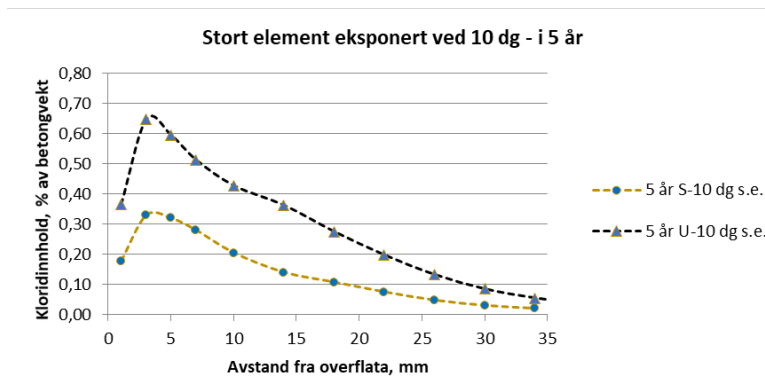
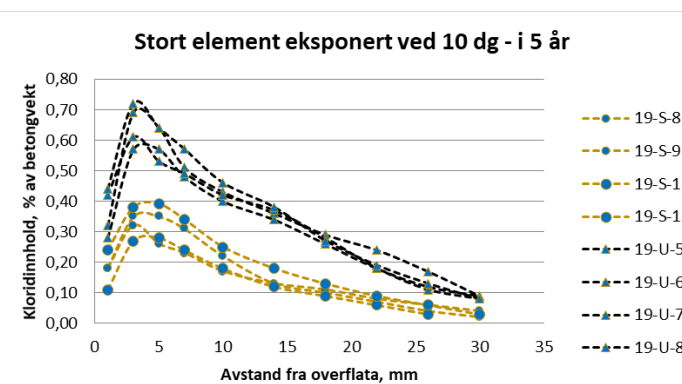
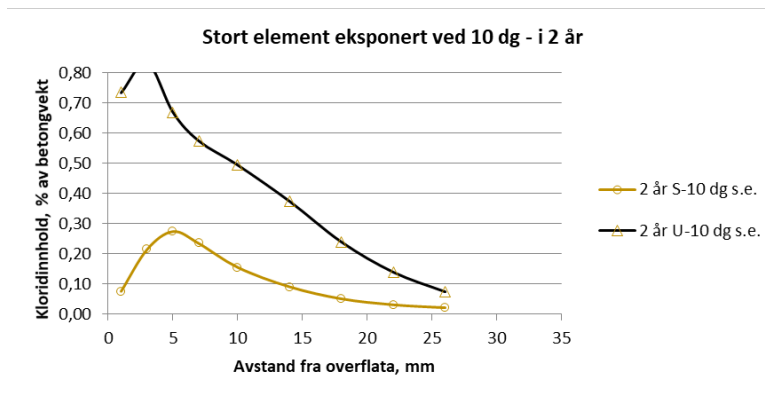
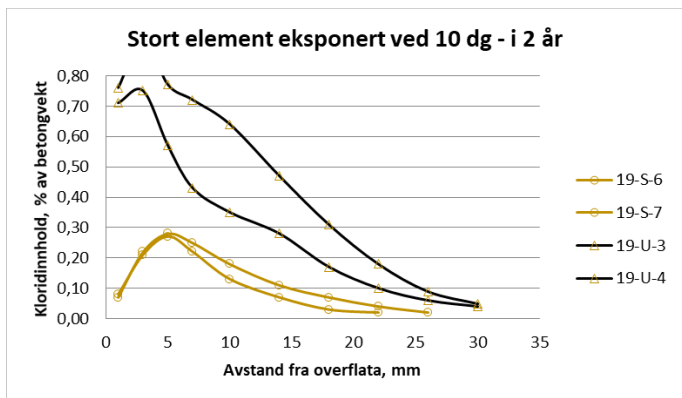
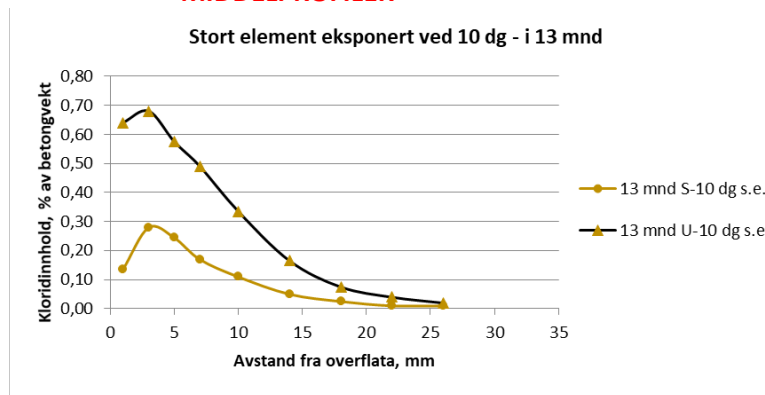
MIDDELPROFILER



ENKELTPROFILER

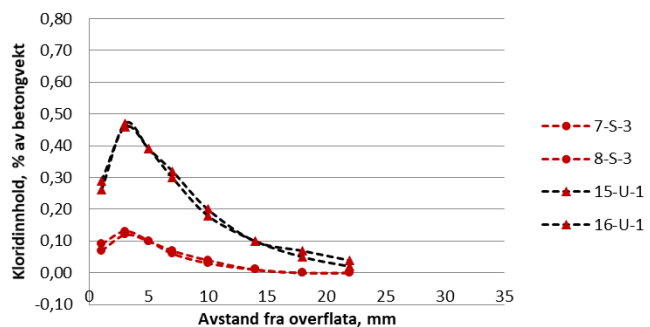


MIDDELPROFILER



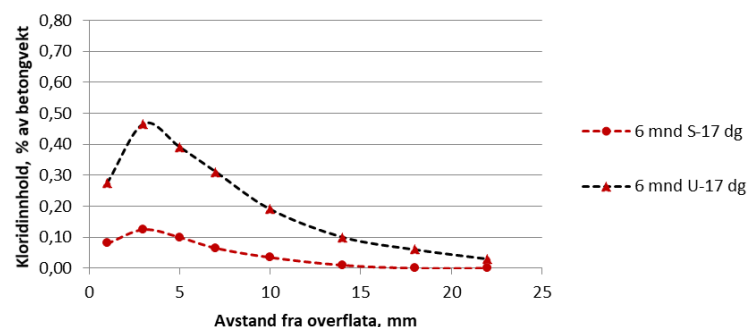
ENKELTPROFILER

Små elementer eksponert ved 17 dg - i 6 mnd

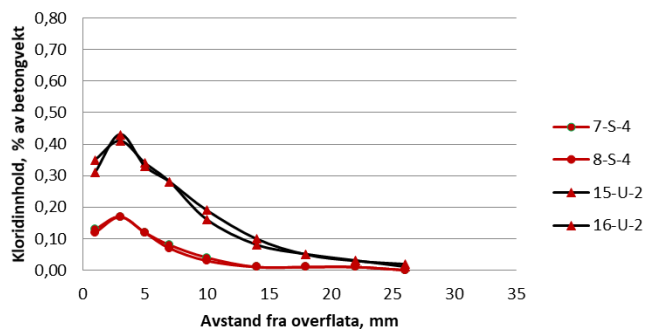


MIDDELPROFILER

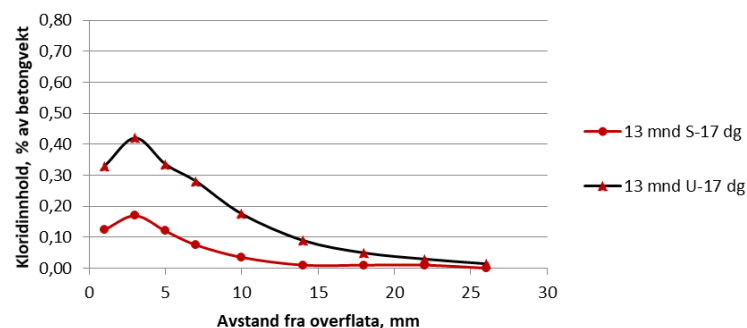
Små elementer eksponert ved 17 dg - i 6 mnd



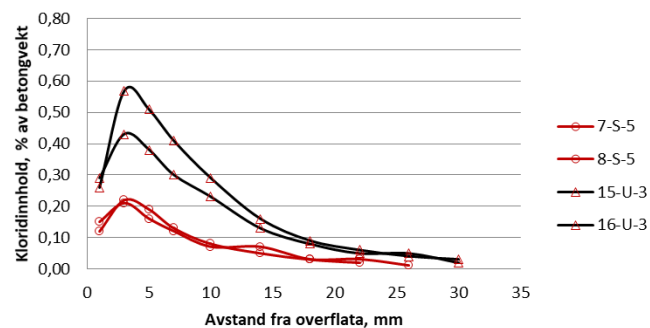
Små elementer eksponert ved 17 dg - i 13 mnd



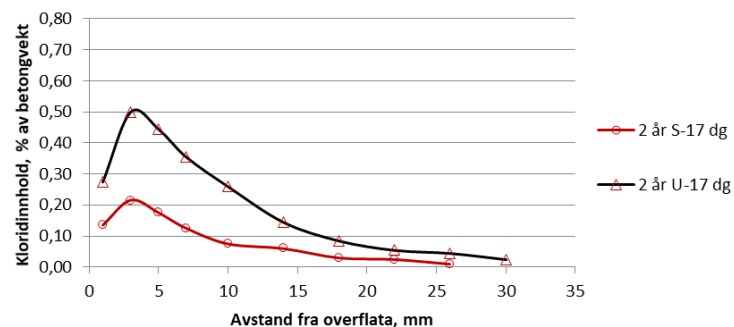
Små elementer eksponert ved 17 dg - i 13 mnd



Små elementer eksponert ved 17 dg - i 2 år

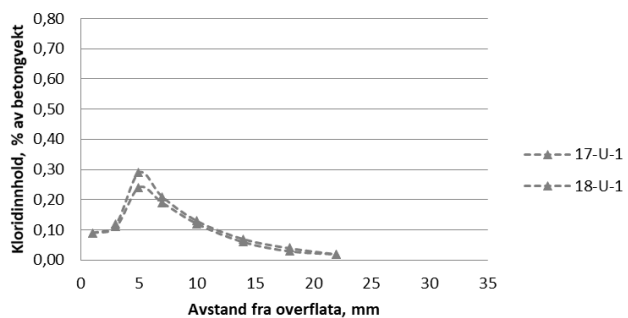


Små elementer eksponert ved 17 dg - i 2 år



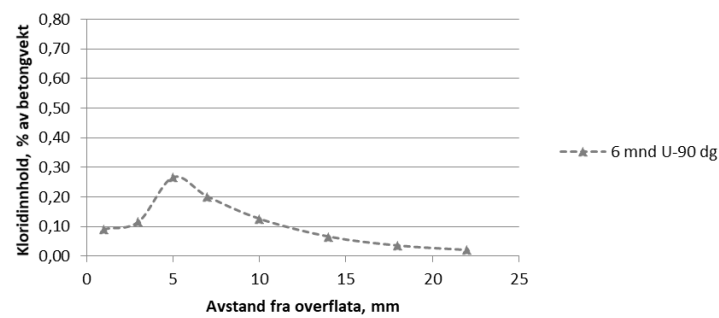
ENKELTPROFILER

Små elementer eksponert ved 90 dg - i 6 mnd

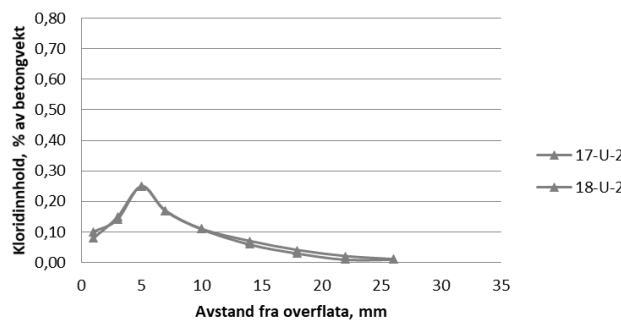


MIDDELPROFILER

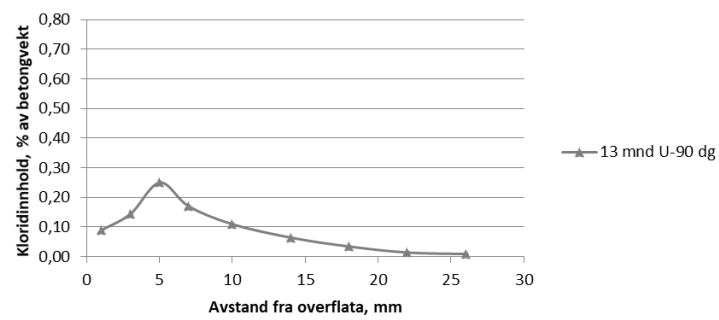
Små elementer eksponert ved 90 dg - i 6 mnd



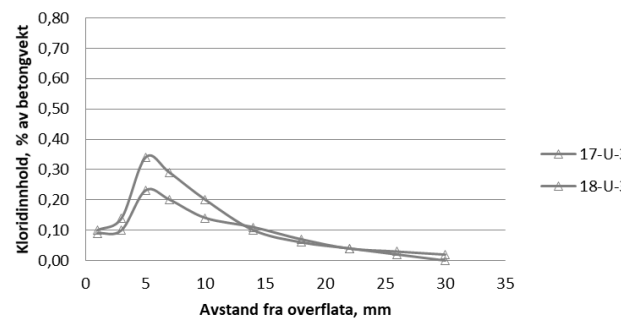
Små elementer eksponert ved 90 dg - i 13 mnd



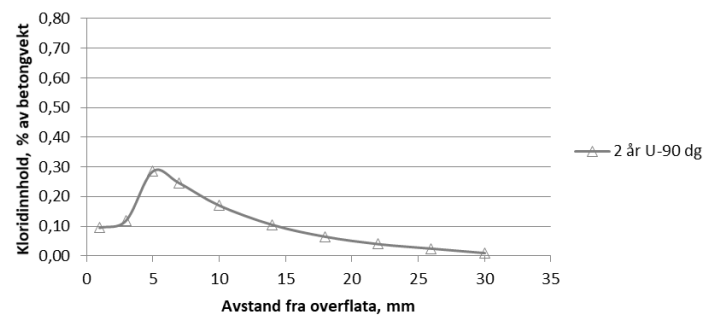
Små elementer eksponert ved 90 dg - i 13 mnd



Små elementer eksponert ved 90 dg - i 2 år



Små elementer eksponert ved 90 dg - i 2 år



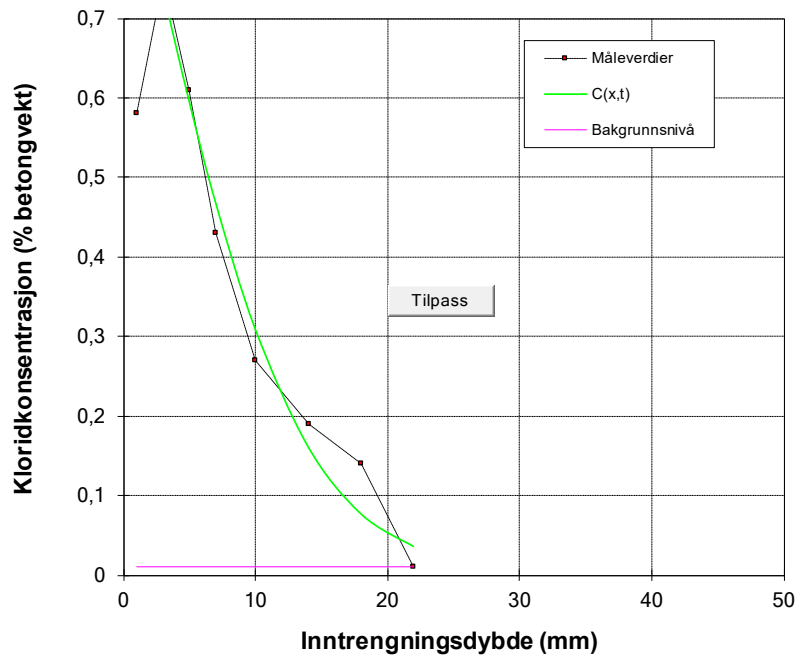
VEDLEGG 6

Kloriddiffusjonskoeffisienter – felteksponering,
ubehandlede elementer, alle terminer

Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-6dg 6 mnd **Profil** 9-U-1 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	4320	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,959	% betong
D	3,18	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9897	
Inntrengning	189,2	g/m ²
k (0.1 %)	23,7	mm

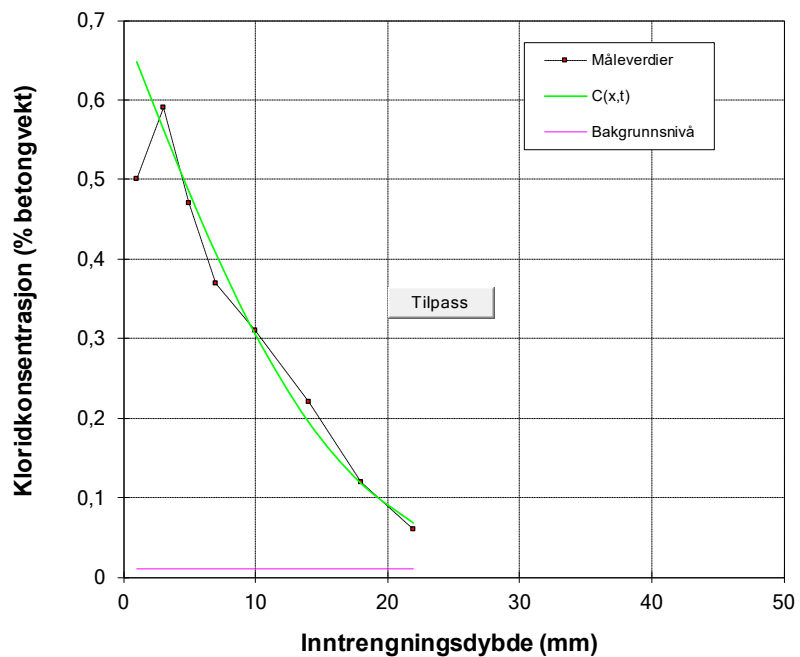
x	målt	status
1	0,58	
3	0,75	ok
5	0,61	ok
7	0,43	ok
10	0,27	ok
14	0,19	ok
18	0,14	ok
22	0,01	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-6dg 6 mnd **Profil** 10-U-1 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	4320	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,690	% betong
D	5,24	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9932	
Inntrengning	170,2	g/m ²
k (0.1 %)	27,4	mm

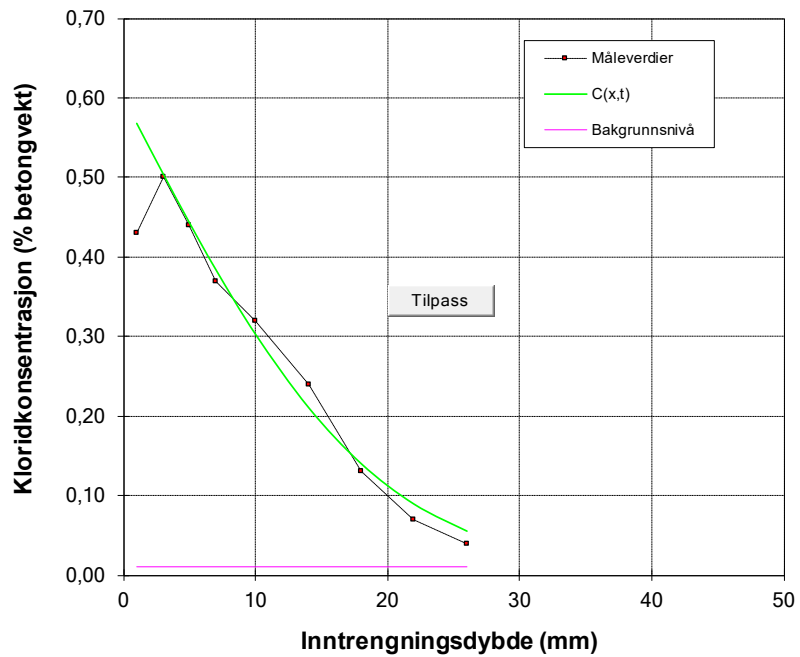
x	målt	status
1	0,5	
3	0,59	ok
5	0,47	ok
7	0,37	ok
10	0,31	ok
14	0,22	ok
18	0,12	ok
22	0,06	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-6dg 13 mnd **Profil** 9-U-2 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	9600	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,599	% betong
D	3,12	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9953	
Inntrengning	169,4	g/m ²
k (0.1 %)	20,1	mm

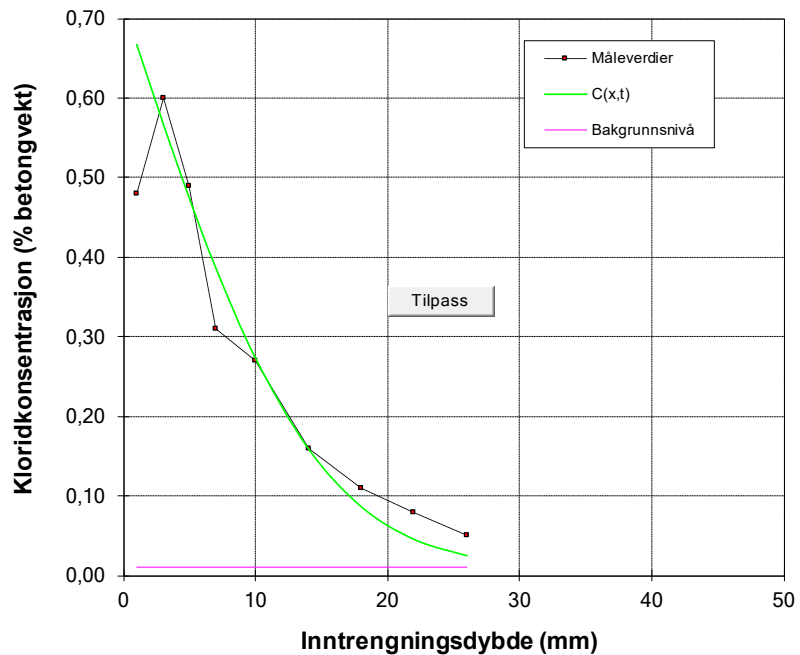
x	målt	status
1	0,43	
3	0,50	ok
5	0,44	ok
7	0,37	ok
10	0,32	ok
14	0,24	ok
18	0,13	ok
22	0,07	ok
26	0,04	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-6dg 13 mnd **Profil** 10-U-2 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	9600	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,718	% betong
D	1,80	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9847	
Inntrengning	163,1	g/m ²
k (0.1 %)	16,3	mm

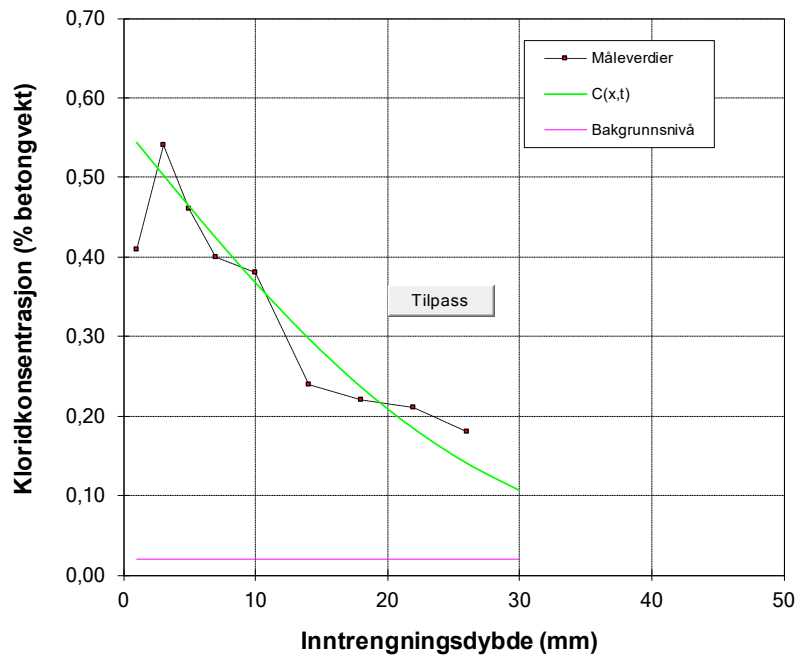
x	målt	status
1	0,48	
3	0,60	ok
5	0,49	ok
7	0,31	ok
10	0,27	ok
14	0,16	ok
18	0,11	ok
22	0,08	ok
26	0,05	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-6dg 2 år **Profil** 9-U-3 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	19296	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,565	% betong
D	3,26	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9684	
Inntrengning	206,2	g/m^2
k (0.1 %)	20,8	mm

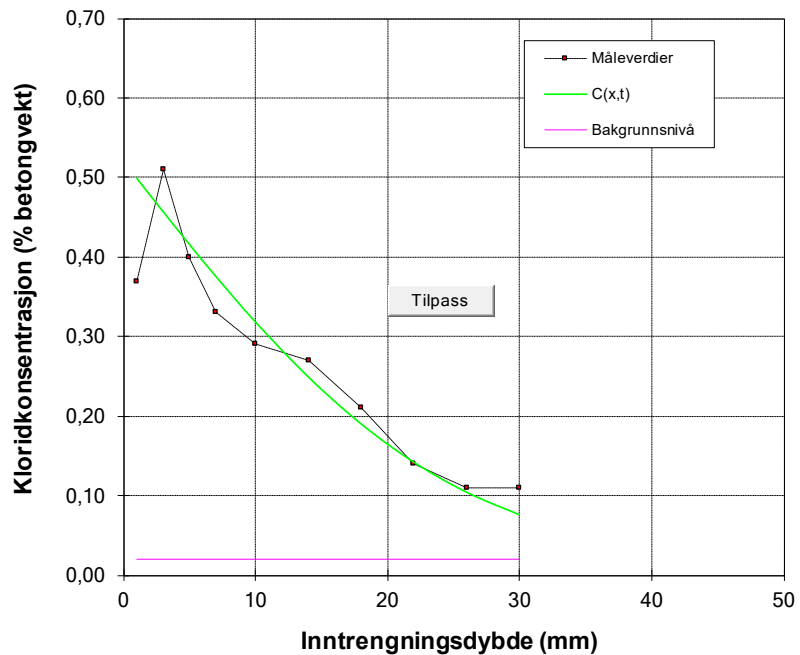
x	målt	status
1	0,41	
3	0,54	ok
5	0,46	ok
7	0,40	ok
10	0,38	ok
14	0,24	ok
18	0,22	ok
22	0,21	ok
26	0,18	ok
30		



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-6dg 2 år **Profil** 10-U-3 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	19296	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,520	% betong
D	2,57	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9722	
Inntrengning	178,3	g/m^2
k (0.1 %)	17,9	mm

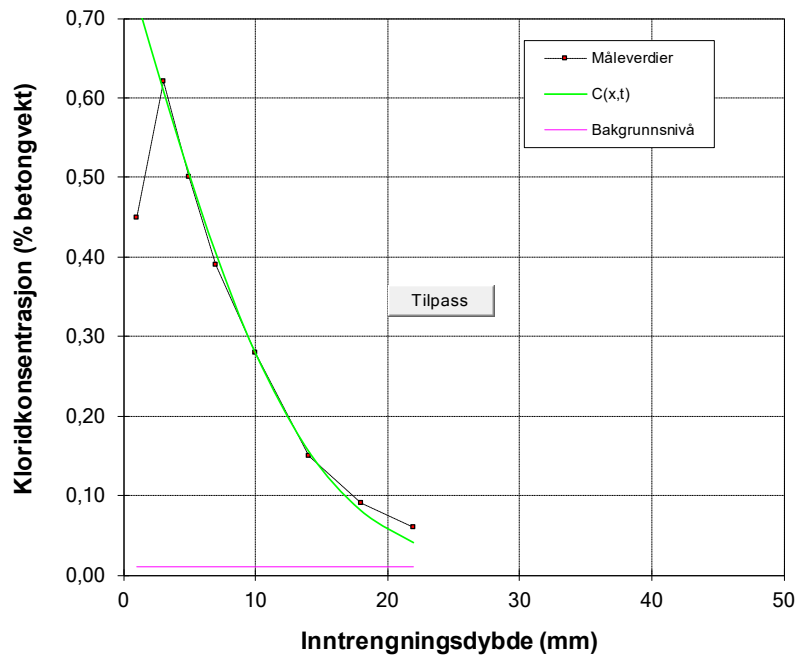
x	målt	status
1	0,37	
3	0,51	ok
5	0,40	ok
7	0,33	ok
10	0,29	ok
14	0,27	ok
18	0,21	ok
22	0,14	ok
26	0,11	ok
30	0,11	



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg 6 mnd **Profil** 11-U-1 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	4536	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,780	% betong
D	3,49	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9987	
Inntrengning	159,5	g/m ²
k (0.1 %)	23,3	mm

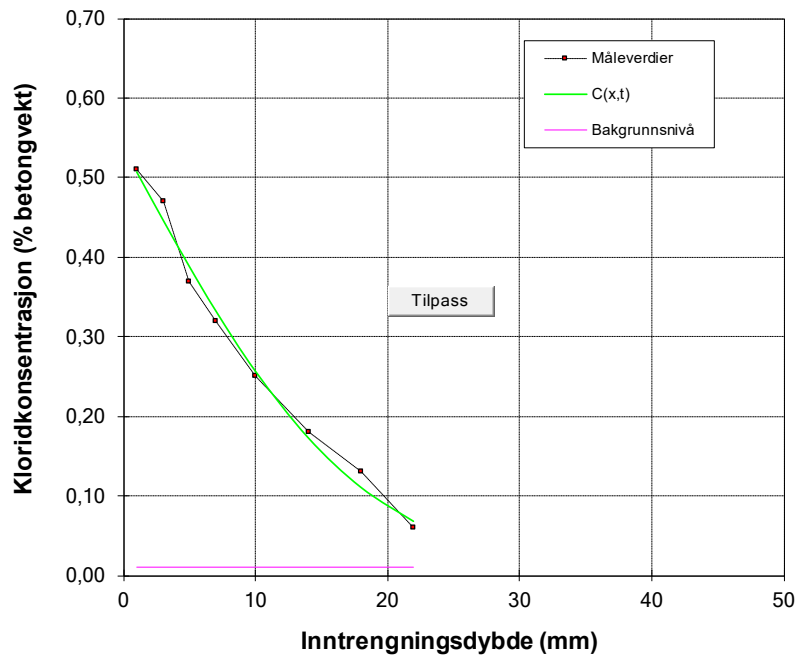
x	målt	status
1	0,45	
3	0,62	ok
5	0,50	ok
7	0,39	ok
10	0,28	ok
14	0,15	ok
18	0,09	ok
22	0,06	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg 6 mnd **Profil** 12-U-1 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	4536	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,538	% betong
D	5,82	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9937	
Inntrengning	147,6	g/m ²
k (0.1 %)	26,3	mm

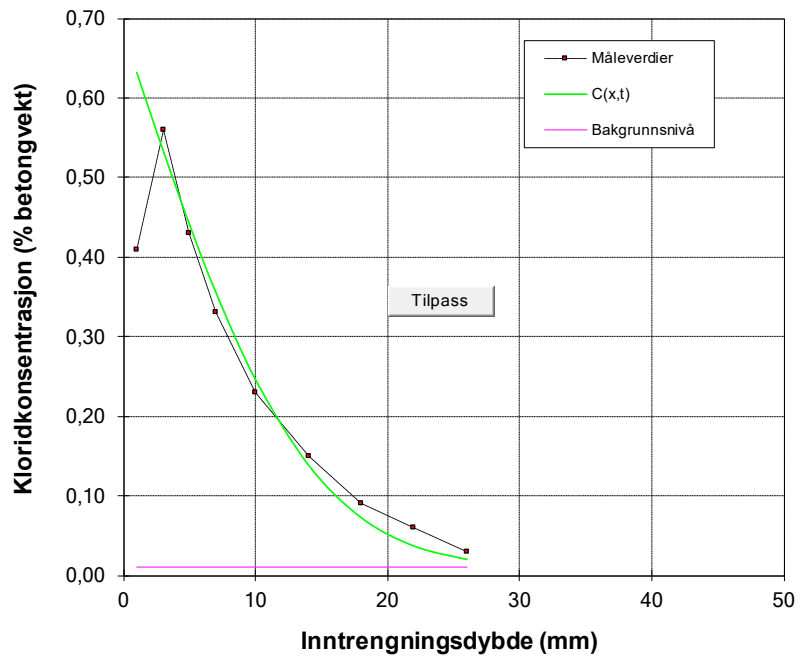
x	målt	status
1	0,51	
3	0,47	ok
5	0,37	ok
7	0,32	ok
10	0,25	ok
14	0,18	ok
18	0,13	ok
22	0,06	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg 13 mnd **Profil** 11-U-2 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	9504	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,682	% betong
D	1,68	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9954	
Inntrengning	145,9	g/m ²
k (0.1 %)	15,4	mm

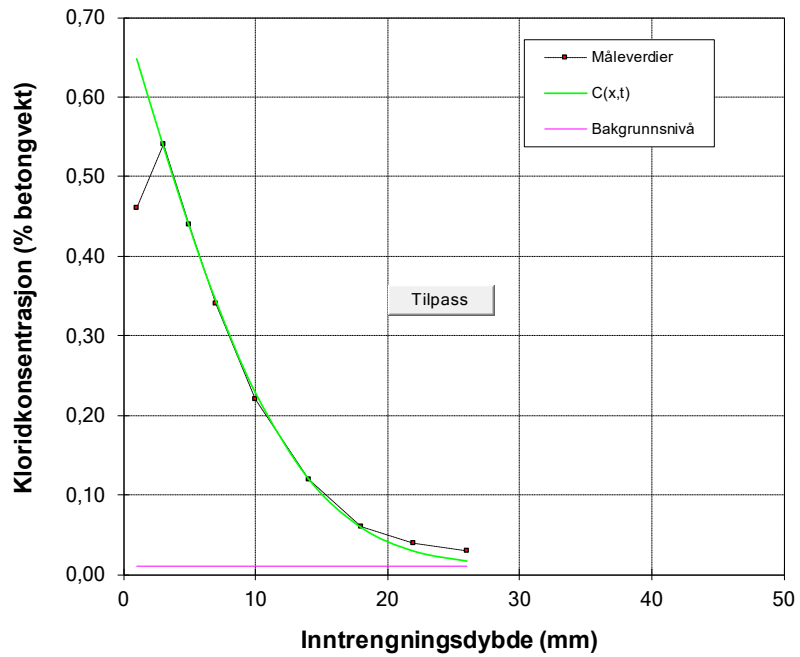
x	målt	status
1	0,41	
3	0,56	ok
5	0,43	ok
7	0,33	ok
10	0,23	ok
14	0,15	ok
18	0,09	ok
22	0,06	ok
26	0,03	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg 13 mnd **Profil** 12-U-2 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	9504	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,704	% betong
D	1,44	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9995	
Inntrengning	141,7	g/m ²
k (0.1 %)	14,4	mm

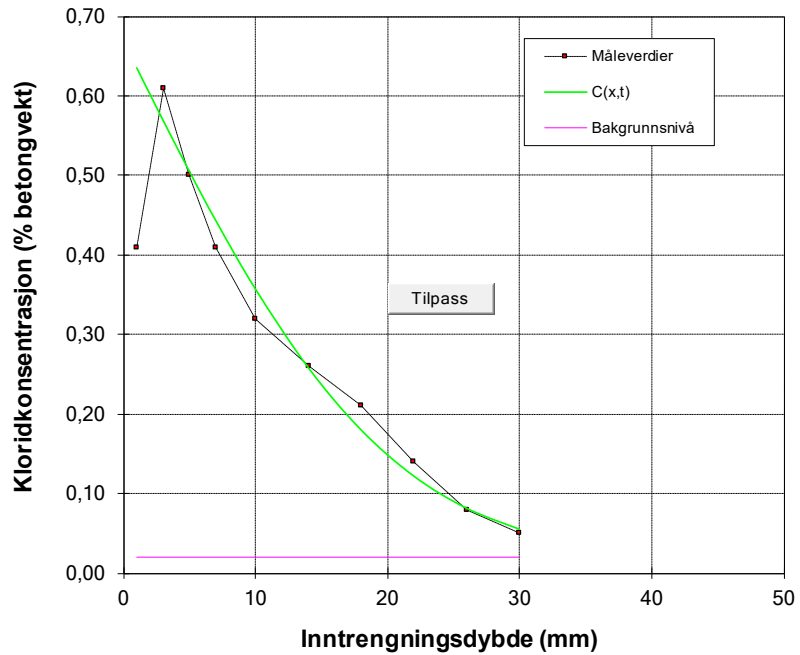
x	målt	status
1	0,46	
3	0,54	ok
5	0,44	ok
7	0,34	ok
10	0,22	ok
14	0,12	ok
18	0,06	ok
22	0,04	ok
26	0,03	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg 2 år **Profil** 11-U-3 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	19200	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,669	% betong
D	1,74	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9908	
Inntrengning	195,2	g/m^2
k (0.1 %)	16,1	mm

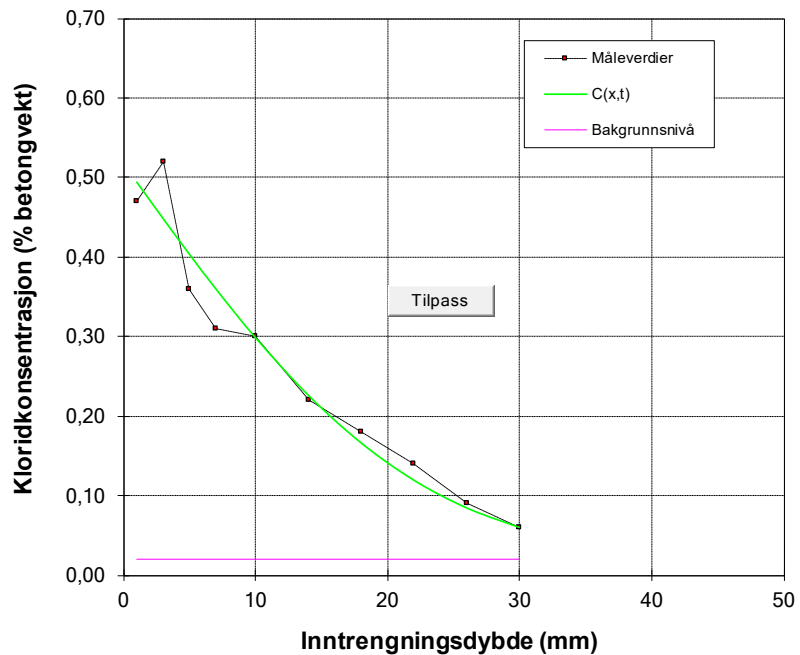
x	målt	status
1	0,41	
3	0,61	ok
5	0,50	ok
7	0,41	ok
10	0,32	ok
14	0,26	ok
18	0,21	ok
22	0,14	ok
26	0,08	ok
30	0,05	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg 2 år **Profil** 12-U-3 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	19200	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,518	% betong
D	2,13	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9698	
Inntrengning	172,9	g/m^2
k (0.1 %)	16,2	mm

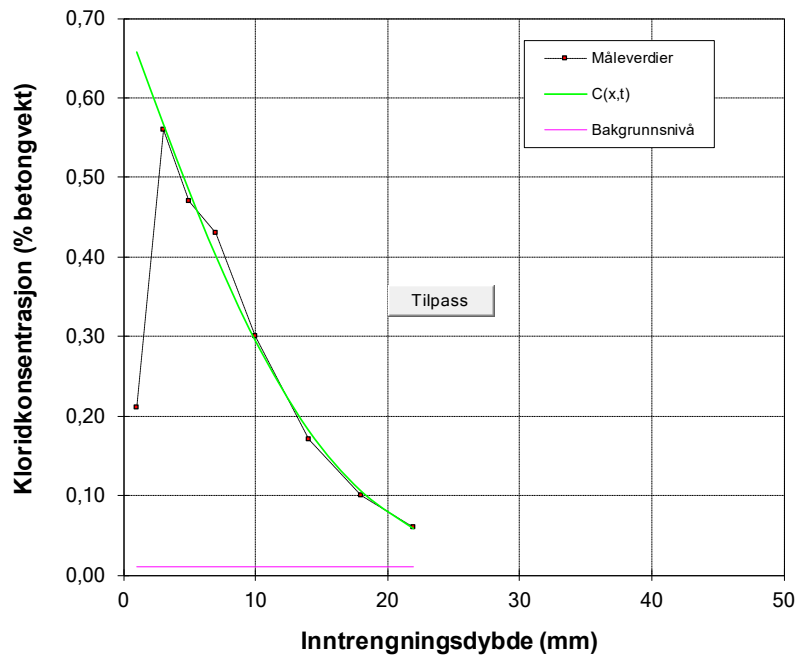
x	målt	status
1	0,47	
3	0,52	ok
5	0,36	ok
7	0,31	ok
10	0,30	ok
14	0,22	ok
18	0,18	ok
22	0,14	ok
26	0,09	ok
30	0,06	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg sjø 6 mnd **Profil** 13-U-1 sjø © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	4536	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,702	% betong
D	4,54	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9973	
Inntrengning	145,0	g/m^2
k (0.1 %)	25,6	mm

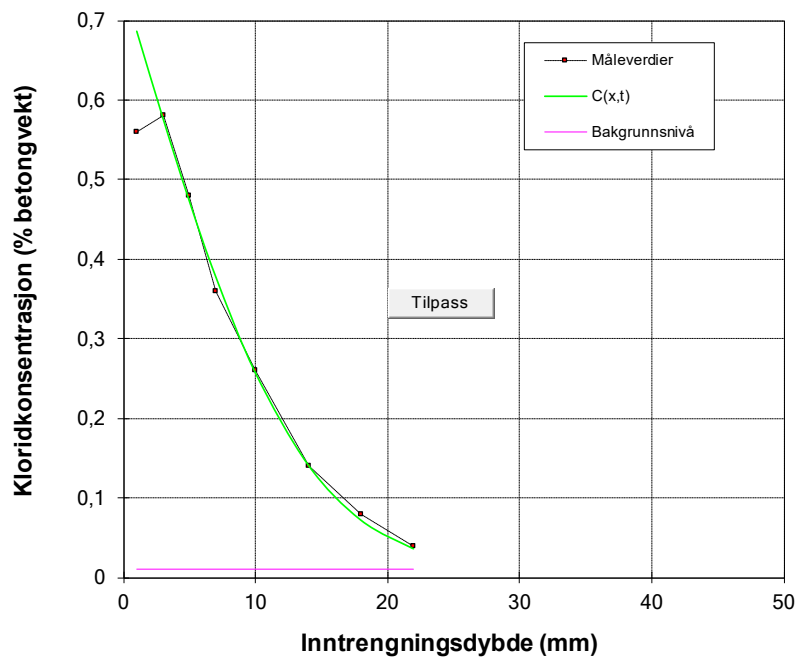
x	målt	status
1	0,21	
3	0,56	ok
5	0,47	ok
7	0,43	ok
10	0,30	ok
14	0,17	ok
18	0,10	ok
22	0,06	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg sjø 6 mnd **Profil** 14-U-1 sjø © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	4536	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,743	% betong
D	3,32	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9991	
Inntrengning	158,3	g/m^2
k (0.1 %)	22,3	mm

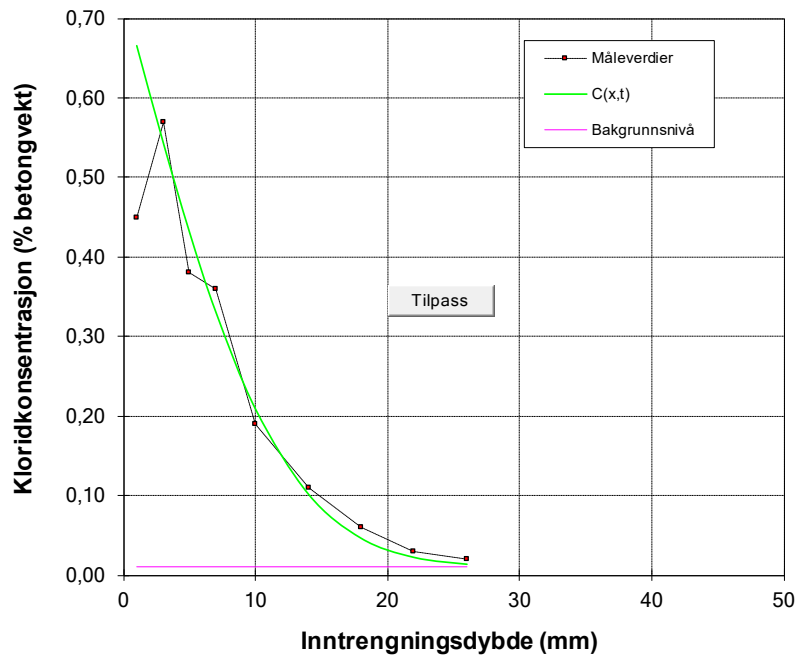
x	målt	status
1	0,56	
3	0,58	ok
5	0,48	ok
7	0,36	ok
10	0,26	ok
14	0,14	ok
18	0,08	ok
22	0,04	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg sjø 13 mnd **Profil** 13-U-2 sjø © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	9504	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,728	% betong
D	1,23	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9916	
Inntrengning	136,0	g/m ²
k (0.1 %)	13,5	mm

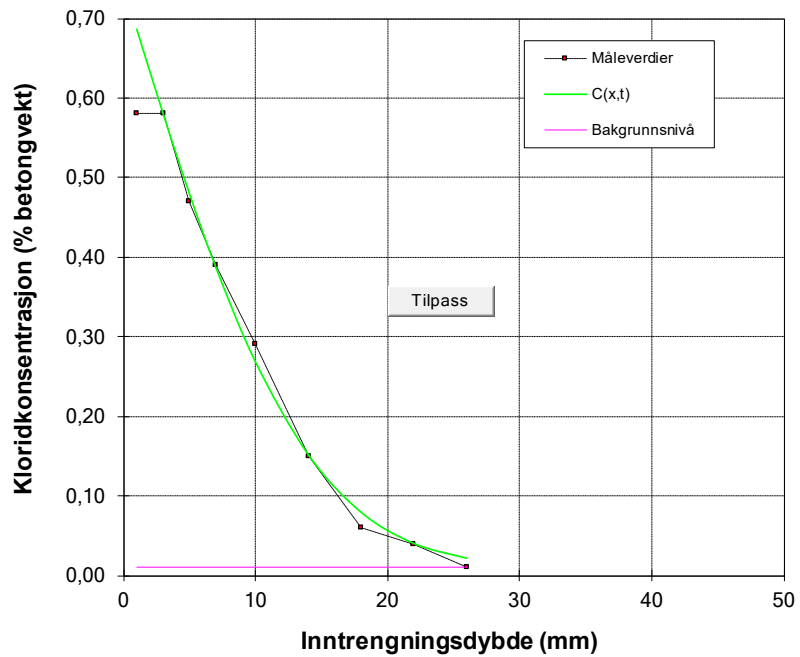
x	målt	status
1	0,45	
3	0,57	ok
5	0,38	ok
7	0,36	ok
10	0,19	ok
14	0,11	ok
18	0,06	ok
22	0,03	ok
26	0,02	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg sjø 13 mnd **Profil** 14-U-2 sjø © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	9504	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,741	% betong
D	1,70	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9985	
Inntrengning	166,2	g/m ²
k (0.1 %)	15,9	mm

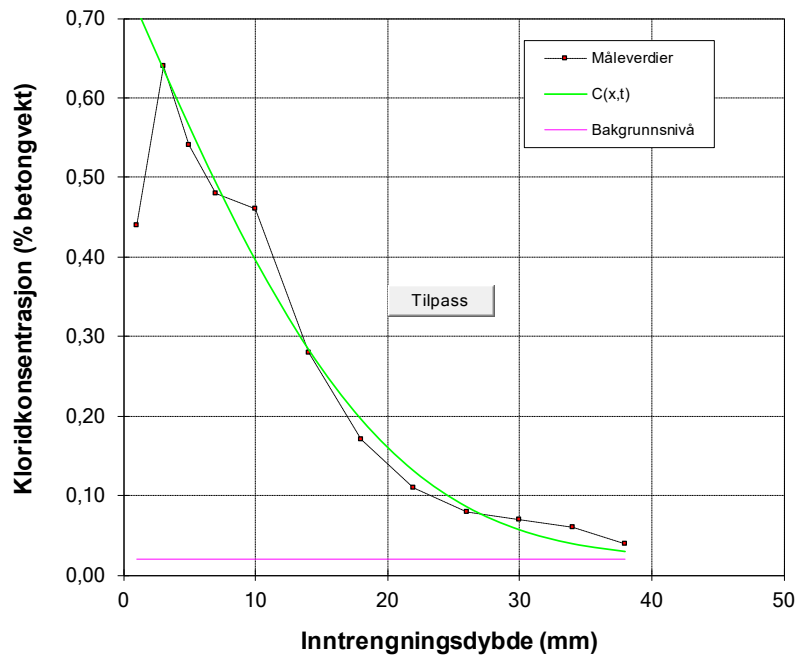
x	målt	status
1	0,58	
3	0,58	ok
5	0,47	ok
7	0,39	ok
10	0,29	ok
14	0,15	ok
18	0,06	ok
22	0,04	ok
26	0,01	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg sjø 5 år **Profil** 130-U-3a © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	47712	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,750	% betong
D	0,69	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9933	
Inntrengning	222,7	g/m ²
k (0.1 %)	10,5	mm

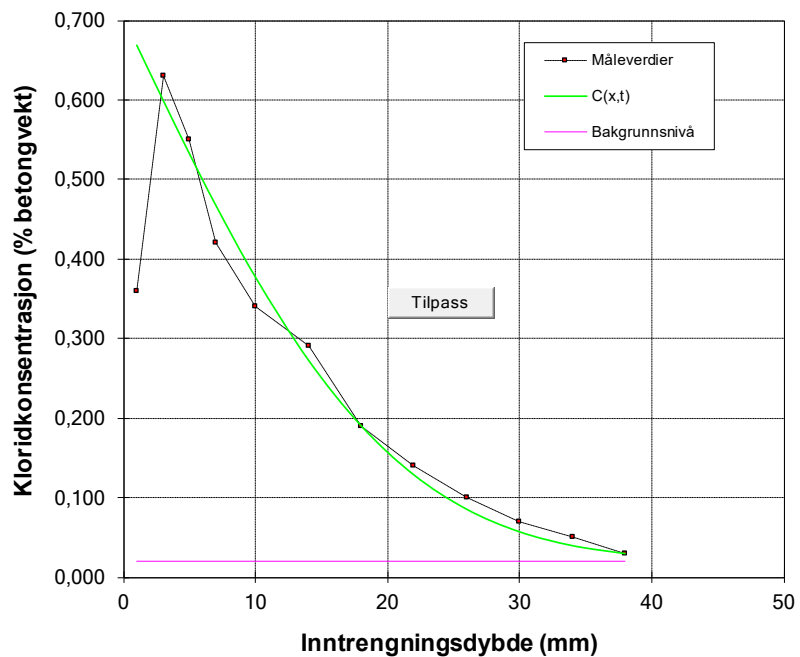
x	målt	status
1	0,44	
3	0,64	ok
5	0,54	ok
7	0,48	ok
10	0,46	ok
14	0,28	ok
18	0,17	ok
22	0,11	ok
26	0,08	ok
30	0,07	ok
34	0,06	ok
38	0,04	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg sjø 5 år **Profil** 130-U-3b © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	47712	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,703	% betong
D	0,71	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9936	
Inntrengning	208,6	g/m ²
k (0.1 %)	10,5	mm

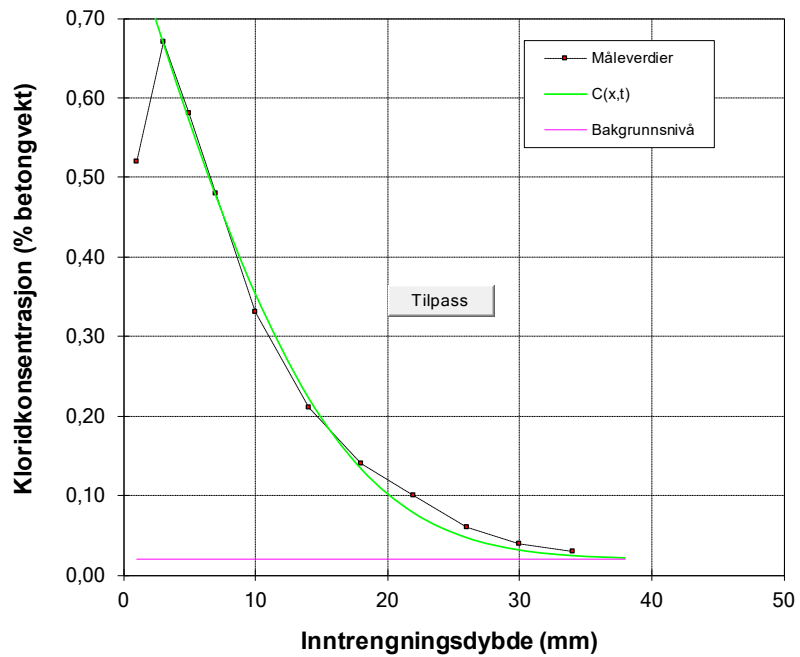
x	målt	status
1	0,360	
3	0,630	ok
5	0,550	ok
7	0,420	ok
10	0,340	ok
14	0,290	ok
18	0,190	ok
22	0,140	ok
26	0,100	ok
30	0,070	ok
34	0,050	ok
38	0,030	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg sjø 5 år **Profil** 140-U-3a © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	47712	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,825	% betong
D	0,44	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9987	
Inntrengning	201,9	g/m ²
k (0.1 %)	8,6	mm

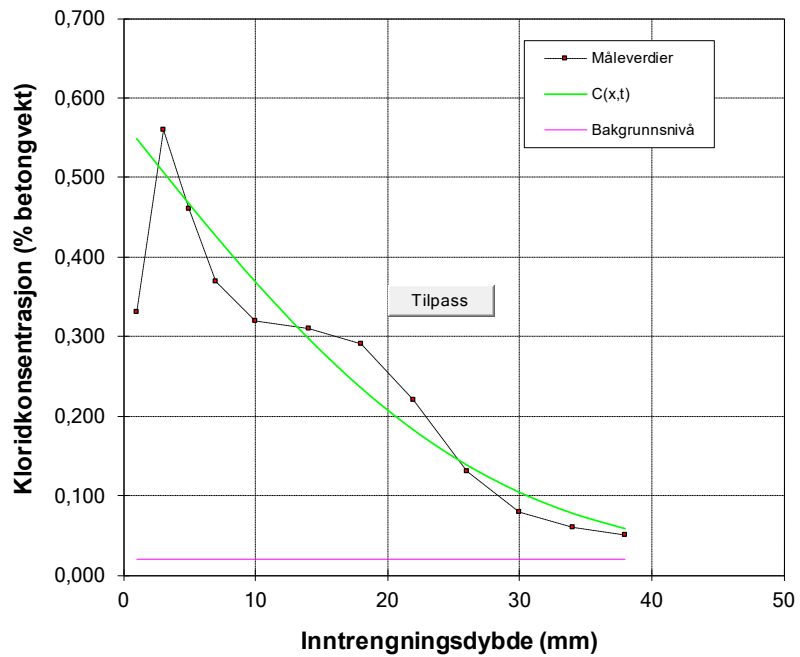
x	målt	status
1	0,52	
3	0,67	ok
5	0,58	ok
7	0,48	ok
10	0,33	ok
14	0,21	ok
18	0,14	ok
22	0,10	ok
26	0,06	ok
30	0,04	ok
34	0,03	ok
38		



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg sjø 5 år **Profil** 140-U-3b © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	47712	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,569	% betong
D	1,29	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9752	
Inntrengning	217,1	g/m ²
k (0.1 %)	13,1	mm

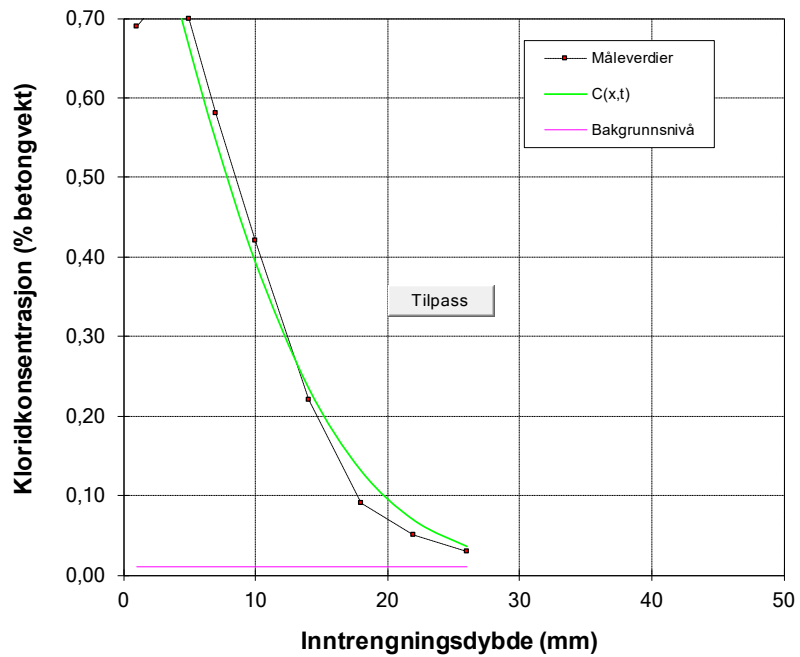
x	målt	status
1	0,330	
3	0,560	ok
5	0,460	ok
7	0,370	ok
10	0,320	ok
14	0,310	ok
18	0,290	ok
22	0,220	ok
26	0,130	ok
30	0,080	ok
34	0,060	ok
38	0,050	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg s.e. 13 mnd **Profil** 19-U-2 s.e. © 2012-01-09 ss

Ekspontert tid	9480	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,985	% betong
D	2,00	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9929	
Inntrengning	229,9	g/m ²
k (0.1 %)	18,9	mm

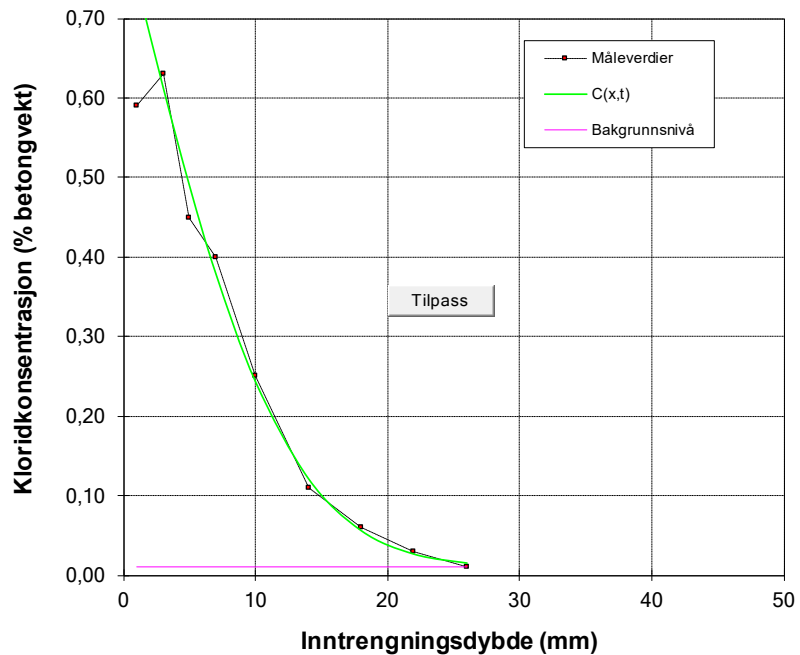
x	målt	status
1	0,69	
3	0,73	ok
5	0,70	ok
7	0,58	ok
10	0,42	ok
14	0,22	ok
18	0,09	ok
22	0,05	ok
26	0,03	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg s.e. 13 mnd **Profil** 19-U-1 s.e. © 2012-01-09 ss

Ekspontert tid	9480	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,814	% betong
D	1,31	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9966	
Inntrengning	160,8	g/m ²
k (0.1 %)	14,4	mm

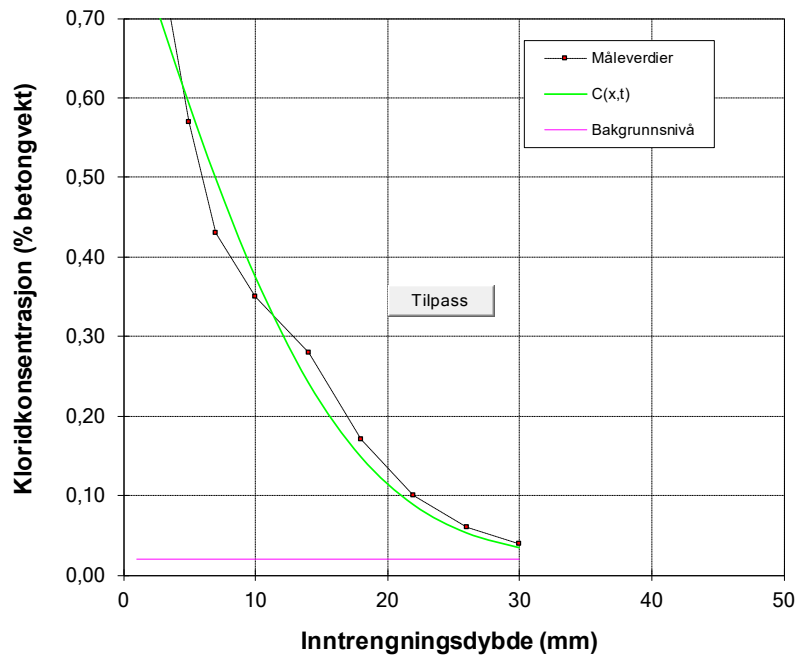
x	målt	status
1	0,59	
3	0,63	ok
5	0,45	ok
7	0,40	ok
10	0,25	ok
14	0,11	ok
18	0,06	ok
22	0,03	ok
26	0,01	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg s.e. 2 år **Profil** 19-U-3 s.e. © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	21672	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,842	% betong
D	1,04	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9881	
Inntrengning	224,0	g/m ²
k (0.1 %)	13,4	mm

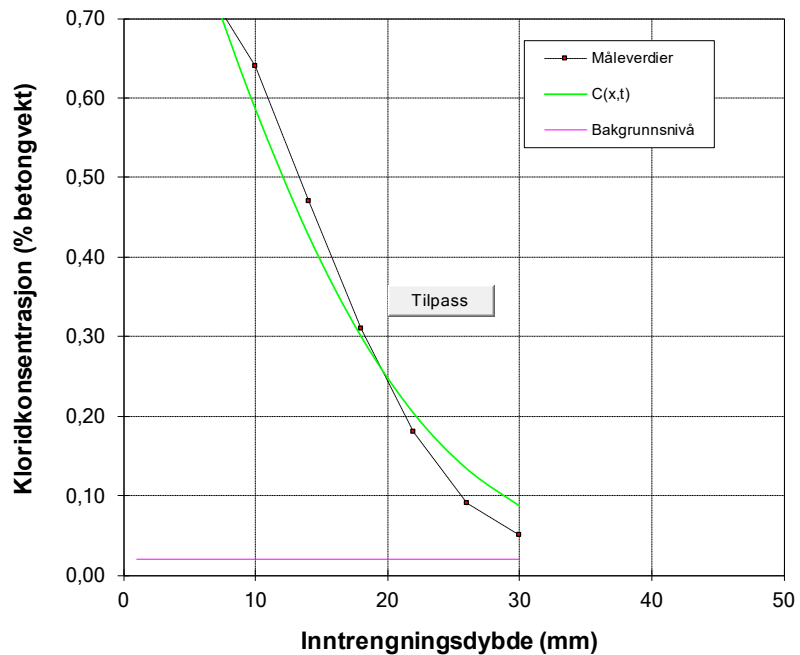
x	målt	status
1	0,71	
3	0,75	ok
5	0,57	ok
7	0,43	ok
10	0,35	ok
14	0,28	ok
18	0,17	ok
22	0,10	ok
26	0,06	ok
30	0,04	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg s.e. 2 år **Profil** 19-U-4 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	21672	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	1,075	% betong
D	1,68	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9937	
Inntrengning	335,3	g/m ²
k (0.1 %)	18,3	mm

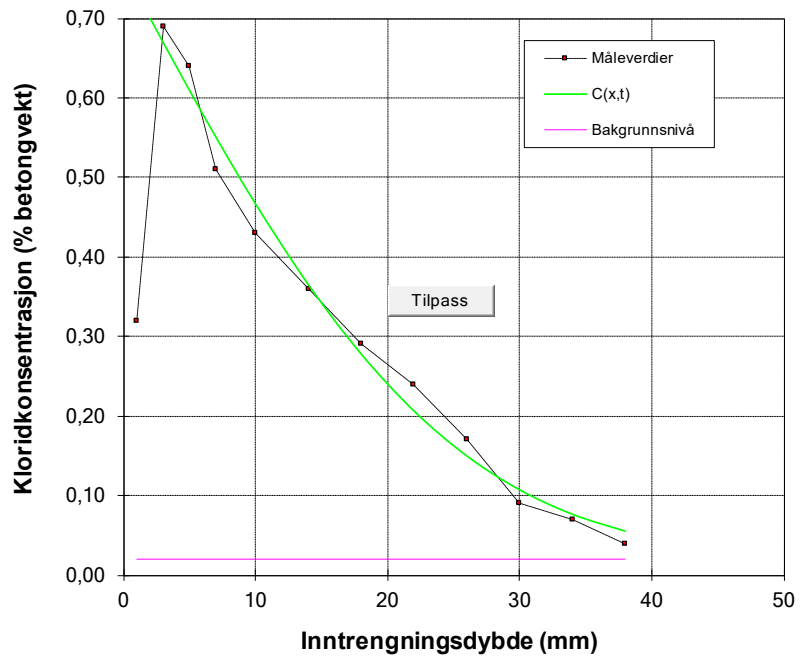
x	målt	status
1	0,76	
3	0,92	ok
5	0,77	ok
7	0,72	ok
10	0,64	ok
14	0,47	ok
18	0,31	ok
22	0,18	ok
26	0,09	ok
30	0,05	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg s.e. 5 år **Profil** 19-U-5 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	47688	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,763	% betong
D	1,07	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9935	
Inntrengning	264,3	g/m ²
k (0.1 %)	13,2	mm

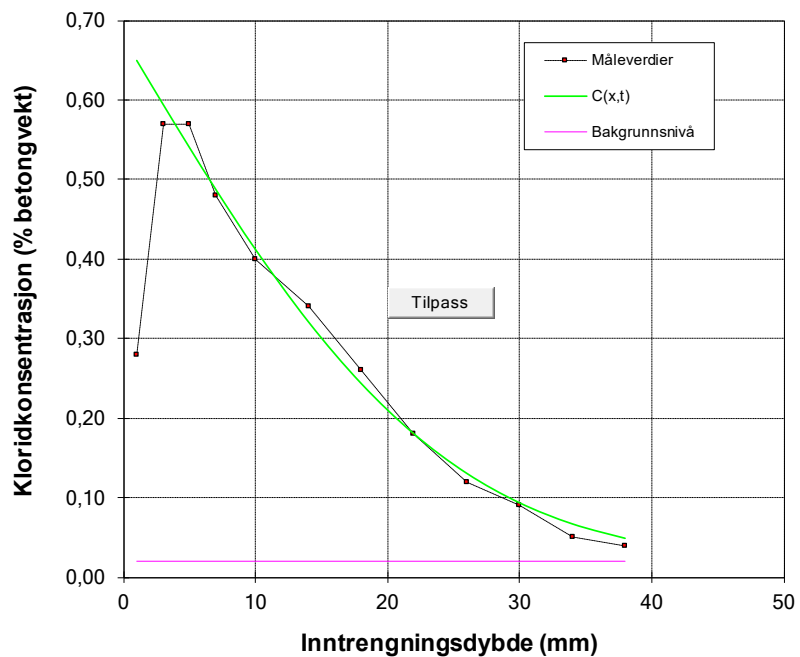
x	målt	status
1	0,32	
3	0,69	ok
5	0,64	ok
7	0,51	ok
10	0,43	ok
14	0,36	ok
18	0,29	ok
22	0,24	ok
26	0,17	ok
30	0,09	ok
34	0,07	ok
38	0,04	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg s.e. 5 år **Profil** 19-U-6 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	47688	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,677	% betong
D	1,04	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9967	
Inntrengning	230,2	g/m ²
k (0.1 %)	12,6	mm

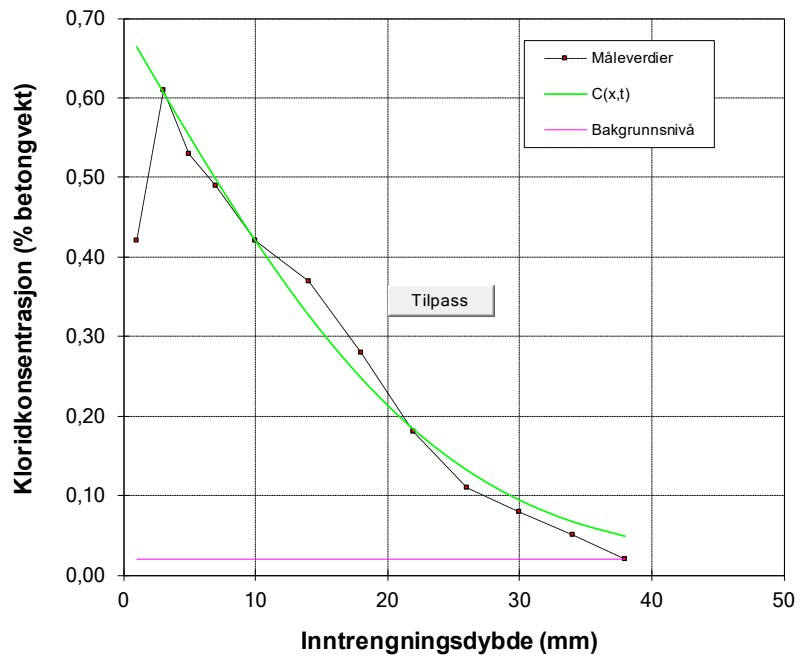
x	målt	status
1	0,28	
3	0,57	ok
5	0,57	ok
7	0,48	ok
10	0,40	ok
14	0,34	ok
18	0,26	ok
22	0,18	ok
26	0,12	ok
30	0,09	ok
34	0,05	ok
38	0,04	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg s.e. 5 år **Profil** 19-U-7 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	47688	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,693	% betong
D	1,03	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9946	
Inntrengning	245,0	g/m ²
k (0.1 %)	12,6	mm

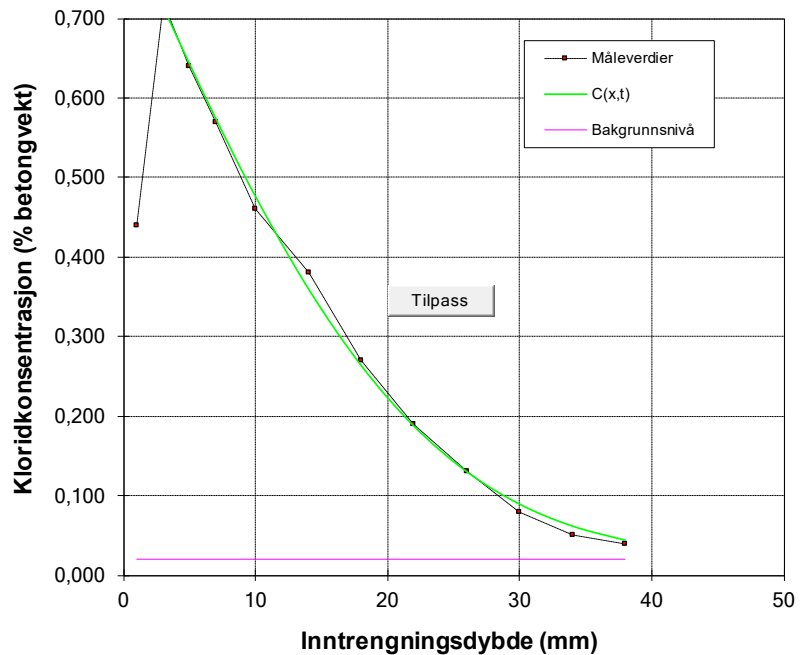
x	målt	status
1	0,42	
3	0,61	ok
5	0,53	ok
7	0,49	ok
10	0,42	ok
14	0,37	ok
18	0,28	ok
22	0,18	ok
26	0,11	ok
30	0,08	ok
34	0,05	ok
38	0,02	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-10dg s.e. 5 år **Profil** 19-U-8 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	47688	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,824	% betong
D	0,89	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9992	
Inntrengning	270,4	g/m ²
k (0.1 %)	12,3	mm

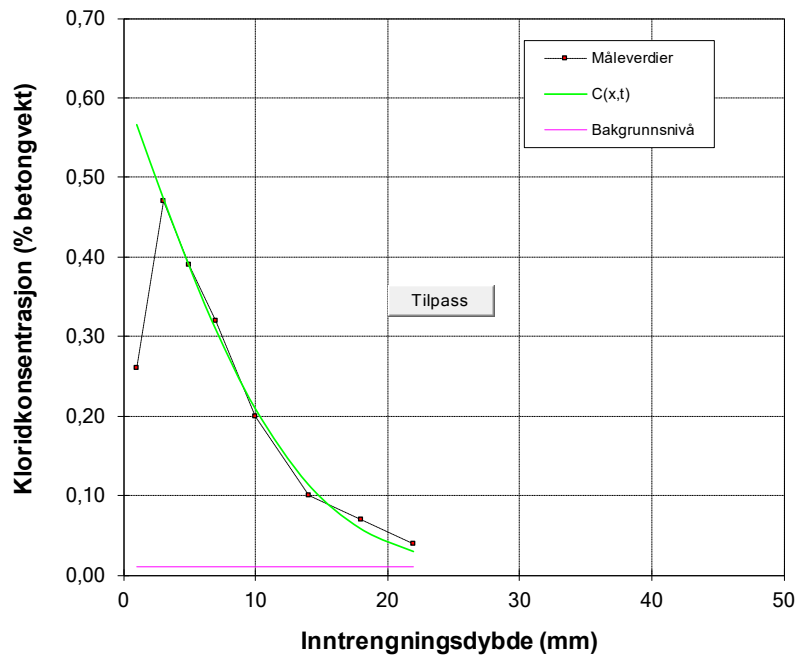
x	målt	status
1	0,440	
3	0,720	ok
5	0,640	ok
7	0,570	ok
10	0,460	ok
14	0,380	ok
18	0,270	ok
22	0,190	ok
26	0,130	ok
30	0,080	ok
34	0,050	ok
38	0,040	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-17dg 6 mnd **Profil** 15-U-1 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	4488	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,613	% betong
D	3,26	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9981	
Inntrengning	113,7	g/m ²
k (0.1 %)	20,7	mm

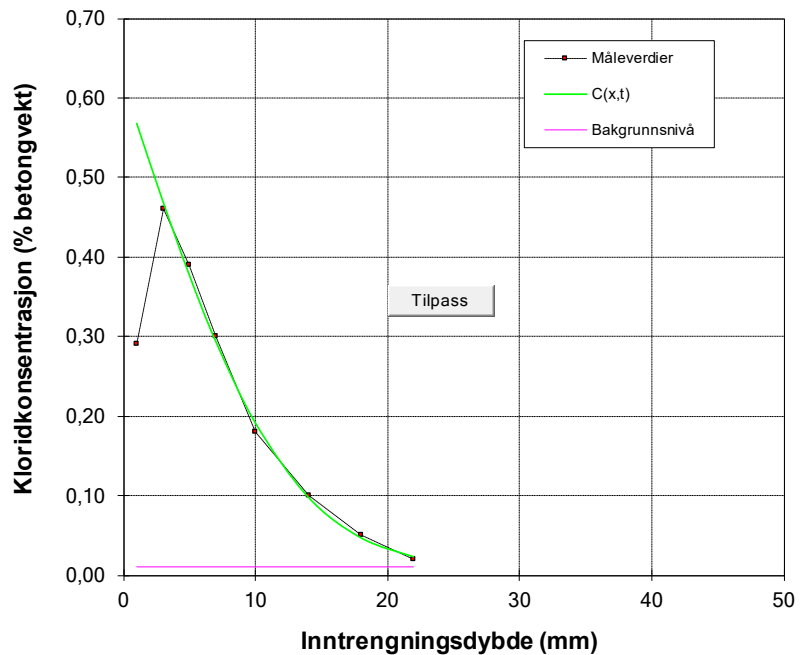
x	målt	status
1	0,26	
3	0,47	ok
5	0,39	ok
7	0,32	ok
10	0,20	ok
14	0,10	ok
18	0,07	ok
22	0,04	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-17dg 6 mnd **Profil** 16-U-1 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	4488	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,618	% betong
D	2,87	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9987	
Inntrengning	110,2	g/m ²
k (0.1 %)	19,5	mm

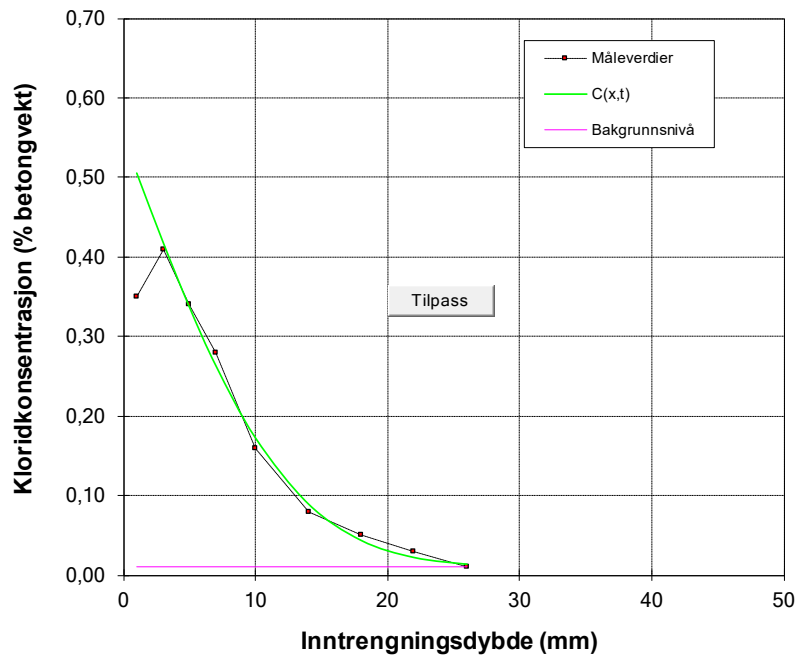
x	målt	status
1	0,29	
3	0,46	ok
5	0,39	ok
7	0,30	ok
10	0,18	ok
14	0,10	ok
18	0,05	ok
22	0,02	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-17dg 13 mnd **Profil** 15-U-2 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	9336	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,549	% betong
D	1,39	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9978	
Inntrengning	106,4	g/m ²
k (0.1 %)	13,0	mm

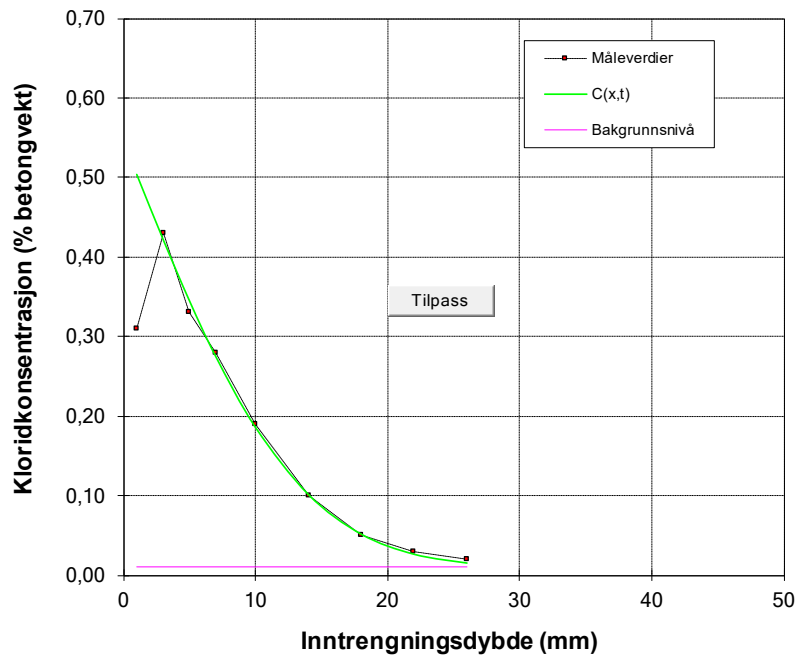
x	målt	status
1	0,35	
3	0,41	ok
5	0,34	ok
7	0,28	ok
10	0,16	ok
14	0,08	ok
18	0,05	ok
22	0,03	ok
26	0,01	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-17dg 13 mnd **Profil** 16-U-2 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	9336	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,546	% betong
D	1,56	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9989	
Inntrengning	108,8	g/m ²
k (0.1 %)	13,6	mm

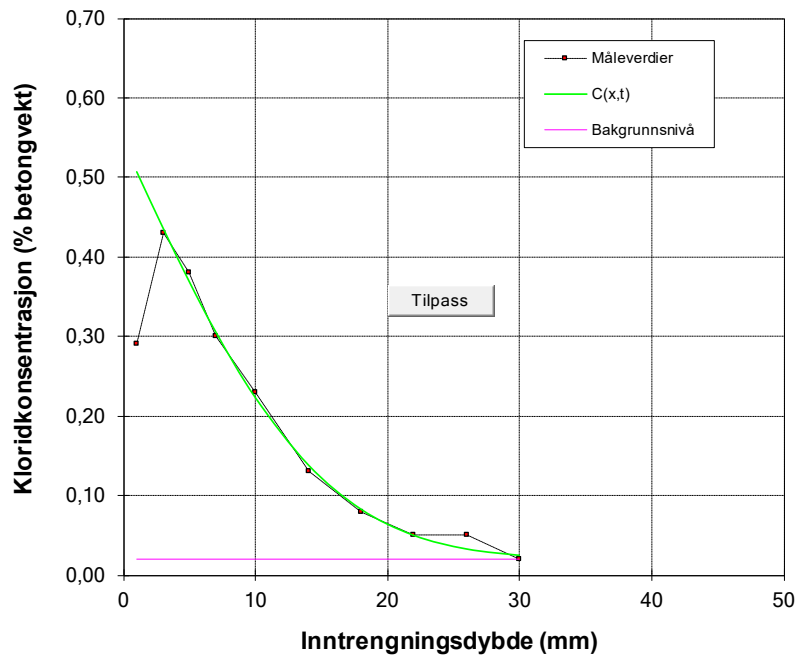
x	målt	status
1	0,31	
3	0,43	ok
5	0,33	ok
7	0,28	ok
10	0,19	ok
14	0,10	ok
18	0,05	ok
22	0,03	ok
26	0,02	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-17dg 2 år **Profil** 15-U-3 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	19032	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,543	% betong
D	0,98	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9983	
Inntrengning	119,0	g/m^2
k (0.1 %)	11,2	mm

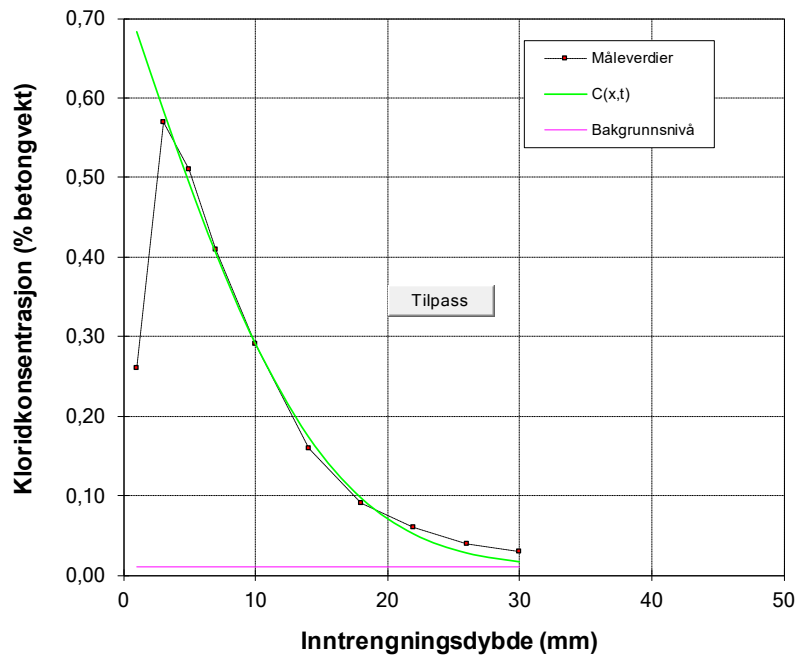
x	målt	status
1	0,29	
3	0,43	ok
5	0,38	ok
7	0,30	ok
10	0,23	ok
14	0,13	ok
18	0,08	ok
22	0,05	ok
26	0,05	ok
30	0,02	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-17dg 2 år **Profil** 16-U-3 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	19032	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,732	% betong
D	0,98	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9984	
Inntrengning	155,4	g/m^2
k (0.1 %)	12,1	mm

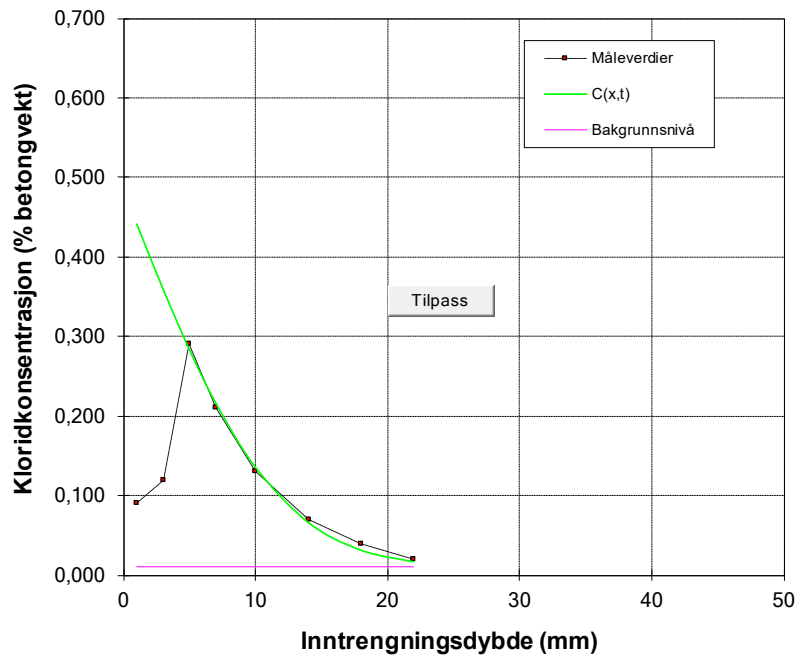
x	målt	status
1	0,26	
3	0,57	ok
5	0,51	ok
7	0,41	ok
10	0,29	ok
14	0,16	ok
18	0,09	ok
22	0,06	ok
26	0,04	ok
30	0,03	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-90dg 6 mnd **Profil** 17-U-1 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	4344	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,484	% betong
D	2,58	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9984	
Inntrengning	59,5	g/m ²
k (0.1 %)	16,7	mm

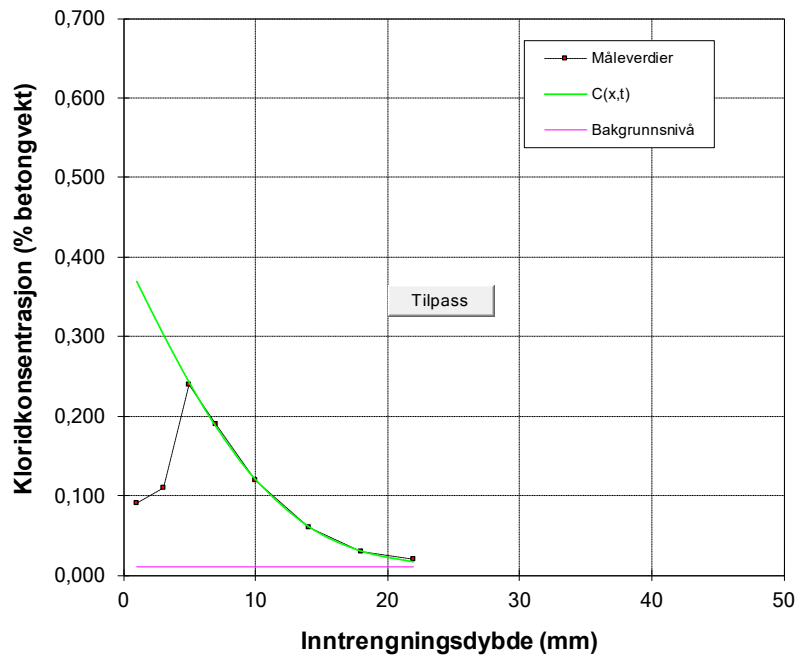
x	målt	status
1	0,090	
3	0,120	
5	0,290	ok
7	0,210	ok
10	0,130	ok
14	0,070	ok
18	0,040	ok
22	0,020	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-90dg 6 mnd **Profil** 18-U-1 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	4344	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,402	% betong
D	2,76	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9997	
Inntrengning	52,3	g/m ²
k (0.1 %)	15,8	mm

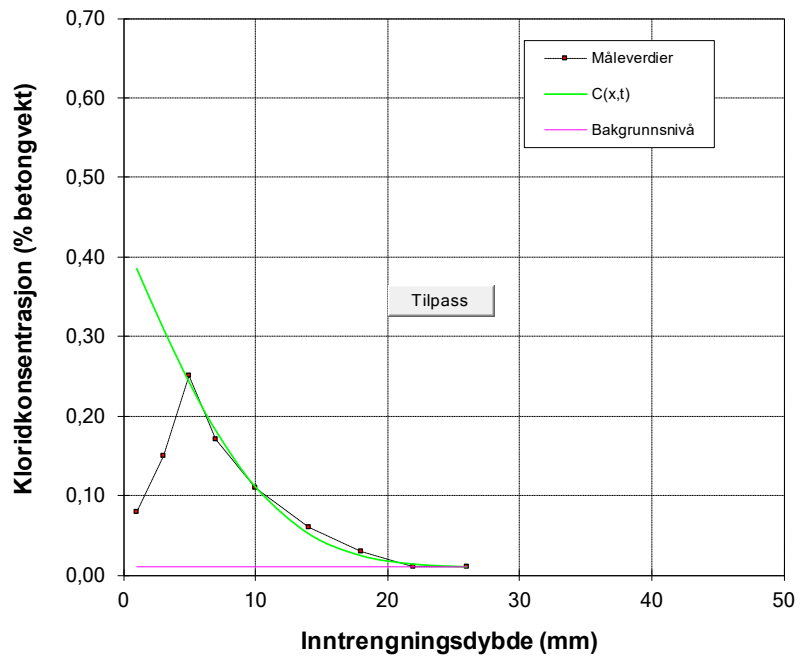
x	målt	status
1	0,090	
3	0,110	
5	0,240	ok
7	0,190	ok
10	0,120	ok
14	0,060	ok
18	0,030	ok
22	0,020	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-90dg 13 mnd **Profil** 17-U-2 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	7584	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,424	% betong
D	1,35	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9969	
Inntrengning	52,0	g/m ²
k (0.1 %)	11,4	mm

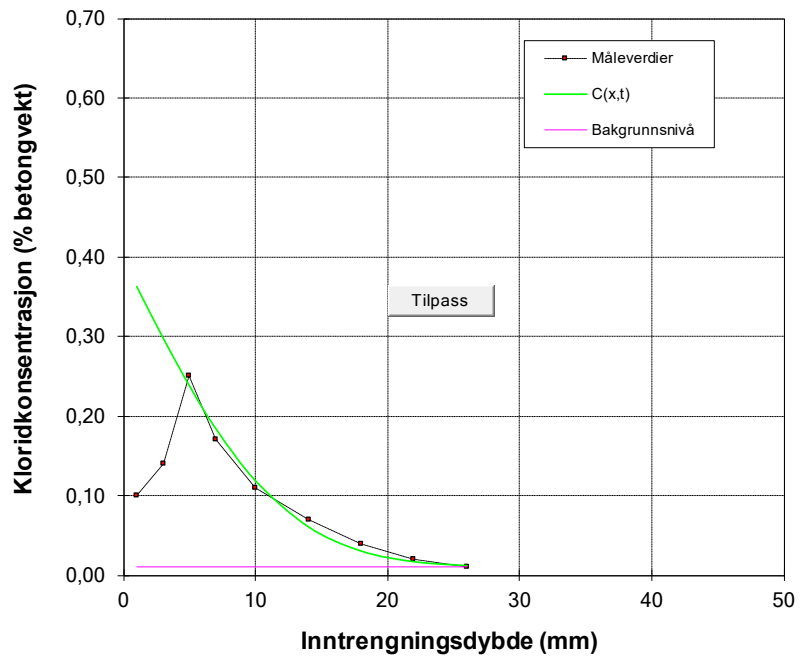
x	målt	status
1	0,08	
3	0,15	
5	0,25	ok
7	0,17	ok
10	0,11	ok
14	0,06	ok
18	0,03	ok
22	0,01	ok
26	0,01	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-17dg 13 mnd **Profil** 18-U-2 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	7584	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,397	% betong
D	1,58	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9936	
Inntrengning	55,6	g/m ²
k (0.1 %)	11,9	mm

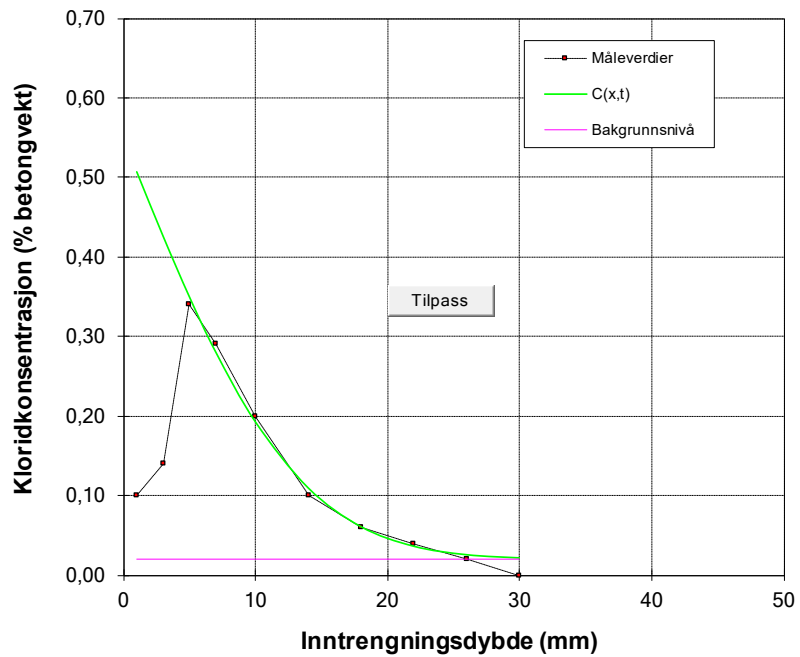
x	målt	status
1	0,10	
3	0,14	
5	0,25	ok
7	0,17	ok
10	0,11	ok
14	0,07	ok
18	0,04	ok
22	0,02	ok
26	0,01	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-90dg 2 år **Profil** 17-U-3 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	17280	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,548	% betong
D	0,84	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9970	
Inntrengning	77,4	g/m ²
k (0.1 %)	10,4	mm

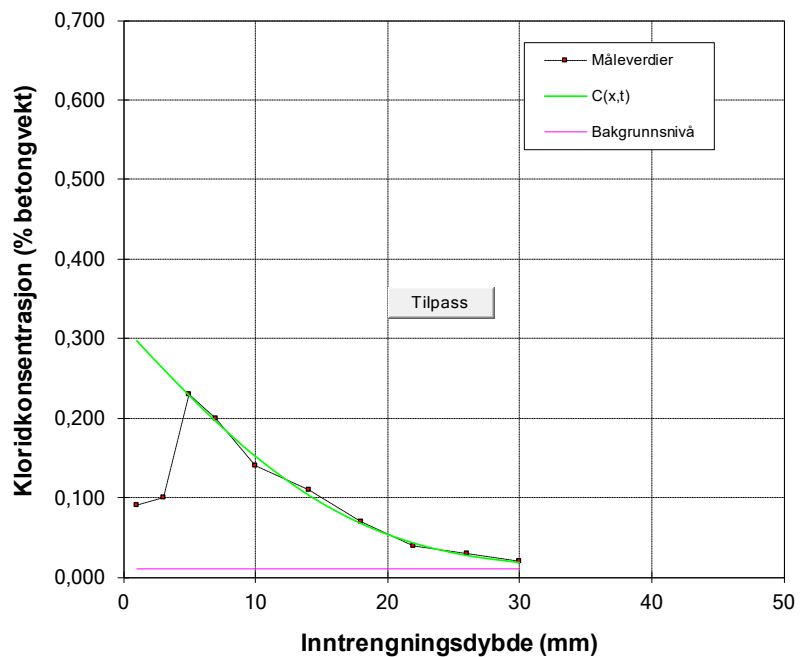
x	målt	status
1	0,10	
3	0,14	
5	0,34	ok
7	0,29	ok
10	0,20	ok
14	0,10	ok
18	0,06	ok
22	0,04	ok
26	0,02	ok
30	0,00	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Tresfjord U-90dg 2 år **Profil** 18-U-3 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	17280	timer
Bakgrunn	0,010	% betong
C_0	0,315	% betong
D	1,51	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9974	
Inntrengning	67,3	g/m ²
k (0.1 %)	10,2	mm

x	målt	status
1	0,090	
3	0,100	
5	0,230	ok
7	0,200	ok
10	0,140	ok
14	0,110	ok
18	0,070	ok
22	0,040	ok
26	0,030	ok
30	0,020	ok



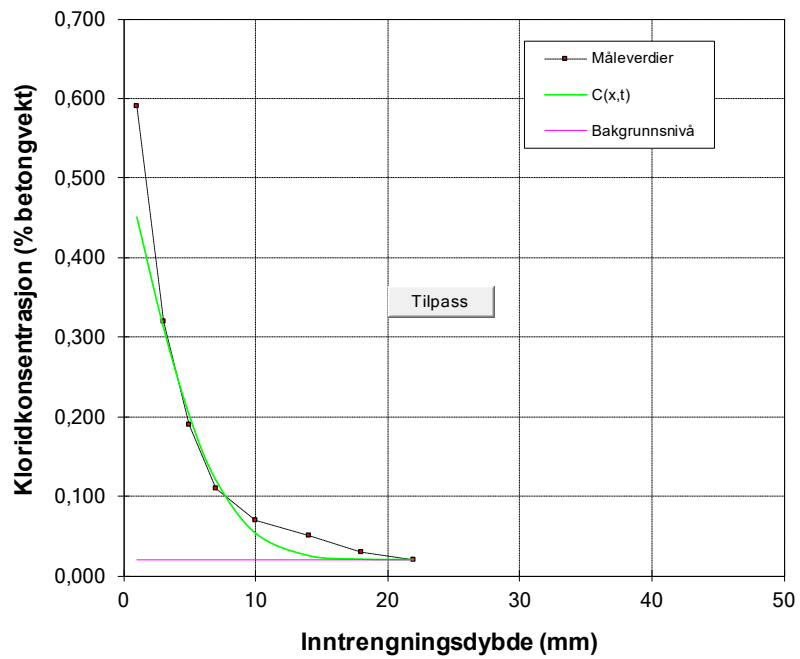
VEDLEGG 7

Kloriddiffusjonskoeffisienter – NT Build 443

Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Trefjord 2 år - NT Build 443 **Profil** 23A 1-S-5 © 2012-01-09 ss

Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,524	% betong
D	4,88	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9936	
Inntrengning	79,2	g/m^2
k (0.1 %)	24,7	mm

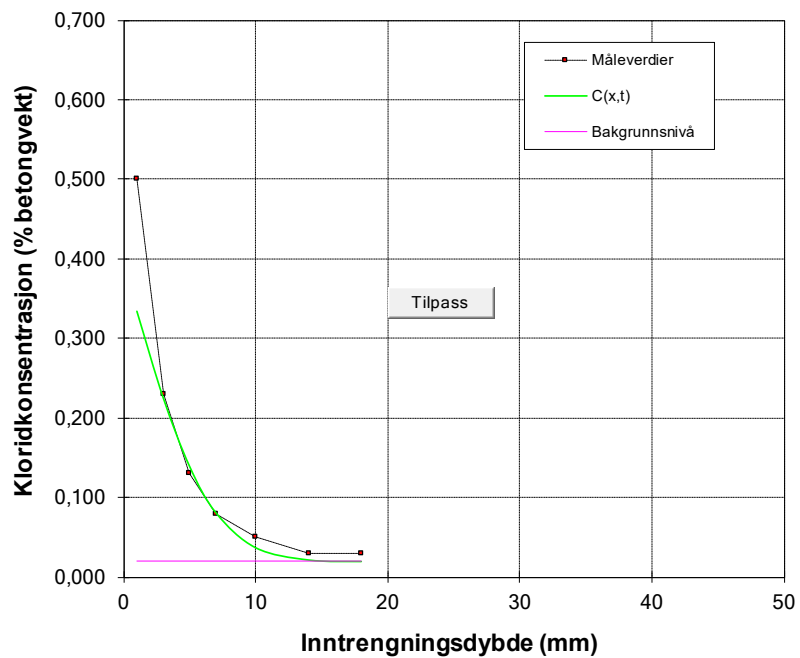
x	målt	status
1	0,590	
3	0,320	ok
5	0,190	ok
7	0,110	ok
10	0,070	ok
14	0,050	ok
18	0,030	ok
22	0,020	



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Trefjord 2 år - NT Build 443 **Profil** 26A 10-U-4 © 2012-01-09 ss

Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,393	% betong
D	4,18	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9954	
Inntrengning	58,6	g/m^2
k (0.1 %)	20,1	mm

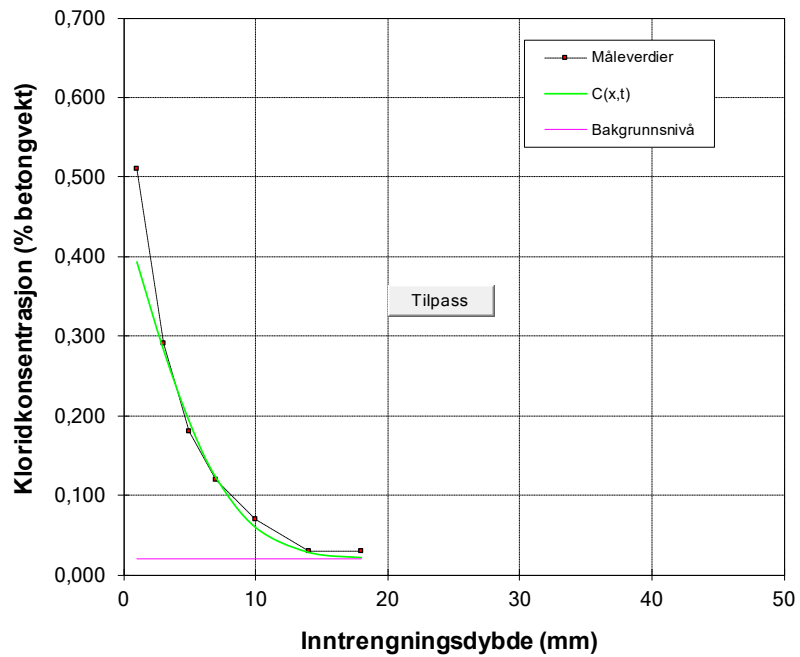
x	målt	status
1	0,500	
3	0,230	ok
5	0,130	ok
7	0,080	ok
10	0,050	ok
14	0,030	ok
18	0,030	



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Trefjord 2 år - NT Build 443 **Profil** 27A 11-U-4 © 2012-01-09 ss

Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,452	% betong
D	5,75	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9967	
Inntrengning	69,5	g/m^2
k (0.1 %)	25,2	mm

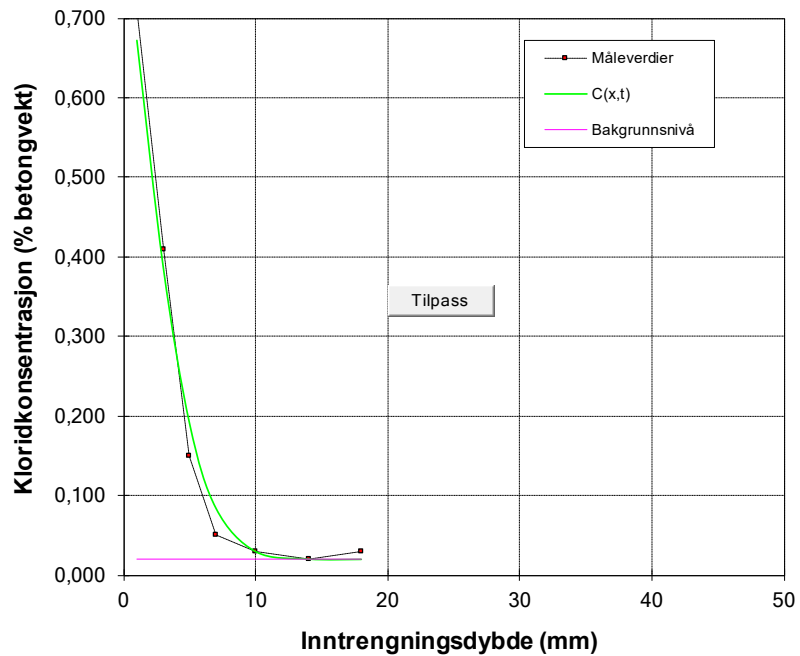
x	målt	status
1	0,510	
3	0,290	ok
5	0,180	ok
7	0,120	ok
10	0,070	ok
14	0,030	ok
18	0,030	



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Trefjord 2 år - NT Build 443 **Profil** 28A 12-U-4 © 2012-01-09 ss

Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,833	% betong
D	2,62	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9887	
Inntrengning	78,7	g/m^2
k (0.1 %)	21,3	mm

x	målt	status
1	0,710	
3	0,410	ok
5	0,150	ok
7	0,050	ok
10	0,030	ok
14	0,020	ok
18	0,030	





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