

Laboratorieprøving av betonger (Fase I og II)

Austefjorden feltstasjon - prøving av betong i marint miljø

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 495



Tittel

Laboratorieprøving av betonger (Fase I og II)

Undertittel

Austefjorden feltstasjon - prøving av betong i marint miljø

Forfatter

Eva Rodum

Avdeling

Konstruksjoner

Seksjon

Konstruksjonsteknikk

Prosjektnummer

L10078

Rapportnummer

Nr. 495

Prosjektleder

Bård M. Pedersen

Godkjent av

Øyvind Bjøntegaard

Emneord

Betong, feltstasjon, bestandighet

Sammendrag

Statens vegvesen etablerte i 2017 en ny feltstasjon for langtids felteksponering av betong i marint miljø, i Austefjorden utenfor Bergen. I 2018 og 2019 ble det utplassert til sammen 19 elementer fra totalt 8 betongresepter. Elementene ble produsert ved Dansk Teknologisk Institut (DTI). Innledende prøving i form av ferskbetongegenskaper og trykkfasthet, densitet og spesifikk elektrisk motstand (til 91 døgns alder) ble utført ved DTI. Akselerert prøving av betongenes frost- og kloridmotstand (ved ca. 90 døgns alder) ble utført ved Statens vegvesens Sentrallaboratorium i Oslo. Rapporten presenterer alle resultater fra utført laboratorieprøving, både ved DTI og SVVs laboratorium.

Title

Laboratory testing of concretes (Phase I and II)

Subtitle

Austefjord Field station - long term testing of concrete in marine environment

Author

Eva Rodum

Department

Structures

Section

Structural Engineering

Project number

L10078

Report number

No. 495

Project manager

Bård M. Pedersen

Approved by

Øyvind Bjøntegaard

Key words

Concrete, field station, durability

Summary

In 2017, the Norwegian Public Roads Administration (NPRA) established a new field station for long-term field exposure of concrete in marine environment, in the Austefjord outside Bergen. In 2018 and 2019, a total of 19 elements cast with 8 different concretes were placed in the field station. The elements were produced by the Danish Technological Institute (DTI). Initial testing of fresh properties and compressive strength, density and resistivity (up to 91 days of age) was performed by DTI. Accelerated testing of resistance against frost and chloride ingress (at age about 90 days) was performed by NPRA's concrete laboratory in Oslo. This report presents all results from the laboratory testing performed by DTI and NPRA.



Innhold

Forord.....	2
1 Innledning.....	3
2 Målsetning	3
3 Betonger.....	3
4 Laboratorieprogram	4
4.1 Proporsjonering og utstøping.....	4
4.2 Prøving ved DTI	6
4.2.1 Ferskbetongegenskaper	6
4.2.2 Trykkfasthet og densitet	7
4.2.3 Spesifikk elektrisk motstand	9
4.2.4 Vurdering av betongblandingenes repeterbarhet	11
4.3 Prøving ved Sentrallaboratoriet.....	11
4.3.1 Mottatte betongprøver – merking og disponering	11
4.3.2 Spesifikk elektrisk motstand	13
4.3.3 Frostmotstand.....	13
4.3.4 Kloridmotstand	16
5 Referanser.....	19

VEDLEGG 1: PRODUKTDATABLADER – ULIKE DELMATERIALER

VEDLEGG 2: EMPA–RAPPORT – ANALYSE AV BINDEMIDLENE

VEDLEGG 3: DTI – FERSKBETONGEGENSKAPER

VEDLEGG 4: DTI – TRYKKFASTHET OG DENSITET, 28 OG 91 DØGN

VEDLEGG 5: DTI – SPESIFIKK ELEKTRISK MOTSTAND, 28 OG 91 DØGN

VEDLEGG 6: SENTRALLABORATORIET – SPESIFIKK ELEKTRISK MOTSTAND, CA. 65 DØGN

VEDLEGG 7: SENTRALLABORATORIET – FROSTAVSKALLING (7 DØGN FORKONDISJONERING)

VEDLEGG 8: SENTRALLABORATORIET – FROSTAVSKALLING (14±1 UKER FORKONDISJONERING)

VEDLEGG 9: SENTRALLABORATORIET – KLORIDPROFILER OG DIFFUSJONSPARAMETERE

Forord

Denne rapporten inngår i en serie av rapporter om utprøving og dokumentasjon av langtidsegenskaper for betong i marint klima i feltstasjon Austefjorden, ved Bergen. Etter en prosess i 2016 for å finne egnet sted for ny feltstasjon ble Austefjorden feltstasjon etablert i 2017. De tre første rapportene i serien omhandler følgende:

- SVV Rapport 492: Bakgrunn for etablering av feltstasjonen, og beskrivelse av hvordan feltstasjonen er tilrettelagt
- SVV Rapport 494: Ikke-instrumenterte og instrumenterte betongelementer for langtidsprøving (Fase I og II). Disse betongene ble utplassert henholdsvis i 2018 og 2019.
- SVV Rapport 495: Laboratedokumentasjon av betongresepter for betonger fra Fase I og II.

Det vil tilkomme flere rapporter i serien etter hvert, både i form av resultatrapporter og ved framtidig utsetting av nye betongelementer med nye betongsammensetninger.

Feltstasjoner av denne typen er svært viktige med tanke på å kunne dokumentere bestandighet av ulike betongtyper i aggressivt kystklima, og ikke minst for å kunne kalibrere akselerert laboratorieprøving mot sanne langtidsegenskaper i felt. Betongtypene som i første rekke har blitt satt ut hittil er betonger i henhold til de nye spesifikasjonene som kom i 2015 gitt i Håndbok R762, Prosess 84. I tillegg til dette er det satt ut elementer med betong i tråd med en eldre spesifikasjon hvor det var tillatt å bruke CEM I (ren Portlandsement), samt elementer med betongtyper som kan bli tillatt i framtiden, f.eks. CEM III/A. Det forventes at det vil skje en utvikling mot nye typer sementer de nærmeste årene, blant annet som en følge av kravene om å redusere betongens klimaavtrykk. Det er ved etablering av feltstasjonen tatt høyde for å plassere ut et betydelig antall betongelementer bestående av framtidige sementer og bindemidler.

1 Innledning

Statens vegvesen etablerte i 2017 en ny feltstasjon for langtids felteksponering av betong i marint miljø. Feltstasjonen er lokalisert ved en ferjekai i Austefjorden utenfor Bergen og er tilrettelagt for utplassering av armerte betongelementer, med eller uten instrumentering. Beliggenhet og utforming av feltstasjonen er beskrevet i Statens vegvesen rapport nr. 492 /1/.

De første 19 elementene ble utplassert ved feltstasjonen i 2018 (Fase I) og i 2019 (Fase II). Elementenes geometri og instrumentering er beskrevet i Statens vegvesen rapport nr. 494 /2/.

Elementene ble produsert ved Dansk Teknologisk Institut (DTI). Innledende prøving i form av ferskbetongegenskaper, trykkfasthet, densitet og spesifikk elektrisk motstand til 91 døgns alder ble utført ved DTI. Akselerert prøving av betongenes frost- og kloridmotstand, samt spesifikk elektrisk motstand, ble utført ved Statens vegvesens Sentrallaboratorium i Oslo, på prøvestykker produsert ved DTI.

Denne rapporten beskriver hvilke betongresepter som inngår i Fase I (fem resepter) og Fase II (tre resepter) og presenterer resultater fra laboratorieprøving av de ulike betongene, utført både ved DTI og Sentrallaboratoriet.

2 Målsetning

Målet med rapporten er å dokumentere de betongene som er utplassert på feltstasjonen i 2018 og 2019, både materialsammensetning og laboratoriebestemte bestandighetsegenskaper. Resultatene forventes å være et viktig grunnlag ved vurdering av elementenes respons på eksponeringsbetingelsene i feltstasjonen.

Rapporten inneholder kun resultater samt en vurdering av betongblandingenenes repeterbarhet fra én blanding til en annen (det er utført to eller tre blandinger pr resept). Det er ellers ikke gjort vurderinger av resultatene, verken når det gjelder sammenhenger mellom ulike egenskaper eller i forhold til tidligere undersøkelser.

3 Betonger

Betongreseptene er valgt med bakgrunn i bindemiddelkombinasjoner og resepter som tilfredsstillers dagens krav i Håndbok R762 Prosesskode 2 (pr. juni 2021). I tillegg er det valgt å inkludere en referansebetong fra det tidligere FoU-prosjektet «Kloridbestandig betong – fase II», samt en sement med høyere slagginnhold enn det som pr. dato er godkjent.

Statens vegvesen utarbeidet et konkurransegrunnlag for utstøping av elementer for feltstasjonen. Dansk Teknologisk Institut (DTI) fikk oppdraget, og det ble støpt ut totalt 10 ikke-instrumenterte elementer i 2017 (Fase I) og 6+3 ikke-instrumenterte + instrumenterte elementer i 2018 (Fase II).

Tabell 1 gir en oversikt over betongene som er inkludert i Fase I og II. Betongnavnene angir sementtype og total mengde flygeaske (FA) eller slaggg (i % av total bindemiddelmengde), med unntak av miljøsementen fra Cemex (benevnt «Miljø» som har 30 % slagginhold).

Betong A er lik referansebetongen fra FoU-prosjektet «Kloridbestandig betong – fase II» (Solsvik), med masseforhold $m=0,39$. Betong C og F er «SV-Lavvarme»-varianter med proporsjonert $m=0,44$. Øvrige betonger er «SV-Standard»-varianter med proporsjonert $m=0,39$.

Ekstra tilsatt flygeaske har virkningsfaktor 0,7 i masseforhold-beregningen. Silikastøv har virkningsfaktor 2,0.

Proporsjonerte/nominelle betongresepter er angitt i avsnitt 4.1.

Tabell 1 Oversikt over betongene som er støpt i fase I (Resept A-E) og Fase II (Resept F-H)

Betong	Navn	Kortnavn	Totalt innhold ¹⁾ %		Silika-innhold ¹⁾ %	Masseforhold	Støpedato DTI
			FA	slaggg			
Elementer produsert i 2017 (Fase I)							
A	Norcem Std	Std0	–	–	4	0,39	03.11.2017
B	Norcem Std FA	Std18	18	–	4	0,39	07.11.2017 10.11.2017
C	Norcem Std FA 40 %	Std40	40	–	4	0,44	21.11.2017
D	Norcem Anl FA	Anl15	15	–	4	0,39	13.11.2017
E	Cemex CEM III/A	Cemex45	–	45	4	0,39	17.11.2017
Elementer produsert i 2018 (Fase I)							
F	Norcem Anl FA 40 %	Anl40	40	–	4	0,44	04.12.2018
G	Cemex Miljøsement	Miljø	–	30	4	0,39	07.12.2018
H	Aalborg Rapid 20 %	Aalb20	20	–	4	0,39	11.12.2018

¹⁾ Flygeaske (FA) og silikainnhold er gitt som vekt-% av total bindemiddelmengde (sement+FA+silika).

4 Laboratorieprogram

4.1 Proporsjonering og utstøping

Betongene ble proporsjonert med lik mengde sementpasta (325 l/m^3) for alle betongene. Betongene ble støpt med masseforhold 0,39 eller 0,44, alle med 4 % tilsatt silikastøv (av total bindemiddelmengde). Proporsjonert/tilsiktet luftinnhold var $4,5 \pm 1,5$ %, mens tilsiktet synkmål var 190 ± 30 mm. Konsistens og luftinnhold ble justert ved å tilpasse mengde SP-stoff og L-stoff, det ble gjennomført egne prøveblandinger for dette.

Det ble blandet én betongblanding pr. element. I tillegg ble det støpt ut små prøvestykker (100 mm terninger og $\varnothing 100$ mm x 200 mm sylindere) for dokumentasjon av betongens

herdne egenskaper. I Fase I ble små prøvestykker (både terninger og sylindere) støpt ut fra hver blanding. I Fase II ble det støpt terninger fra hver blanding, mens sylindrene ble støpt fra én av blandingene pr resept (samme blanding som det instrumenterte elementet).

Hver blanding var på ca. 260 liter (375/250 liters Haarup tvangsblender).

Alle delmaterialer (sementer, silikastøv, flygeaske, tilslag og tilsetningsstoffer) ble sendt fra Statens vegvesen til DTI. Produktdatablader finnes i Vedlegg 1. Alle sementer, flygeaske og silikastøv er dokumentert ved analyse av densitet, spesifikt overflateareal og kjemisk-mineralogisk sammensetning, se EMPA prøvingsrapport i Vedlegg 2.

Proporsjonerte/nominelle betongresepter er vist i Tabell 2.

Tabell 2 Proporsjonerte/nominelle betongresepter

Materialer, kg/m ³	Betonger							
	Fase I (2017)				Fase II (2018)			
	A Std0	B Std18	C Std40	D Anl15	E Cemex45	F Anl40	G Miljø	H Aalb20
Norcem Standard	427,2							
Norcem Standard FA		419,0	281,6					
Norcem Anlegg FA				420,0		272,3		
Cemex CEM III/A					420,8			
Aalborg Rapid								338,7
Cemex Miljøsement							422,3	
Elkem Microsilica	18,0	17,6	16,6	17,6	17,7	16,7	17,7	18,0
Flygeaske Eminent B4	0,0	0,0	114,3	0,0	0,0	124,4	0,0	89,2
Fritt vann	180,6	177,2	173,7	177,5	177,9	172,8	178,5	170,5
Absorbent vann	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
Årdal sand 0/8	887,8	887,8	887,8	888,1	887,8	888,4	888,4	888,4
Årdal stein 8/16	793,4	793,4	793,4	793,7	793,4	793,2	793,2	793,2
Mapei Dynamon SX-23	3,1	2,7	1,9	2,5	2,5	1,7	2,0	2,2
Mapeair 25 (1:9)	1,6	2,9	5,4	4,0	1,4	6,2	1,9	3,0
Masseforhold	0,39	0,39	0,44	0,39	0,39	0,44	0,39	0,39

For dokumentasjon av betongegenskaper i herdnet tilstand (trykkfasthet, densitet, spesifikk elektrisk motstand, motstand mot kloridinntrenging og frostmotstand) ble det støpt:

- 10 stk 100 mm terninger for hver betongblanding
- 6 stk ø100 mm x 200 mm sylindere for hver betongresept

Prøvene ble avformet etter 48–72 timers herding og lagt i vannbad med temperatur lik 20 ± 2 °C fram til prøving ved 28 og 91 døgns alder. Under herdeperioden (ved alder mellom 5 og 10 uker) ble sylindrene sendt til Statens vegvesens Sentrallaboratorium i Oslo. Under transport var de pakket i plast og ved ankomst ble de umiddelbart lagt i vann fram til prøving.

Detaljert dokumentasjon fra elementproduksjonen ved DTI er samlet i egne rapporter, Vedlegg A og B i Statens vegvesen rapport nr. 494 /2/.

4.2 Prøving ved DTI

4.2.1 Ferskbetongegenskaper

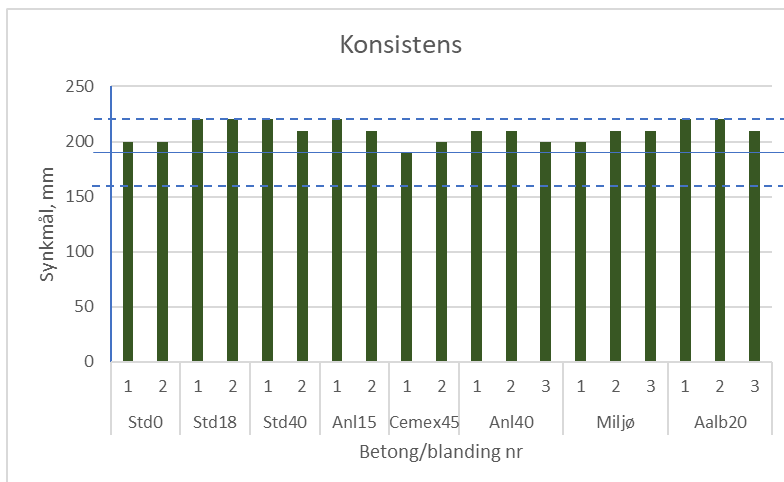
Ferskbetongegenskaper ble bestemt for hver blanding, iht. metoder gitt i Tabell 3.

Tabell 3 – Prøving av fersk betong

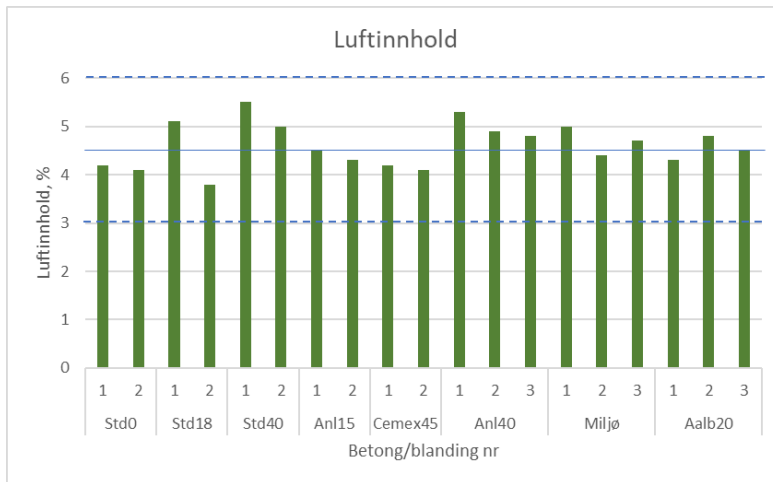
Egenskap	Metode
Luftinnhold	NS-EN 12350-7
Densitet	NS-EN 12350-6
Konsistens, synkmål	NS-EN 12350-2
Temperatur	Termometer

Alle enkeltresultater er presentert tabellarisk i Vedlegg 3. Middelerverdier pr. resept er vist i Tabell 4.

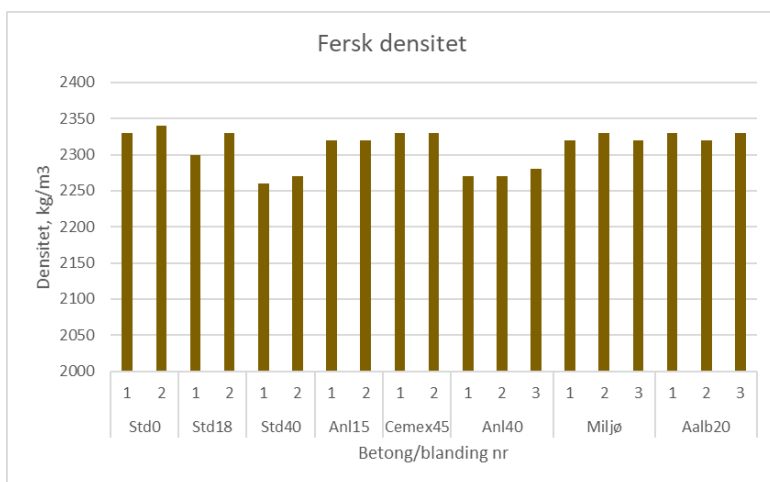
Målt konsistens, luftinnhold og densitet (pr blanding) er vist grafisk i Figur 1– Figur 3.



Figur 1 Målt synk, tilsiktet verdi 190 ± 30 mm er angitt med horisontale linjer



Figur 2 Målt luftinnhold, tilsiktet verdi $4,5 \pm 1,5$ % er angitt med horisontale linjer



Figur 3 Målt fersk densitet

Tabell 4 Ferskbetongegenskaper, middelerverdier av hhv. 2 (Fase I) og 3 (Fase II) blandinger

Egenskap	Betonger							
	Fase I (2017)					Fase II (2018)		
	A Std0	B Std18	C Std40	D Anl15	E Cemex45	F Anl40	G Miljø	H Aalb20
Synkmål, mm	200	220	215	215	195	207	207	217
Luftinnhold, %	4,2	4,5	5,3	4,4	4,2	5,0	4,7	4,5
Densitet, kg/m ³	2340	2320	2270	2320	2330	2270	2320	2330
Temperatur, °C	20,6	20,0	18,8	20,0	20,4	20,4	21,3	21,1

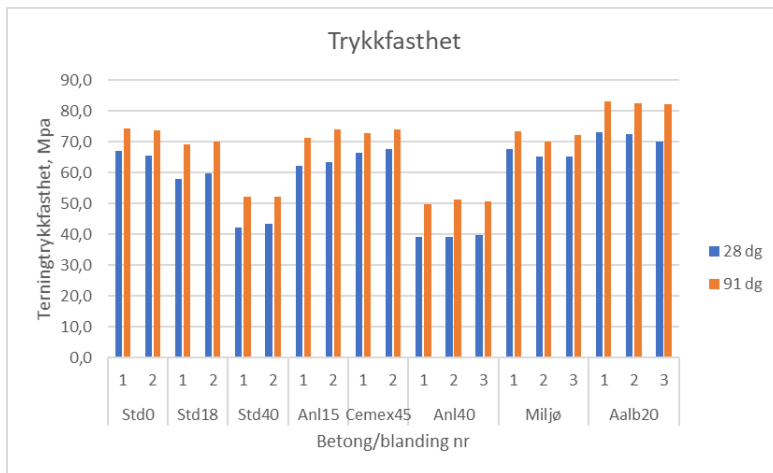
4.2.2 Trykkfasthet og densitet

Trykkfasthet og densitet ble bestemt ved 28 og 91 døgns alder, iht. NS-EN 12390 del 3 og 7. Prøving ble utført på 100 mm terninger, 3 prøvestykker pr betongblanding pr termin. Densitet ble bestemt i vannmettet tilstand, på de samme prøvestykkene som ble benyttet til trykkprøving. Prøvestykkenes volum ble bestemt ved måling av dimensjoner.

Alle enkeltresultater, med middelværdier og standardafvik pr. blanding og resept, er vist i Vedlegg 4.

Middelværdier pr blanding er vist grafisk i Figur 4 (trykkfasthet) og Figur 6 (densitet).

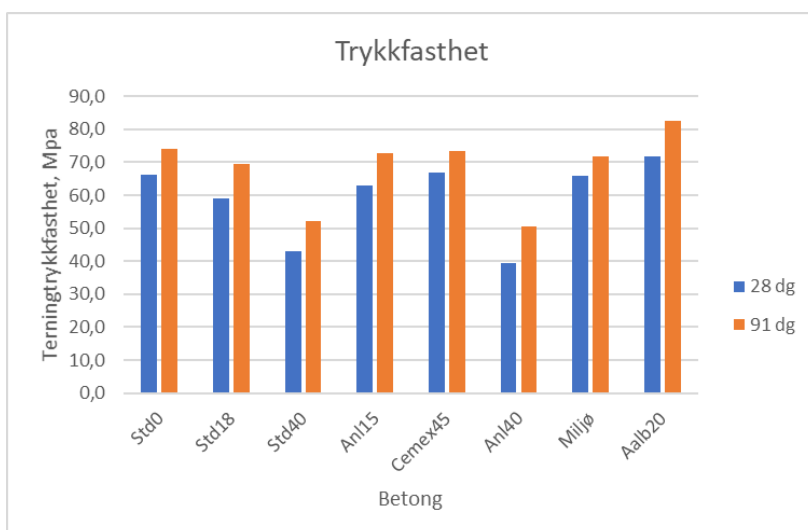
Middelværdier pr resept, er gitt i Tabell 5 (trykkfasthet) og Tabell 6 (densitet), samt vist grafisk for trykkfasthet i Figur 5.



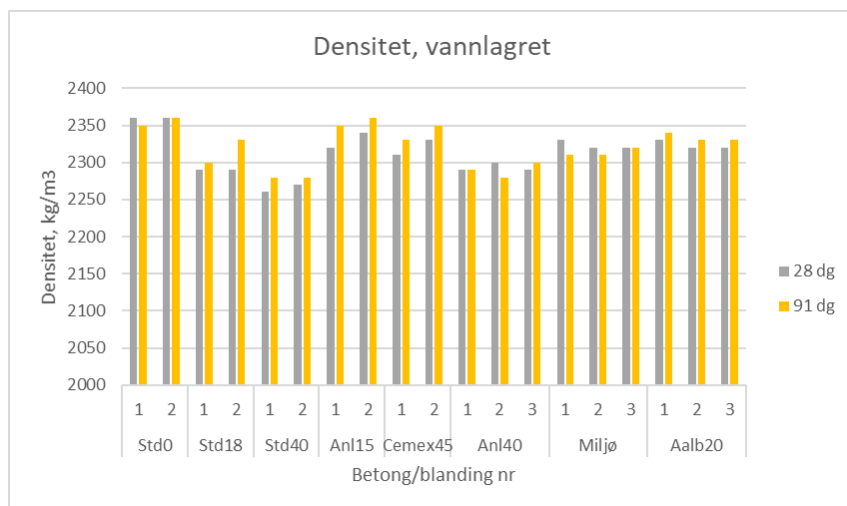
Figur 4 28 og 91 døgns trykkfasthet, middelværdier pr blanding á 3 terninger

Tabell 5 Terningtrykkfasthet [MPa], ved 28 og 91 døgns alder, middelværdier av hhv. 6 stk (Fase I) og 9 stk (Fase II) terninger

Alder	Betonger							
	Fase I (2017)					Fase II (2018)		
	A Std0	B Std18	C Std40	D Anl15	E Cemex45	F Anl40	G Miljø	H Aalb20
28 dg	66,4	58,9	42,9	62,9	66,9	39,4	66,0	71,8
91 dg	74,1	69,6	52,3	72,6	73,5	50,6	71,9	82,6



Figur 5 Trykkfasthet ved 28 og 91 døgns alder, middelværdier pr resept



Figur 6 Densitet ved 28 og 91 døgns alder, middelerdier pr blanding á 3 terninger

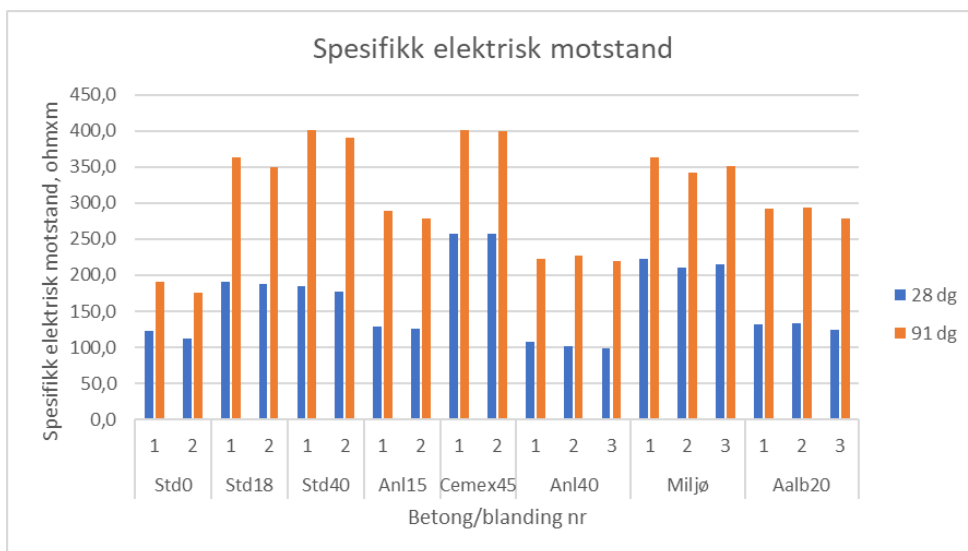
Tabell 6 Densitet [kg/m³], ved 28 og 91 døgns alder, middelerdier av hhv. 6 stk (Fase I) og 9 stk (Fase II) terninger

Alder	Betonger							
	Fase I (2017)					Fase II (2018)		
	A Std0	B Std18	C Std40	D Anl15	E Cemex45	F Anl40	G Miljø	H Aalb20
28 dg	2360	2290	2270	2330	2320	2290	2320	2330
91 dg	2360	2320	2280	2360	2340	2290	2310	2330

4.2.3 Spesifikk elektrisk motstand

Spesifikk elektrisk motstand ble bestemt på 100 mm vannlagrede terninger ved 28 og 91 døgns alder, iht. Statens vegvesens Håndbok R210, Prosess 443. Prøving ble utført på 4 prøvestykker pr. serie. De samme fire prøvestykkene ble benyttet både ved 28 og 91 døgns prøving.

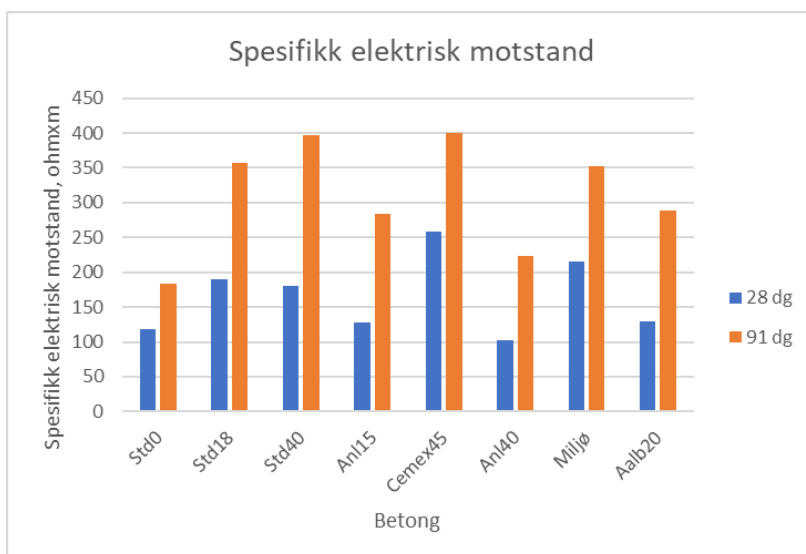
Alle enkeltresultater, med middelerdier og standardavvik pr. blanding og resept, er vist i Vedlegg 5. Middelerdier pr. blanding er vist grafisk i Figur 7. Middelerdier pr. betong er vist i Tabell 7 og Figur 8.



Figur 7 Spesifikk elektrisk motstand ved 28 og 91 døgns alder, middelerverdier pr blanding á 4 terninger

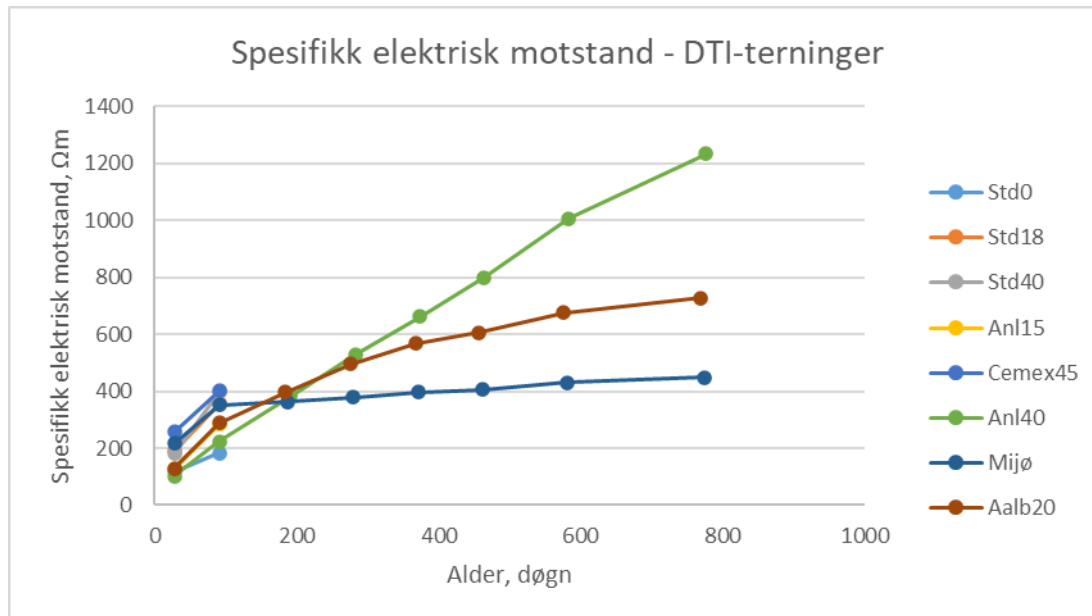
Tabell 7 Spesifikk elektrisk motstand [Ωm], ved 28 og 91 døgns alder, middelerverdier av hhv. 8 stk (Fase I) og 12 stk (Fase II) terninger

Alder	Betonger							
	Fase I (2017)					Fase II (2018)		
	A Std0	B Std18	C Std40	D Anl15	E Cemex45	F Anl40	G Miljø	H Aalb20
28 dg	118	189	181	127	258	102	216	130
91 dg	183	357	396	284	401	223	352	288



Figur 8 Spesifikk elektrisk motstand ved 28 og 91 døgns alder, middelerverdier pr betong

Etter måling ved 91 døgns alder ble terningene fra Fase II sendt til Sentrallaboratoriet for videre oppfølging. Terningene ble lagt i vann og motstandsmålinger utført ved ca. 6, 9, 12 og 15 mnd, 1,5 og 2 års alder. Utviklingene i spesifikk elektrisk motstand over perioden er vist i Figur 9.



Figur 9 Utvikling i spesifikk elektrisk motstand fra 28 døgn til ca. 2 års alder, middelverdier pr betong i Fase II. Betonger i Fase I ble kun målt fram til 91 døgns alder (ved DTI)

4.2.4 Vurdering av betongblandingenenes repeterbarhet

De ulike betongene er støpt i 2 eller 3 blandinger (hhv. i Fase I og II).

Utført dokumentasjon av ferskbetongegenskaper og herdet betongs trykkfasthet/densitet og spesifikk elektrisk motstand ved 28 og 91 døgns alder, viser ingen signifikante forskjeller mellom ulike blandinger fra samme resept. En viss systematisk forskjell er dog registrert for Std18 (den eneste betongen hvor blandingen ble utført på ulike dager) for ferskbetongegenskapene luftinnhold og densitet (Figur 2 og Figur 3). Disse forskjellene har imidlertid ikke hatt effekt på verken trykkfasthet (Figur 4), densitet i herdet tilstand (Figur 6) eller spesifikk elektrisk motstand (Figur 9).

4.3 Prøving ved Sentrallaboratoriet

4.3.1 Mottatte betongprøver – merking og disponering

Samtidig med støping av elementene ble det støpt ut 6 stk Ø100 mm x 200 mm sylindre pr. betong (ved DTI). Disse ble lagret i vann fram til 1–2 mnd. alder, deretter ble de pakket i plast og sendt til Statens vegvesens Sentrallaboratorium i Oslo. Ved mottak her ble de lagt i vann fram til prøving. En oversikt over mottatte prøvestykker, i Fase I og Fase II, er vist i Tabell 8.

Tabell 8 Oversikt over mottatte sylindre, støpt ved DTI i Fase I og Fase II

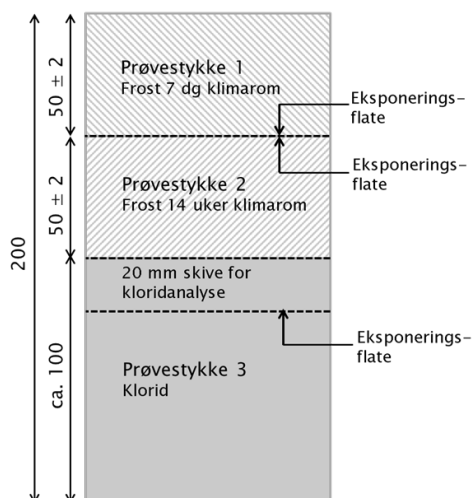
Betong	Navn	Sylindre ^{*)}	Støpedato	Ankomst Sentrallab.
Elementer produsert i 2017 (Fase I)				
A	Std0	3 stk. merket A1 3 stk. merket A2	03.11.2017	15.01.2018
B	Std18	3 stk. merket B1 3 stk. merket B2	10.11.2017 07.11.2017	
C	Std40	3 stk. merket C1 3 stk. merket C2	21.11.2017	
D	Anl15	3 stk. merket D1 3 stk. merket D2	13.11.2017	
E	Cemex45	3 stk. merket E1 3 stk. merket E2	17.11.2017	
Elementer produsert i 2017 (Fase I)				
F	Anl40	6 stk. merket F3	04.12.2018	Medio januar 2019
G	Miljø	6 stk. merket G3	07.12.2018	
H	Aalb20	6 stk. merket H3	11.12.2018	

*) Tall i merking angir blandingsnummeret. I Fase II er det kun støpt sylindre fra blanding nr. 3.

Prøvene ble disponert til følgende prøving:

- Spesifikk elektrisk motstand
- Frostprøving
- Akselerert kloridinntrenging

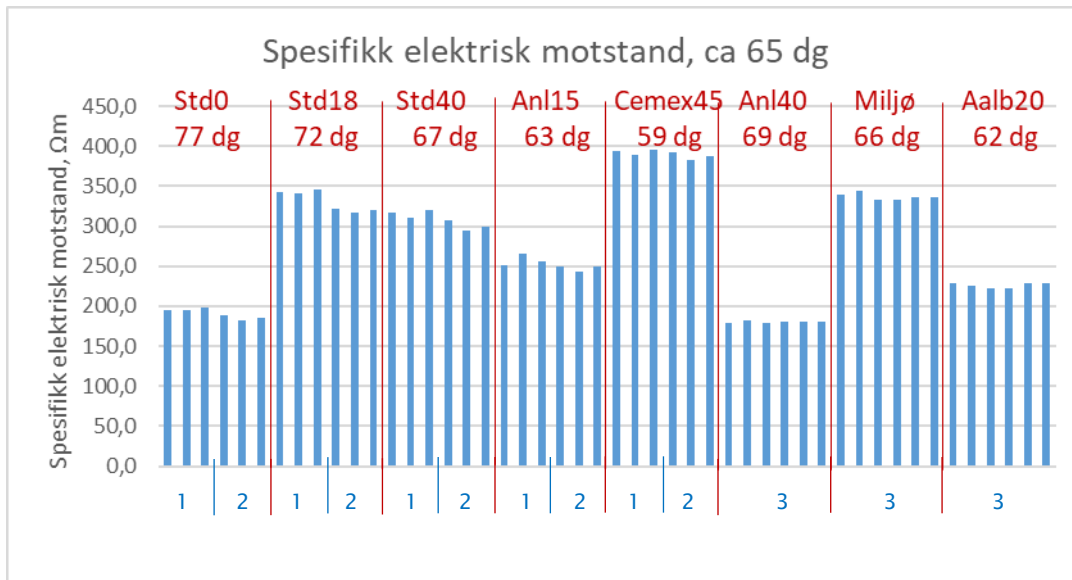
Spesifikk elektrisk motstand ble utført på hele sylindre. Klorid- og frostprøving ble utført på prøvestykker tildannet som vist i Figur 10.



Figur 10 Tildanning av prøvestykker for hhv. frostprøving (2 ulike forkondisjoneringsregimer) og prøving av kloridmotstand

4.3.2 Spesifikk elektrisk motstand

Ved ca. 2 mnd. alder, ble det målt spesifikk elektrisk motstand på de mottatte sylindrene. Prøving er utført iht. Statens vegvesens Håndbok R210, Prosess 443, hhv. 19.01.2018 (Fase I) og 11.02.2019 (Fase II). Enkeltresultater er presentert i Figur 11 og i Vedlegg 6, middelerverdier i Tabell 9.



Figur 11 Spesifikk elektrisk motstand ved ca. 65 døgns alder (nøyaktig alder og blandingsnummer er angitt i figuren), enkeltresultater pr. sylinder.

Tabell 9 Spesifikk elektrisk motstand [Ωm], ved ca. 65 døgns alder, middelerverdier av 6 sylindere pr. betong

Fase	Fase I (2017)					Fase II (2018)		
Betong	A	B	C	D	E	F	G	H
	Std0	Std18	Std40	Anl15	Cemex45	Anl40	Miljø	Aalb20
Alder, døgner	77	72	67	63	59	69	66	62
Spes. elektrisk motstand, Ωm	191	331	308	253	391	180	337	226

4.3.3 Frostmotstand

Frostmotstand ble bestemt for to serier pr. betongresept. Prøving ble utført iht. CEN/TS 12390-9 (og HB R210:445), med diverse avvik og tilpasninger: For hver betong/serie ble ett prøvestykke tildannet fra hver av 6 stk $\varnothing 100 \times 200$ sylindrer, se Tabell 8 og Figur 10. Saging til prøvestykker ble gjort etter vannlagring fram til 80–91 døgns alder (se Tabell 11) og prøvestykkene deretter satt i klimakammeret (20 °C og 65 % RF) i hhv. 7 døgner (serie 1) og 14 \pm 1 uker (serie 2) før den endelige klargjøringen for frosteksposering. Frysemedium var 3 % NaCl-løsning. Tidspunkter for preparering og eksponering av de ulike prøvestykker er vist i Tabell 10.

Tabell 10 Tidsforløp – frosttesting

Resept	Serie	Saging av prøvestykker – inn i klimakammer	Ut av klimakammer og klargjøring	Inn i fryseskap	Ut av fryseskap (56 døgn)
Sylindre produsert i 2017 (Fase I)					
A, B og D	Serie 1	02-02-2018	09-02-2018	12-02-2018	09-04-2018
	Serie 2		15-05-2018	18-05-2018	13-07-2018
E og C	Serie 1	09-02-2018	16-02-2018	19-02-2018	16-04-2018
	Serie 2		15-05-2018	18-05-2018	13-07-2018
Sylindre produsert i 2018 (Fase II)					
F, G og H	Serie 1	01-03-2019	08-03-2019	11-03-2019	06-05-2019
	Serie 2		04-06-2019	07-06-2019	02-08-2019

Tabell 11 Alder [døgn] ved saging og start forkondisjonering i klimakammer

Fase I (2017)					Fase II (2018)		
A Std0	B Std18	C Std40	D Anl15	E Cemex45	F Anl40	G Miljø	H Aalb20
91	84/87	80	81	84	87	84	80

Alle enkeltmålinger og akkumulert avskalling over eksponeringsperioden på 56 døgn, hhv. for 7 døgns og 14 ukers forkondisjonering, er vist tabellarisk og grafisk for alle prøvestykker i Vedlegg 7 og Vedlegg 8. Middelerverdier pr. resept er vist i Tabell 12 og Tabell 13, samt framstilt grafisk i Figur 13 og Figur 14.

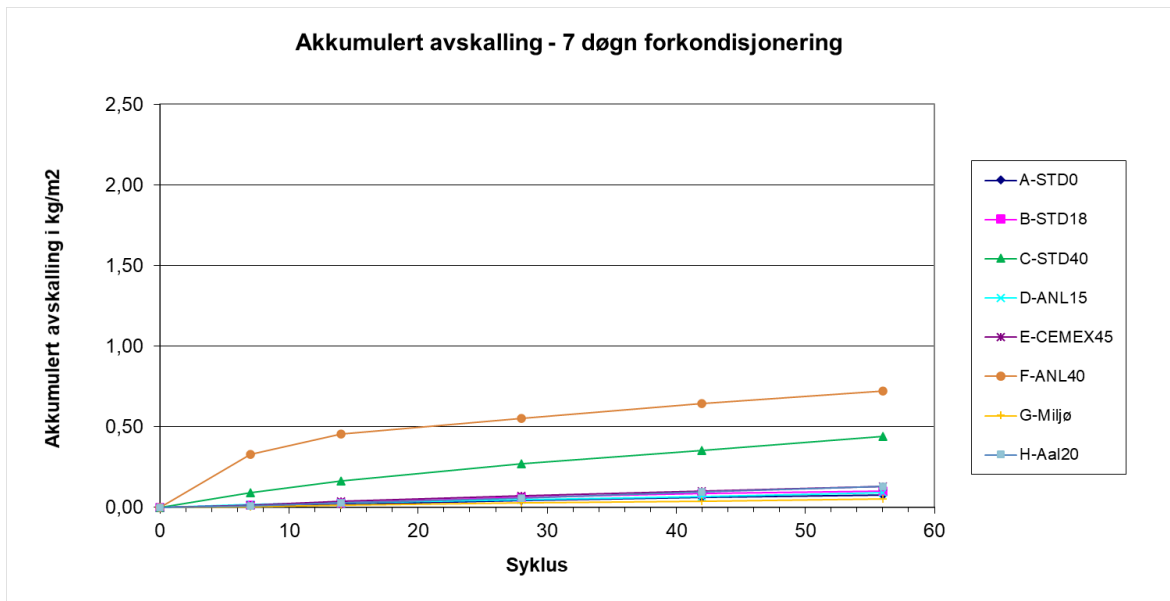
Merk at herdetiden ved start prøvetildanning i denne rapporten er betydelig høyere enn hva standarden foreskriver, ca. 85 døgn mot 21 døgn i CEN/TS 12390-9, og at dette i stor grad kan påvirke betongens frostmotstand.

Tabell 12 Akkumulert avskalling – serie 1(85±6 døgn herding+7 døgns forkondisjonering)

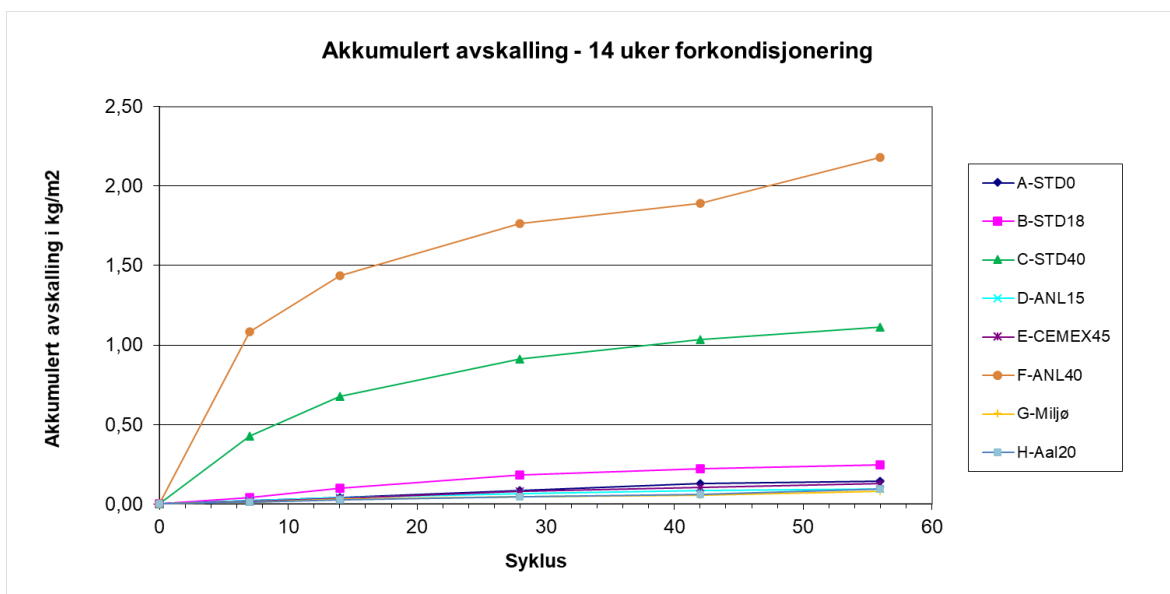
Syklus	Betonger							
	Fase I (2017)					Fase II (2018)		
	A Std0	B Std18	C Std40	D Anl15	E Cemex45	F Anl40	G Miljø	H Aalb20
7	0,012	0,015	0,093	0,017	0,016	0,329	0,006	0,009
14	0,020	0,027	0,166	0,029	0,038	0,455	0,016	0,029
28	0,042	0,064	0,272	0,049	0,073	0,552	0,030	0,059
42	0,061	0,088	0,352	0,069	0,102	0,644	0,041	0,095
56	0,076	0,103	0,439	0,090	0,131	0,723	0,054	0,131

Tabell 13 Akkumulert avskalling – serie 2 (85±6 døgn herding+14±1 uker forkondisjonering)

Syklus	Betonger							
	Fase I (2017)					Fase II (2018)		
	A Std0	B Std18	C Std40	D Anl15	E Cemex45	F Anl40	G Miljø	H Aalb20
7	0,019	0,043	0,425	0,020	0,014	1,083	0,011	0,011
14	0,042	0,101	0,676	0,039	0,037	1,435	0,030	0,028
28	0,087	0,181	0,911	0,067	0,080	1,765	0,046	0,045
42	0,128	0,221	1,035	0,085	0,104	1,893	0,056	0,061
56	0,142	0,245	1,115	0,097	0,127	2,182	0,079	0,094



Figur 12 Akkumulert avskalling – serie 1 (85±6 døgn herding+7 døgns forkondisjonering).



Figur 13 Akkumulert avskalling – serie 2 (85±6 døgn herding+14±1 uker forkondisjonering).

4.3.4 Kloridmotstand

Akselerert prøving av kloridmotstand ble utført iht. NS-EN 206+NA (NS-EN 12390-11), med neddykking i 6 % NaCl-løsning fra 90 ± 2 døgns alder og eksponeringstid på 90 ± 3 dogn (dog 83 døgns eksponering for 2 av prøvestykkene for resept C). Et avvik fra NS-EN 12390-11 er at metning av prøvestykker før eksponering i saltløsning ble gjort ved neddykking i mettet $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -løsning (iht. NT Build 443) i stedet for vakuummetning i vann. Tidsperioder for klorideksponering er vist i Tabell 14.

Tabell 14 Klorideksponering – tidsforløp

Resept	Ned i 6 % NaCl-løsning		Opp av 6 % NaCl-løsning og fresing	
	Dato	Alder ved neddykking	Dato	Antall dogn neddykket
Sylindre produsert i 2017 (Fase I)				
A	01-02-2018	90	02-05-2018	90
B	06-02-2018	88/91	07-05-2018	90
C	20-02-2018	91	14-05-2018 ¹⁾	83
			22-05-2018	91
D	12-02-2018	91	14-05-2018	91
E	12-02-2018	91	16-05-2018	93
Sylindre produsert i 2018 (Fase II)				
F	04-03-2019	90	03-06-2019	91
G	07-03-2019	90	06-06-2019	91
H	12-03-2019	91	11-06-2019	91

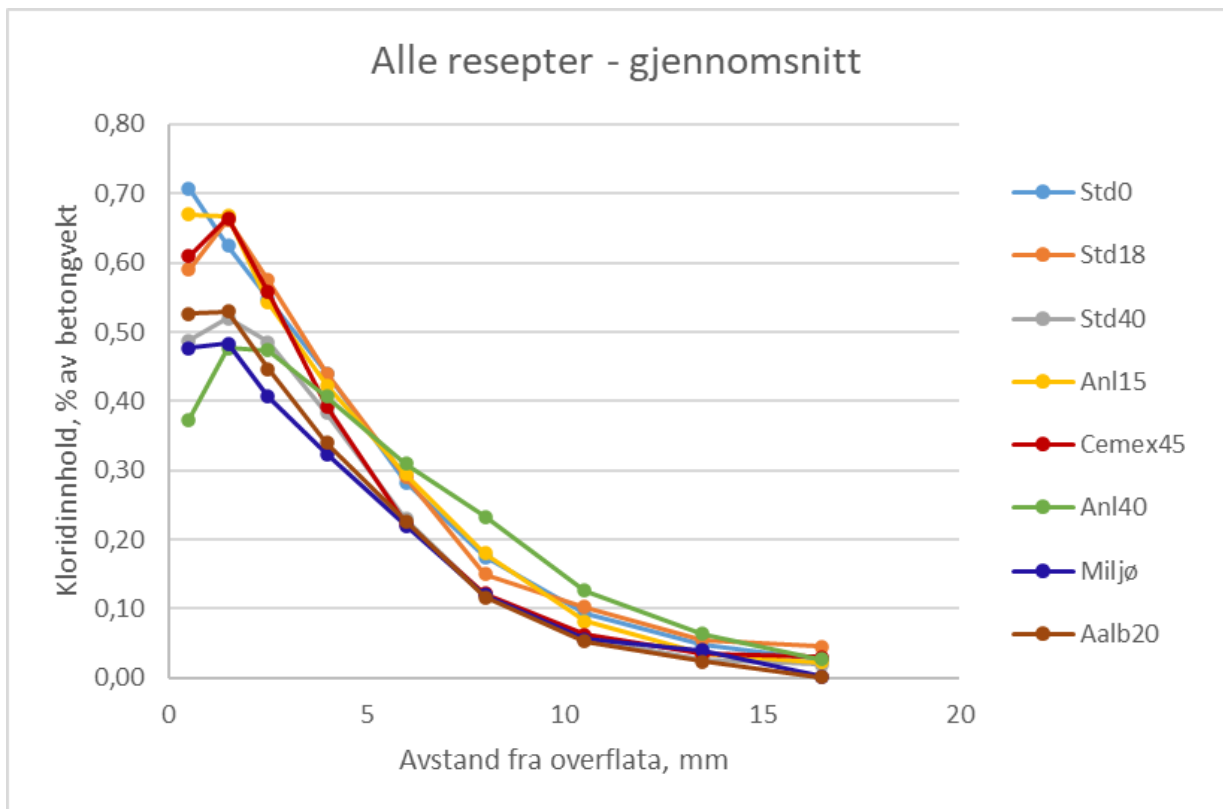
1) Ved en feil ble 2 av de 4 prøvestykkene (5A og 5B) tatt opp av kloridløsningen etter 83 dg, dette er hensyntatt ved beregning av diffusjonskoeffisient og overflatekonsentrasjon (eksponeringstiden inngår i ligningen)

I Fase I besto hver prøveserie av fire prøvestykker (to prøvestykker fra hver av blanding 1 og blanding 2), fra Fase II tre prøvestykker fra blanding 3. Se Tabell 8 og Figur 10.

Alle prøvestykker ble frest samme dag som de ble tatt opp av eksponeringsvæsken, i følgende sjikt: 0-1, 1-2, 2-3, 3-5, 5-7, 7-9, 9-12, 12-15, 15-18 mm.

Kloridinnholdet i alle sjikt ble bestemt ved potensiometrisk titrering. Resultatene er angitt i % av tørr betongvekt.

Gjennomsnitts kloridprofiler for alle betonger er vist i Figur 15. Alle enkeltresultater finnes i tabeller og figurer i Vedlegg 9.



Figur 14 Kloridprofiler pr. betong, middelerverdi av 4 prøvestykker i Fase I og 3 prøvestykker i Fase II

For hvert kloridprofil (enkeltprofil pr prøvestykke) 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

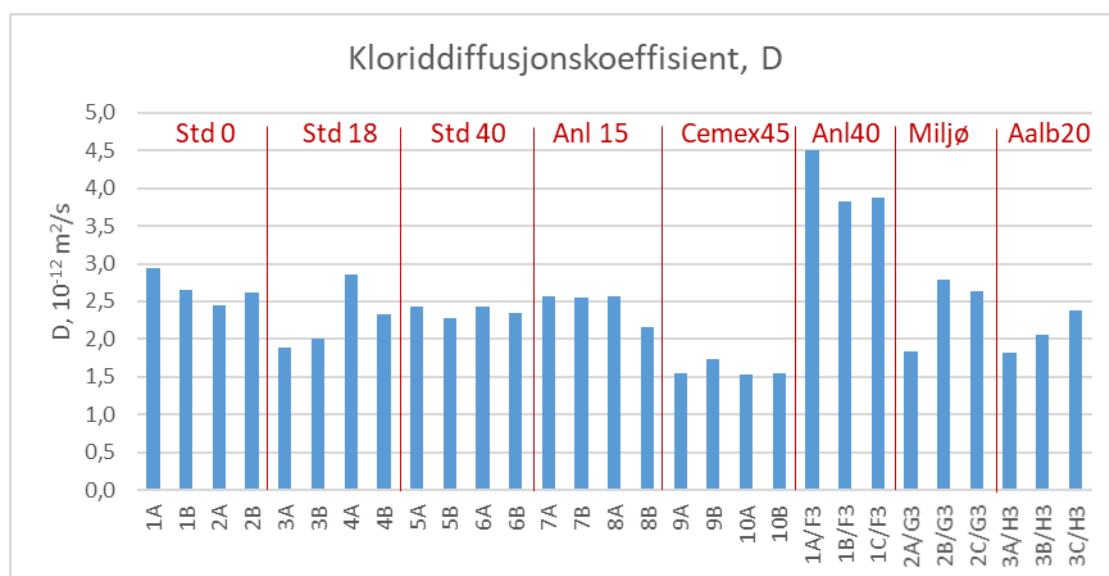
Diffusjonskoeffisienten, D , og overflatekonsentrasjonen, C_0 , bestemmes ved å tilpasse ligningen til de målte kloridprofiler ved ikke-lineær regresjonsanalyse ved minste kvadratots metode [7].

Første punkt i profilene er utelatt i beregningene, for noen få profiler er andre enkeltpunkter med avvikende posisjon utelatt. Sjøkt som inngår i beregningene, er merket med «ok» i tabellene i Vedlegg 9. Bakgrunnsnivået for kloridinnhold er satt til 0,02 %. Eksponeringstiden framgår av Tabell 14.

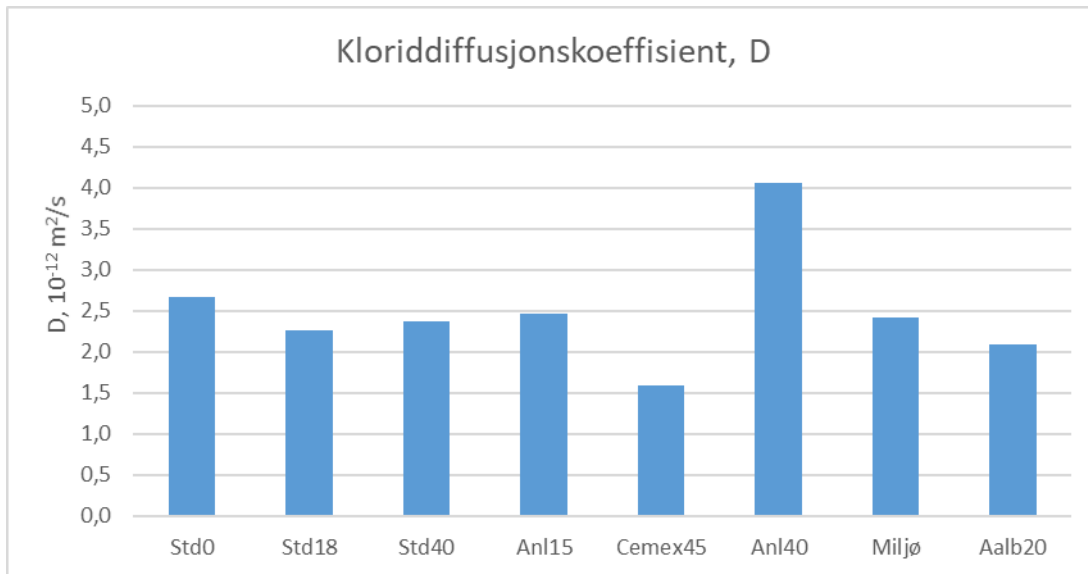
Beregnete gjennomsnittsverdier for kloriddiffusjonskoeffisient og overflatekonsentrasjon er vist i Tabell 15. Beregnede kloriddiffusjonskoeffisienter er fremstilt grafisk i Figur 16 (enkeltpunkt) og Figur 17 (gjennomsnittsverdier).

Tabell 15 Beregnede diffusjonskoeffisienter og overflatekonsentrasjoner

Parameter		Betonger							
		Fase I (2017)					Fase II (2018)		
		A Std0	B Std18	C Std40	D Anl15	E Cemex45	F Anl40	G Miljø	H Aalb20
D [10 ⁻¹² m ² /s]	middel	2,7	2,3	2,4	2,5	1,6	4,1	2,4	2,1
	stdav	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,4	0,5	0,3
C ₀ [%]	middel	0,775	0,837	0,681	0,807	0,867	0,639	0,600	0,667
	stdav	0,069	0,119	0,024	0,110	0,077	0,028	0,087	0,022



Figur 15 Beregnede kloriddiffusjonskoeffisienter, enkeltverdier pr betong



Figur 16 Beregnede kloriddiffusjonskoeffisienter, middelveier pr betong

5 Referanser

- 1 Pedersen B. og Hornbostel K.: «Austefjorden feltstasjon – prøving av betong i marint miljø», Statens vegvesen rapport nr. 492, 2020
- 2 Hornbostel, K. og Pedersen, B.: «Ikke-instrumenterte og instrumenterte betongelementer for langtidsprøving. Austefjorden feltstasjon – prøving av betong i marint miljø», Statens vegvesen rapport nr. 494, 2019
- 3 Smeplass, S.: Excel regneark «Kloriddiffusjon (mm)», ©2012-01-09 ss

VEDLEGG 1

Produktdatablader – ulike delmaterialer

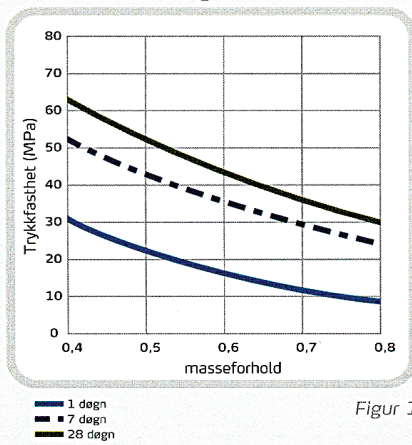
PRODUKTINFORMASJON

Standardsement





Fasthetsutvikling



Figur 1

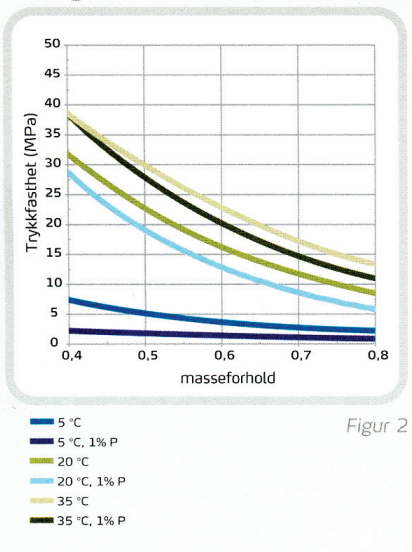
Fasthetsutvikling

Fasthetsutvikling er en sentral egenskap for planlegging, styring og utførelse av alle betongarbeider. Fasthetsutvillingen er avhengig av sementtype, tilslag, masseforhold, herdeforhold (temperatur, tid og fuktighet), og eventuell bruk av tilsetningsmaterialer eller -stoffer. I figur 1 er vist et eksempel på trykkfasthetsutviklingen som funksjon av masseforhold og alder ved 20°C vannlagring for betong med Norcem Standardsement.

Tidligfasthet

Tidligfastheten i betong er avhengig av temperatur og eventuell dosering av tilsetningsstoff med retarderende effekt. I figur 2 er vist trykkfasthet for betong etter 1 døgn med forskjellig masseforhold med og uten 1% plastiserende tilsetningsstoff (P-stoff) med Standardsement. Prøvene er lagret ved 95% luftfuktighet ved varierende temperatur.

Tidligfasthet



Figur 2

Fasthetsklasse - masseforhold

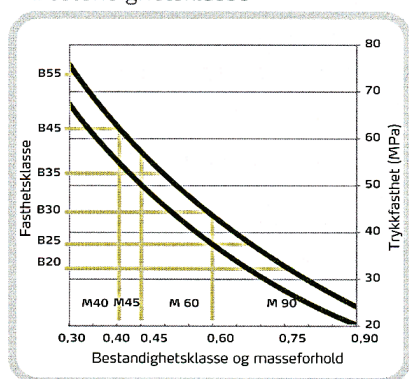
Med normal, god styring av betongproduksjonen, er det behov for en overhøyde på ca 7 MPa ved de ulike fasthetsklassene for å produsere med tilstrekkelig sikkerhet mot undermålere. Standardsement gir følgende retningsgivende verdier for minste og største masseforhold i ulike fasthetsklasser for betong uten luftinnføring.

Fasthetsklasse	B20	B25	B30	B35	B45
Minste - største masseforhold	0,68 - 0,76	0,57 - 0,68	0,51 - 0,57	0,42 - 0,51	0,35 - 0,42

Norcem Standardsement er tilpasset norske forhold og kan benyttes til betong i alle eksponerings-, bestandighets- og fasthetsklasser. Standardsementen har en fasthetsprofil som er tilpasset minimum sementbehov for konstruksjoner i bestandighetsklasse M60. Sementen har relativt høy tidligfasthet, moderat slutfasthet, moderat varmeutvikling, god støpelighet og veldokumenterte bestandighetsegenskaper.



Bestandighetsklasse



Figur 3

Bestandighetsklasse

NS-EN 206-1 klassifiserer betongens miljøpåvirkninger i eksponeringsklasser. I nasjonalt tillegg til denne standarden er de ulike eksponeringsklassene gruppert i seks bestandighetsklasser med krav til betongens maksimale masseforhold (se tabell 3). Tabell 2 viser anbefalte kombinasjoner av bestandighets- og fasthetsklasser. Retningsgivende verdier for største masseforhold i de ulike fasthetsklassene er gitt i tabell 1. I figur 3 er vist sammenhengen mellom bestandighetsklasse og fasthetsklasse i et variasjonsbelte forårsaket av ulike produksjonsforutsetninger. Figuren gjelder for betong med Standardsement uten luftinnføring.

Anbefalte kombinasjoner	
Bestandighetsklasse M90	Fasthetsklasse B20 el høyere
Bestandighetsklasse M60	Fasthetsklasse B25 el høyere
Bestandighetsklasse M45	Fasthetsklasse B35 el høyere
Bestandighetsklasse M40	Fasthetsklasse B45 el høyere

Valg av bestandighetsklasse (nasjonale krav)						
Eksponeeringsklasse	M90	M60	M45	MF45*	M40	MF40*
X0	.	.	.	.	.	.
XC1, XC2, XC3, XC4, XF1		.	.	.	.	.
XD1, XS1, XA1, XA2, XA4			.	.	.	.
XF2, XF3, XF4				.		.
XD2, XD3, XS2, XS3, XA3					.	.
XSA	Betongsammensetning og beskyttelsestiltak fastsettes særskilt. Betongsammensetningen skal minst tilfredsstille kravene til M40.					
Største masseforhold v/(c + Ekp)	0,90	0,60	0,45	0,45	0,40	0,40

* Minst 4% luft

Deklarerte data

Norcem Standardsement tilfredsstillter kravene til Portlandsement

EN 197-1-CEM I 42,5R

Kjemiske data		
Egenskap	Deklarerte data	Krav iflg NS-EN 197-1
Finhet (Blaine)	370 m ² /kg i) / 380m ² /kg ii)	
Trikalsiumaluminat C ₃ A	7 %	
Alkali (ekv Na ₂ O, NB21)	1,3% i) / 1,3% ii)	Deklarert verdi iht NB21
Mineralske tilsetninger	4%	≤ 5%
Glødetap	2,5%	≤ 5%
Uløselig rest	1%	≤ 5%
Sulfat (SO ₃)	3-4%	≤ 4%
Klorid	< 0,085%	≤ 0,1%
Vannløselig Cr ⁶⁺	< 2 ppm	≤ 2 ppm *)
Spesifikk vekt	3,15 kg/dm ³	

i) Brevik-produsert

ii) Kjøpsvik-produsert

*) I henhold til Forskrift om vannløselige kromater i sement- og betongrelaterte materialer

Fysikalske data		
Egenskap	Deklarerte data	Krav iflg NS-EN 197-1
Trykkfasthet 1 døgn	21 MPa	
Trykkfasthet 2 døgn	32 MPa	≥ 20 MPa
Trykkfaasthet 7 døgn	42 MPa	
Trykkfasthet 28 døgn	52 MPa	≥ 42,5 MPa ≤ 62,5 MPa
Begynnende bindetid	130 min i) / 125 min ii)	≥ 60 min
Ekspansjon	1 mm	≤ 10 mm

i) Brevik-produsert

ii) Kjøpsvik-produsert



PRODUKTDATABLAD

STANDARDSEMENT FA

CEM II/B-M

SIST REVIDERT AUGUST 2017

Sementen tilfredsstiller kravene i NS-EN 197-1:2011 til Portland blandingssement CEM II/B-M 42,5 R.

Egenskap		Deklarerte data	Krav ifølge NS-EN 197-1:2011
Finhet (Blaine m ² /kg)		450	
Spesifikk vekt (kg/dm ³)		3,00 (B) / 2,99 (K)	
Volumbestandighet (mm)		1	≤ 10
Begynnende størkning (min)		140	≥ 60
Trykkfasthet (MPa)	1 døgn	20	
	2 døgn	31	≥ 20
	7 døgn	42	
	28 døgn	55	≥ 42,5 ≤ 62,5
Sulfat (% SO ₃)		≤ 4,0	≤ 4,0
Klorid (% Cl ⁻)		≤ 0,085	≤ 0,10
Vannløselig krom (ppm Cr ⁶⁺)		≤ 2	≤ 2 ¹
Alkalier (% Na ₂ O _{ekv})		1,4 (B) / 1,5 (K)	
Klinker (%)		78	65-79
Flygeaske (%)		18	21-35
Kalkmel (%)		4	

1. I henhold til EU forordning REACH Vedlegg XVII point 47 krom VI forbindelser.

B = Brevik og K = Kjøpsvik

NORCEM
HEIDELBERGCEMENT Group

Norcem AS, Postboks 142, Lilleaker, 0216 Oslo
Tlf. 22 87 84 00 firmapost@norcem.no www.norcem.no

PRODUKTDATABLAD

ANLEGGSEMENT FA CEM II/A-V

SIST REVIDERT AUGUST 2017

Sementen tilfredsstiller kravene i NS-EN 197-1:2011 til Portland-flygeaskesement CEM II/A-V 42,5 N.

Egenskap		Deklarerte data	Krav ifølge NS-EN 197-1:2011
Finhet (Blaine m ² /kg)		390	
Spesifikk vekt (kg/dm ³)		3,02	
Volumbestandighet (mm)		1	≤ 10
Begynnende størkning (min)		165	≥ 60
Trykkfasthet (MPa)	1 døgn	15	
	2 døgn	24	≥ 10
	7 døgn	37	
	28 døgn	55	≥ 42,5 ≤ 62,5
Sulfat (% SO ₃)		≤ 3,5	≤ 3,5
Klorid (% Cl ⁻)		≤ 0,085	≤ 0,10
Vannløselig krom (ppm Cr ⁶⁺)		≤ 2	≤ 2 ¹
Alkalier (% Na ₂ O _{ekv}) ²		0,6	
Klinker (%)		81	80-94
Flygeaske (%)		15	6-20
Kalkmel (sekundær bestanddel %)		4	< 5

1. I henhold til EU forordning REACH Vedlegg XVII punkt 47 krom VI forbindelser.
2. Beregnet uten bidraget fra flygeasken ihh til NB21.
I betong beregnes alkalibidraget fra sementdelen slik: Sementmengde x 0,6%

NORCEM
HEIDELBERGCEMENTGroup

Norcem AS, Postboks 142, Lilleaker, 0216 Oslo
Tlf. 22 87 84 00 firmapost@norcem.no www.norcem.no

MILJØSEMENT

CEM II/B-S 52,5 N

Tekniske data

April 2015

Tilfredsstill kravene ihht. EN 197-1: CEM II/B-S 52,5 N
Produktet er sertifisert (CE-merket) ihht. EN 197-1 av VDZ, Tyskland.

Egenskaper

Tilsetning

MILJØSEMENT kan brukes med tilsetningsstoffer, luftinnføringsmidler, silika, flygeaske og slagg. Prøveblandinger bør alltid foretas for å sikre riktig dosering.

Forsiktighetsregler ved bruk av sement

Tørt sementpulver har ingen skadelig effekt på tørr hud. Fuktig sement virker aggressiv på hud, og på slimhinner i øyne, nese og svelg.

- Bruk derfor hansker, støvmaske og vernebriller hvor det er fare for sprut.
- Sement på hud vaskes bort med såpe og rikelig rent vann. Sørg for grundig vask etter arbeidstidens slutt. Hvis det oppstår hud irritasjon, kontakt lege.

Har man fått sement i øynene:

- Skyll snarest med rikelig med vann.
- Ikke gnil
- Kontakt lege.

Har man fått sement i nese, svelg eller mage:

- Drikk rikelige mengder med rent vann.
- Kontakt lege.

Typiske data:

Kjemiske egenskaper		vekt %
Kalk	(CaO)	56
Silisium	(SiO ₂)	25
Aluminium	(Al ₂ O ₃)	6,3
Jern	(Fe ₂ O ₃)	2,1
Magnesium	(MgO)	4,0
Sulfat	(SO ₃)	3,1
Kalium	(K ₂ O)	0,82
Natrium	(Na ₂ O)	0,31
Alkali ekv.	(Na ₂ Oekv)	0,80
(C ₃ A)		5,3
Glødetap		1,7
Uløselig rest		0,6
Vannløslig klorid	(Cl)	0,07
Vannløslig krom	Cr ^{VI}	<2 mg/kg

Fysiske data		
Finhet (blaine)		460 m ² /kg
Densitet		3,06 g/cm ³
Bulkdensitet		1,1g/cm ³
Andel slagg		Ca 33%
Bindetid		170 min
Ekspansjon		1,0 mm
Trykkfasthet	1 d	16 MPa
	2 d	28 MPa
	28 d	59 MPa



CEMEX AS
Tel +473102101
www.cemex.no

Grenland 70A
N-3045 DRAMMEN

Hochofenzement DIN 1164 CEM III/A 42,5 N-NA

Werk Rüdersdorf

Übereinstimmungszertifikat
Reg.-Nr. 5510-340175-08
VDZ Düsseldorf

x: Mittelwert s: Standardabweichung	September 16		Oktober 16	
	x	s	x	s
Mahlfeinheit				
Blaine cm ² /g	4830	250	4980	370
Wasseranspruch %	29,6		29,4	
Erstarren				
Anfang min	185	10	180	10
Ende min	245		240	
Druckfestigkeit				
1 Tag N/mm ²				
2 Tage N/mm ²	20	1,0	21	2,3
7 Tage N/mm ²				
28 Tage N/mm ²	57	1,3		
Chromatarm Bei sachgerechten Transport-, Förder- und Lagerungsbedingungen Mindestwirksamkeit des Reduktionsmittels 2 Monate ab Verladung Zementwerk.				

www.cemex-zement.de
de-awt.zement@cemex.com

CEMEX Zement GmbH
Produkttechnologie
Tel.: 033638-54-1220

Der Zement erfüllt die Anforderungen an Normalzemente nach DIN EN 197-1 und zusätzlich die Anforderungen an Normalzemente mit besonderen Eigenschaften nach DIN 1164-10.
Die hier angegebenen Werte basieren auf Prüfergebnissen nach DIN EN 196 aus der Eigenüberwachung des Herstellerwerkes. Einzelwerte können daraus nicht abgeleitet werden. Die Angaben sind unverbindlich.

Typiske egenskabsværdier – Marts 2016

RAPID® cement / RAPID® AALBORG CEMENT®

2. halvår 2015

RAPID® cement er certificeret hos Bureau Veritas Certification med certifikat nr. 0615-CPR-9806 og cementbetegnelse CEM I 52,5 N (LA). CE-mærket er angivet på den tilhørende deklaration.

Fysiske egenskaber

Trykstyrke (EN 196-1)		
1 døgn	MPa	26
2 døgn	MPa	38
7 døgn	MPa	57
28 døgn	MPa	66
Begyndende afbinding	min	144
Volumenbestandighed	mm	0,4
Finhed	m ² /kg	444
Refleksion, (DIN 5033)	%	32
Absolut densitet	kg/m ³	3120
Bulkdensitet	kg/m ³	1170
Varmeudvikling iht. EN 196-9	kJ/kg	369

Bogue-sammensætning for klinker

C ₃ S	%	67
C ₂ S	%	9
C ₃ A	%	8
C ₄ AF	%	12

Sekundære komponenter og tilsætninger

SO ₃	%	3,2
MgO	%	1,0
Ækv. Na ₂ O	%	0,6
Cl ⁻	%	0,03
Glødetab	%	2,3
Uopløselig rest	%	0,6
Vandopløseligt Cr ⁶⁺	mg/kg	≤ 2



Product Data Sheet

Elkem Microsilica® Grade 920 ASTM

Elkem Microsilica® Grade 920 is a dry silica fume powder. In use, Elkem Microsilica® Grade 920 improves the performance of concrete and mortar formulations. It acts physically to optimise particle packing of the concrete or mortar mixture and chemically as a highly reactive pozzolan. Elkem Microsilica® Grade 920 is available in two forms: Undensified (920 U), bulk density typically 200 – 350 kg/m³; and Densified (920 D), bulk density typically 500 – 700 kg/m³

Application

Suitable for all concrete and mortar applications where the benefits of silica fume are required:

- Higher compressive strength
- Increased durability – Longer service life for structures
- Enhanced rheology – Control of mixture segregation & bleed

Batch Elkem Microsilica® Grade 920 into the concrete mixer and mix thoroughly with the other mixture ingredients, adopting a procedure that ensures full dispersion of the product. Dosage varies depending on application. Contact Elkem for information and advice.

Packing

Available in a range of packaging options, including:

- 25 kg paper bags
- Big bags in various designs & sizes
- Bulk road tanker

Please contact our representative for more details

Storage requirements

Elkem Microsilica® Grade 920 powder should be stored in dry conditions and not exposed to moisture.

Quality Assurance & Quality control

Elkem Silicon Materials' Management System for development, processing and supply of Elkem Microsilica® is certified to ISO 9001. The chemical composition and physical properties of Elkem Microsilica® Grade 920 are regularly tested according to requirements set forth in ASTM C 1240-14

Chemical and physical properties

Elkem Microsilica® Grade 920 conforms to ASTM C1240-14, Standard Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixtures (*American Society for Testing and Materials*).

Property	Specified value (ASTM C1240-14)
SiO ₂	Minimum 85 %
H ₂ O	Maximum 3 %
Loss on Ignition	Maximum 6 %
Specific Surface Area	Minimum 15 m ² /g
Pozzolanic Activity Index, 7 days	Minimum 105 % of control
Retained on 45 micron sieve	Maximum 10%

REPORT ON QUALITY TEST

Customer	Tor Magnus Zakkariassen	Your ref.: 84-17
Received date	18.08.2017	Our ref.: LN-2017-0009
Sample Marked	Uttak av FA i BigBag Big Bag nr.4 tatt ut 21.08.17	

Parameter:		Results:	Method:
CHEMICAL COMPOSITION			
Chemical Parameters			
Sulfur Trioxide-IR	SO3	0.81 %	PD1752
Loss On Ignition	LOI	2.36 %	EN196-2
XRF Analysis			
Silica Oxide	SiO2	55.24 %	EN196-2
Aluminum Oxide	Al2O3	21.34 %	EN196-2
Ferric Oxide	Fe2O3	7.11 %	EN196-2
Calcium Oxide	CaO	5.34 %	EN196-2
Potassium Oxide	K2O	2.20 %	EN196-2
Sodium Oxide	Na2O	1.01 %	EN196-2
Magnesium Oxide	MgO	2.20 %	EN196-2
Titanium Dioxide	TiO2	0.918 %	EN196-2
Phosphorous Pentoxide	P2O5	0.693 %	EN196-2
Chloride	Cl	0.001 %	EN196-2
Chromium Oxide	Cr2O3	0.014 %	EN196-2
Zinc Oxide	ZnO	0.017 %	EN196-2
Strontium Oxide	SrO	0.173 %	EN196-2
Sodium Oxide Equivalent	Na2O Eq.	2.46 %	EN196-2
TECHNICAL PARAMETERS			
Fineness			
Specific Weight		2.30 g/cm3	PD1777
Specific surface, Blaine		336 m2/kg	EN196-6

Norcem A.S Brevik, Cement and Concrete Laboratory, 03.10.2017

Laboratory Manager

NORCEM A.S

Address:	Phone:	+47-35-57 20 00	Head Office:
Setreuveien 2	Telefax:	+47-35-57 04 00	Lilleakerveien 2b
P.O. Box 38	Ent.no.:	NO 934 949 145 VAT	P.O. Box 143 Lilleaker
N-3991 Brevik	Bank Account:	6003 06 12488	0216 Oslo

Dynamon SX-23

Superplastiserende tilsetningsstoff til betong og mørtel



PRODUKTBESKRIVELSE

Dynamon SX-23 er et svært effektivt superplastifiserende tilsetningsstoff basert på modifiserte akrylpolymerer.

Produktet tilhører **Dynamon**-systemet som er basert på DPP-teknologi, Designed Performance Polymers, utviklet av Mapei, hvor tilsetningsstoffenes egenskaper skreddersys til forskjellige betongtyper.

Dynamon-systemet er utviklet på grunnlag av Mapeis egen sammensetning og produksjon av monomerer.

BRUKSOMRÅDE

Dynamon SX-23 er spesielt utviklet til ferdigbetongproduksjon og brukes i alle betongtyper for å gjøre betongen enklere å bearbeide og/eller redusere vannbehovet.

Noen spesielle bruksområder er:

- Vanntett betong med krav om høy eller svært høy styrke, og med strenge krav til betongens holdbarhet i aggressive miljøer.
- Betong med særlige krav til høy støpelighet.
- Selvkomprimerende betong med noe lengre åpentid. Om nødvendig kan denne betongtypen stabiliseres med et viskositetsøkende tilsetningsstoff av type **Viscofluid** eller **Viscostar**.
- Frostbestandig betong – ved kombinasjon med et luftinnførende tilsetningsstoff – type **Mapeair**.

Typen av luftinnførende tilsetningsstoff gjøres ut fra tilgjengelig kunnskap om de andre delmaterialenes egenskaper.

- Gulvbetong for å oppnå en smidig betong med forbedret støpelighet. Høye doseringer og lave temperaturer kan medføre en viss retardering av betongen.

Dynamon SX-23 skiller seg vesentlig fra superplastiserende tilsetningsstoffer basert på sulfonerte melaminer og naftalener samt fra første generasjons akrylbaserte polymerer, ved en betydelig høyere vannreducerende effekt og økt åpentid. Nødvendig dosering for ønsket bearbeidingsøve/vannreduksjon vil være vesentlig lavere med **Dynamon SX-23** enn med eldre typer superplastiserende tilsetningsstoffer.

Doseringstidspunktet for **Dynamon SX-23** er ikke så viktig, men kortest blandetid oppnås ved tilsetning av **Dynamon SX-23** etter tilsetning av minst 80 % av blandevannet. Også her er det viktig å foreta en utprøving for optimal utnyttelse av aktuelt blandeutstyr.

EGENSKAPER

Dynamon SX-23 er en vannoppløsning av aktive akrylpolymerer som effektivt dispergerer sementen i blandingen.

Denne effekten kan utnyttes på tre måter:

1. Reduksjon av betongens vannbehov og med samme bearbeidingssevne. Derved oppnås en betong med lavere vann/semment-forhold, en mer holdbar betong.
2. Økt bearbeidingssevne sammenlignet med en betong med samme vann/semment-forhold uten tilsetningsstoffer. Derved oppnås samme styrke, men utstøpningen blir mye lettere.
3. Reduksjon av både vann og semment uten endring av betongens bearbeidingssevne og styrke. Dermed kan betongens kostpris reduseres, mindre semment, reduksjon av svinnpotensial, mindre vann samt redusere faren for skadelige temperaturgradienter pga. lavere hydratiseringsvarme. Spesielt denne effekten er viktig ved betonger med høyere semmentinnhold samt ved store, massive betongkonstruksjoner.

KOMPATIBILITET MED ANDRE PRODUKTER

Dynamon SX-23 kan kombineres med Mapeis andre betongtilsetningsstoffer som for eksempel størkningsakselererende tilsetningsstoffer som **Mapefast** og størkningsretarderende tilsetningsstoffer som **Mapetard**.

Produktet kan også kombineres med luftinnførende tilsetningsstoffer for produksjon av frostbestandig betong, **Mapeair**. Valg av type skjer ut fra tilgjengelig kunnskap om de andre delmaterialenes egenskaper.

Ved kombinasjoner anbefales alltid forsøksblandinger for å oppnå den ønskede effekten. Kontakt eventuelt vår tekniske avdeling.

DOSERING

Dynamon SX-23 tilsettes for å oppnå den ønskede effekten – styrke, holdbarhet, bearbeidingssevne, sementreduksjon – ved å variere doseringen mellom 0,3 og 2,0% av mengden av semment + flyveaske + mikrosilika.

Ved høyere dosering økes betongens åpentid, dvs. den tiden betongen lar seg bearbeide. Større dosering og lavere betongtemperatur vil forårsake en viss retardering.

Prøveblandinger anbefales alltid med aktuelle parametere.

EMBALLASJE

Dynamon SX-23 leveres i 25 liters kanner, 200 liters fat, 1000 liter IBC-tanker og i tank.

LAGRING

Produktet må oppbevares ved temperaturer mellom +8°C og +35°C. I lukket emballasje bevarer produktet sine egenskaper i minst 12 måneder. Hvis produktet utsettes for direkte sollys, kan det føre til variasjoner i fargetonen uten at dette påvirker egenskapene til produktet.

SIKKERHETSINSTRUKSJONER FOR KLARGJØRING OG BRUK

For instruksjon vedrørende sikker håndtering av våre produkter, vennligst se siste utgave av sikkerhetsdatablad på vår nettside www.mapei.no

PRODUKT FOR PROFESJONELL BRUK

MERK

De tekniske anbefalinger og detaljer som fremkommer i denne produktbeskrivelse representerer vår nåværende kunnskap og erfaring om produktene.

All overstående informasjon må likevel betraktes som retningsgivende og gjenstand for vurdering. Enhver som benytter produktet må på forhånd forsikre seg om at produktet er egnet for tilsiktet anvendelse. Brukeren står selv ansvarlig dersom produktet blir benyttet til andre formål enn anbefalt eller ved feilaktig utførelse.

Vennligst referer til siste oppdaterte versjon av teknisk datablad som finnes tilgjengelig på vår webside www.mapei.no

JURIDISK MERKNAD

Innholdet i dette tekniske databladet kan kopieres til andre prosjektrelaterte dokumenter, men det endelige dokumentet må ikke suppleres eller erstatte betingelsene i det tekniske datablad, som er gjeldende, når MAPEI-produktet benyttes. Det seneste oppdaterte datablad er tilgjengelig på vår hjemmeside www.mapei.no ENHVER ENDRING AV ORDLYDEN ELLER BETINGELSER, SOM ER GITT ELLER AVLEDET FRA DETTE TEKNISKE DATABLADET, MEDFØRER AT MAPEI SITT ANSVAR OPPHØRER.

Alle relevante referanser for produktet er tilgjengelige på forespørsel og fra www.mapei.no

TEKNISKE DATA (typiske verdier)

PRODUKTBESKRIVELSE

Form:	væske
Farge:	gulbrun
Viskositet:	lettflytende; <30 mPa·s
Tørrestoffinnhold (%):	23,0 ± 1,1
Densitet (g/cm³):	1,05 ± 0,02
pH:	6 ± 1
Kloridinnhold (%):	< 0,05
Alkaliinnhold (Na₂O-ekvivalenter) (%):	< 2,0

Mapeair 25

Luftporedannende tilsetningsstoff



BRUKSOMRÅDE

Mapeair® 25 er et luftporedannende tilsetningsstoff som benyttes til å øke frostbestandigheten til betong og mørtel.

Mapeair® 25 virker også støpelighetsforbedrende og reduserer separasjonsfaren for betong. Produktet benyttes som regel i kombinasjon med Mapeis plastiserende eller superplastiserende tilsetningsstoffer.

Mapeair® 25 er formulert på basis av syntetiske tensider og talloljederivater.

EGENSKAPER

Betong inneholder alltid noe luft (1 - 3 %). For å oppnå det kravet som vanligvis stilles, 4 - 6 % luft i den ferske betongen, tilsettes **Mapeair® 25**, som gir mindre, bedre og fint fordelte porer, noe som øker betongens bestandighet mot fryse-tine påkjenninger.

Mapeair® 25 har den egenskap at den under blandingen omdanner den innpiskede luften til små, jevnt fordelte luftporer. Målt luftporevolum og avstandsfaktor i herdet betong for **Mapeair® 25** er vist under tekniske spesifikasjoner. Disse porene gir også betongen en bedret støpelighet og redusert vannbehov.

Økt luftinnhold medfører generelt en reduksjon i trykkfastheten. En tommelfingerregel er at 1 % luft reduserer trykkfastheten med 5 %. Dette kompenseres delvis med betongens reduserte vannbehov og ved

tilsetning av plastiserende og/eller høypplastiserende tilsetningsstoff.

Mapeair® 25 vil i tillegg forbedre transportstabiliteten ved å redusere separasjonsfaren for betong med lite finstoffer og aktivt motvirke betongs "bleeding" (vanntransport opp til overflaten av den ferske betongen).

UTFØRELSE

Mapeair® 25 leveres ferdig til bruk og skal tilsettes direkte i blanderen. For å oppnå jevn luftinnføring fra blanding til blanding er det viktig at **Mapeair® 25** tilsettes på samme tid hver gang.

Doseringen for å oppnå ønsket luftinnhold varierer med tilslag, sementtype og mengde. Andre tilsetningsstoffer kan også ha innvirkning. Det er viktig at tilsatsen av **Mapeair® 25** bestemmes ut fra prøveblandinger og at luftinnholdet i den ferske betongen kontrolleres jevnlig.

DOSERING

0,05 - 0,5 kg **Mapeair® 25** pr. m³ betong.

Siden doseringsmengden for **Mapeair® 25** normalt er liten, vil en uttytning med vann være en fordel. Bruk 1 del **Mapeair® 25** til 9 eller 19 deler vann. Slik kan en oppnå sikrere dosering. Produktet lar seg lett blande med vann. Sørg likevel for omrøring før bruk for å sikre et homogent produkt.

Mapeair 25

VÆR OPPMERKSOM PÅ

Variasjoner i de øvrige delmaterialene i betongen kan sterkt påvirke dannelsen av luftporer i betong. I noen tilfeller kan også transportlengde og transportutstyr gi variasjoner i luftmengde. Dersom blandetiden har vært for kort, vil en kunne oppleve at den totale målte luftmengde øker fra produksjon til levering, mens det i de fleste tilfeller registreres en reduksjon i luftmengde. Som regel betyr denne reduksjonen ikke annet enn at større, uønskede luftbobler slipper ut. Betongprodusenten må derfor opparbeide egne erfaringstall med sine aktuelle delmaterialer.

EMBALLASJE

Mapeair® 25 leveres i 25 liters kanner, 200 liters fat, 1000 liter IBC-tanker og i tank.

LAGRING

Produktet må oppbevares ved temperaturer mellom +8°C og +35°C. I lukket emballasje bevarer produktet sine egenskaper i minst 12 måneder. Forsiktig omrøring før bruk anbefales. Hvis produktet utsettes for direkte sollys, kan det føre til variasjoner i fargetonen uten at dette påvirker egenskapene til produktet.

SIKKERHETSINSTRUKSJONER FOR KLARGJØRING OG BRUK

Mapeair® 25 er ikke merkepliktig etter dagens regelverk når det gjelder tilsetningsstoffer. Det er likevel å anbefale at man benytter hansker, vernebriller og å ta vanlige forholdsregler som gjelder for håndtering av kjemikalier.

For mer utfyllende informasjon vedrørende sikker håndtering av våre produkter, vennligst se vår siste utgave av Sikkerhetsdatablad for produktene.

PRODUKT FOR PROFESJONELL BRUK

MERK

De tekniske anbefalinger og detaljer som fremkommer i denne produktbeskrivelse representerer vår nåværende kunnskap og erfaring om produktene. All overstående informasjon må likevel betraktes som retningsgivende og gjenstand for vurdering. Enhver som benytter produktet må på forhånd forsikre seg om at produktet er egnet for tilsiktet anvendelse. Brukeren står selv ansvarlig dersom produktet blir benyttet til andre formål enn anbefalt eller ved feilaktig utførelse.

Vennligst referer til siste oppdaterte versjon av teknisk datablad som finnes tilgjengelig på vår webside www.mapei.no

Alle relevante referanser for produktet er tilgjengelige på forespørsel og fra www.mapei.no

TEKNISKE DATA (typiske verdier)	
PRODUKTBESKRIVELSE	
Form:	væske
Farge:	lys gulbrun
Viskositet:	lettflytende; < 10 mPa*S
Tørrestoffinnhold, %:	4,2 + 0,4
Tyngdetetthet, g/cm ³ :	1,00 ± 0,02
pH:	9,0 ± 1
Kloridinnhold, %:	≤ 0,05
Alkaliinnhold (Na ₂ O-ekvivalent):	≤ 0,5
BRUKSEGENSKAPER I BETONG:	
Luftporevolum i betongmasse EN 12350-7:	6 % ved dosering 0,05 % av sementvekt (referanse 2,2 %)
Avstandsfaktor i herdet betong, EN 480-11, (mm):	0,190 (krav < 0,200)
Spesifikk overflate, EN 480-11, (mm ² /mm ³):	25,2 (krav > 25)
Frostbestandighet (avskalling) – EN 12390-9, (kg/m ²):	0,05 (beste klassifisering < 0,1 : excellent)



1111

NorStone Årdal, 4137 Årdal, Norge

12

NS-EN 12620:2002+A1:2008+NA:2009

Tilslag for betong

Ytelseserklæring nr / Entydig identifikasjonskode

101718-115 004

100 Knust-Natur

0/8mm (B)

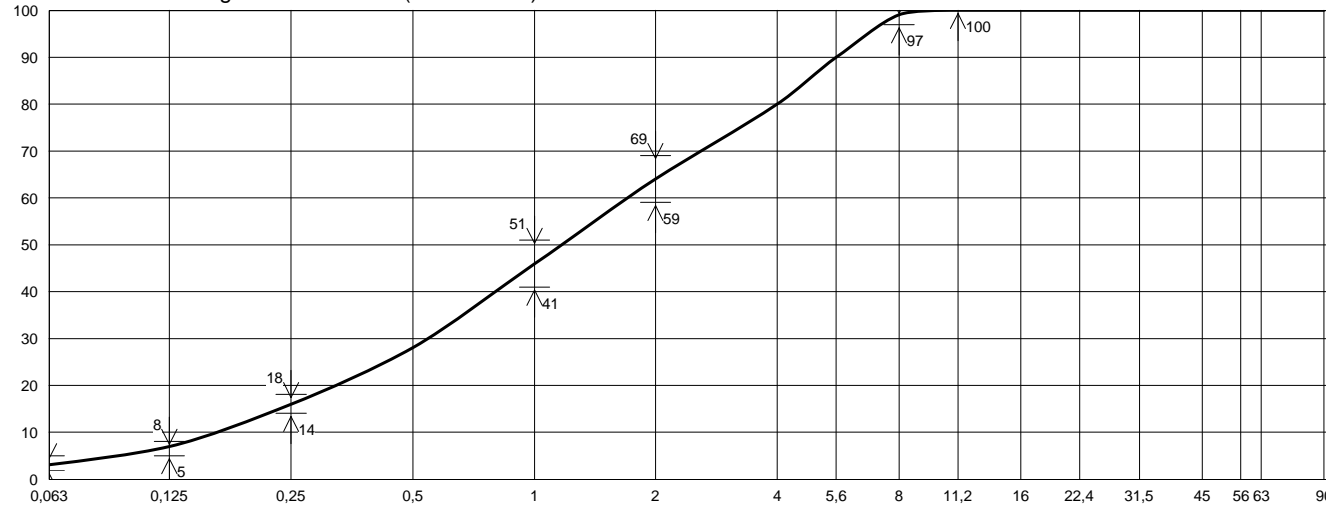
Gneis-Granitt

Standarder		Verdier	Kategorier
NS EN 933-1	Kornstørrelse Gradering Toleransekategori		0/8 G _{NG90} -
NS EN 933-3	Kornform Flisighetsindeks	-	
NS EN 1097-6	Korndensitet	2,68 Mg/m ³	2,66 Mg/m ³ - 2,70 Mg/m ³
NS EN 1097-6	Vannabsorpsjon	0,3%	WA ₂₄₁
NS-EN12620 F.2.3	Motstand mot frysing og tining	0,3	F ₁
NS EN 933-1	Renhet Finstoffinnhold	3%	f ₁₀
NS EN 933-7	Skjellinnhold		-
NS EN 933-5	Prosentandel knuste korn		C _{IK}
NS EN 1744-1§ 7	Sammensetning / innhold Klorider	0	Cl _{0,02}
NS EN 1744-1§ 11	Totalt innhold av svovel		
NS EN 1744-1§ 12	Syreløselige sulfater	0,02	AS _{0,2}
NS-EN 1744-1§ 15	Bestanddelene som endrer styrknings- og herdingstiden av betong		Lysere
NB 21	Alkalireaktivitet (sammelningsverdi)	0,9%	
ASTM C1260-14	Accelereret mørtelprismeeekspansjon	0,01%	<0.10%
NS EN 932-3	Petrografisk beskrivelse	Sand med knuste korn fra løssmasseforekomst. Hovedsakelig sammensatt av kubisk rundede/skarpkantede korn av granitt, gneis, feltspatiske bergarter og mørke bergarter. Løst belegg på kornoverflater, enkelte forvitrede korn og enkelte meget svake korn.	

Material	Vare nr	Dato	Avdeling
0/8	101718-115	04.07.2017	NorStone Årdal

	Gjennomgang(%)																	
	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	56	63	90	
Typisk gradering	3,0	7,0	16,0	28,0	46,0	64,0	80,0	90,0	99,0	100,0								
Min.	2,0	5,0	14,0		41,0	59,0			97,0	100,0								
Max.	5,0	8,0	18,0		51,0	69,0			100,0									

Gneis-Granitt/Naturlig Gradert 0/8 115 (101718-115)



04.07.2017

Dato


S. Tengesdal

Prepared by

Ytelseserklæring

I henhold til forordning (EU) nr. 305/2011 (byggevarer), vedlegg III

Side - 3 -

Ytelseserklæring nr: 101718-115 004	Vare nr: 101718-115	
100 Knust-Natur 0/8mm (B) Gneis-Granitt	Tilslag for betong	
Bruksområder for byggevaren(e):	System 2+	NorStone Årdal
Det eller de systemer for vurdering og kontroll av byggevarens konstante ytelse	NS-EN 12620:2002+A1:2008+NA:2009	NorStone Årdal, 4137 Årdal, Norge
Dersom ytelseserklæringen gjelder en byggevarer som omfattes av en harmonisert Standard	Kontrollrådet-1111	www.norstone.no
Sertifiseringsorganet:	System 2+	Tlf:0047-51754200
har utstedt sertifikat for produksjonskontrollen i samsvar med	1111-CPD-0007	Tlf:0047-51754201
basert på førstegangsrevisjon av produksjons-anlegget og produksjonskontrollen:		
Ytelseserklæring arkiveres i ti år.		

Harmonisert teknisk spesifisering	Standarder	Vesentlige egenskaper	Ytelse	
			Verdier	Kategorier
NS EN 12620:2002+A1:2008+NA:2009	NS EN 933-1	Kornstørrelse Gradering Toleransekategori		0/8 G _{NG} 90 -
	NS EN 933-3	Kornform Flisighetsindeks	-	
	NS EN 933-4	Shape indeks	-	NPD
	NS EN 1097-6	Korndensitet	2,68 Mg/m ³	2,66 Mg/m ³ - 2,70 Mg/m ³
	NS EN 1097-6 §8	Vannabsorpsjon	0,3%	WA ₂₄ 1
	NSEN 12620 F.2.3	Motstand mot frysing og tining	0,3	F ₁
		Renhet		
	NS EN 933-1	Finstoffinnhold	3 %	f ₁₀
	NS EN 933-7	Skjellinnhold		NPD
		Motstand mot knusing		
	NS EN 1097-2 §5	Los Angeles-prøving		LA ₃₀
	NS EN 1097-2 §6	Slagprøving		NPD
		Motstand mot polering/slitasje		
	NS EN 1097-8	Poleringsverdi		NPD
	NS EN 1097-1	Motstand mot slitasje for grovt tilslag		NPD
	NS EN 1097-9	Motstand mot piggdekkslitasje		NPD
		Sammensetning / innhold		
	NS EN 1744-1§ 7	Klorider	0	Cl _{0,02}
	NS EN 1744-1§ 11	Totalt innhold av svovel		
	NS EN 1744-1§ 12	Syreløselige sulfater	0,02	AS _{0,2}
NS EN 1744-1§ 15	Bestanddelene som endrer styrknings- og herdingstiden av betong		Lysere	
NB21	Alkalireaktivitet (sammelningsverdi)	0,9%		
ASTM C1260-14	Accelerert mørtelprismeeekspansjon	0,01%	<0.10%	
NS-EN 932-3	Innhold av kalkstein	0,0%		
NS EN 932-3	Petrografisk beskrivelse	Sand med knuste korn fra løssmasseforekomst. Hovedsakelig sammensatt av kubisk rundede/skarpkantede korn av granitt, gneis, feltspatiske bergarter og mørke bergarter. Løst belegg på kornoverflater, enkelte forvitrede korn og enkelte meget svake korn.		

Ytelsen for denne varen som angitt ovenfor, er i samsvar med spesifikasjonene for produktet angitt i tabellen. Denne ytelseserklæringen er utstedt på eget ansvar av produsenten, NorStone Årdal. Undertegnet for og på vegne av produsenten av:

Svein Johan Mæland, Site Manager

Årdal 04.07.2017

(navn og stilling)

(Sted og utstedelsesdato)

(Underskrift)

Nationale krav:

DS2426:2011

NORSTONE
HEIDELBERG CEMENT Group

NorStone Årdal 4137 Årdal Norge

EN 933-1	Tilslagsstørrelsen & Inhold af finstof		0/8 f10
EN 932-3	Petrografisk undersøgelse		Gneis - Granitt
DS 2426	Miljøklasse		E
DS 2426	Eksponeringsklasse		XS3, XD2, XD3, XF4, XA3
DS 2426	Alkaliindhold Na2O		0

ID nummer:

101718-115

Vers: 004



1111

NorStone Årdal, 4137 Årdal, Norge

12

NS-EN 12620:2002+A1:2008+NA:2009

Tilslag for betong

Ytelseserklæring nr / Entydig identifikasjonskode

101711-160 004

100 Knust-Natur

8/16mm (B)

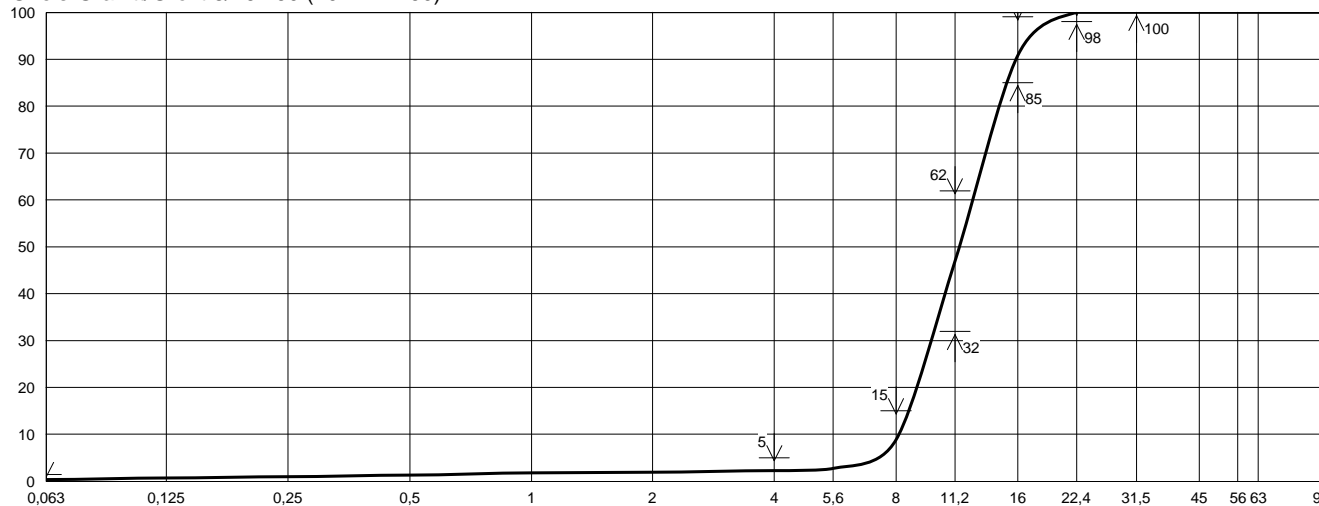
Gneis-Granitt

<u>Standarder</u>		<u>Verdier</u>	<u>Kategorier</u>
NS EN 933-1	Kornstørrelse Gradering Toleransekategori		8/16 G _C 85/15 G _{20/15}
NS EN 933-3	Kornform Flisighetsindeks	3%	FI ₁₅
NS EN 1097-6	Korndensitet	2,69 Mg/m ³	2,67 Mg/m ³ - 2,71 Mg/m ³
NS EN 1097-6	Vannabsorpsjon	0,4%	WA ₂₄ 1
NS-EN12620 F.2.3	Motstand mot frysing og tining	0,4	F ₁
	Renhet		
NS EN 933-1	Finstoffinnhold	0,4%	f _{1,5}
NS EN 933-7	Skjellinnhold		SC ₁₀
NS EN 933-5	Prosentandel knuste korn		C _{IK}
	Sammensetning / innhold		
NS EN 1744-1§ 7	Klorider	0	Cl _{0,02}
NS EN 1744-1§ 11	Totalt innhold av svovel		
NS EN 1744-1§ 12	Syreløselige sulfater	0,02	AS _{0,2}
NS-EN 1744-1§ 15	Bestanddelene som endrer styrknings- og herdingstiden av betong		Lysere
NB 21	Alkalireaktivitet (sammeligningsverdi)	0,8%	
ASTM C1260-14	Accelereret mørtelprismeeekspansjon	0,01%	<0.10%
NS EN 932-3	Petrografisk beskrivelse	Singel med knuste korn fra løssmasseforekomst. Hovedsakelig sammensatt av kubisk rundede/skarpkantede korn av granitt, gneis, feltspatiske bergarter og mørke bergarter. Løst belegg på kornoverflater, ingen forvitrede korn og ingen meget svake korn.	

Material	Vare nr	Dato	Avdeling
8/16	101711-160	04.07.2017	NorStone Årdal

	Gjennomgang(%)																	
	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	56	63	90	
Typisk gradering	0,4	0,6	0,9	1,3	1,7	2,0	2,3	2,7	8,9	46,9	90,8	100,0						
Min.										32,0	85,0	98,0	100,0					
Max.	1,5						5,0		15,0	62,0	99,0	100,0						

Gneis-Granitt/Grovt 8/16 160 (101711-160)



04.07.2017

Dato


S. Tengedal

Prepared by

Ytelseserklæring

I henhold til forordning (EU) nr. 305/2011 (byggevarer), vedlegg III

Side - 3 -

Ytelseserklæring nr: 101711-160 004	Vare nr: 101711-160	
100 Knust-Natur 8/16mm (B) Gneis-Granitt		
Bruksområder for byggevarer(e):	Tilslag for betong	NorStone Årdal
Det eller de systemer for vurdering og kontroll av byggevarens konstante ytelse	System 2+	NorStone Årdal, 4137 Årdal, Norge
Dersom ytelseserklæringen gjelder en byggevarer som omfattes av en harmonisert Standard	NS-EN 12620:2002+A1:2008+NA:2009	www.norstone.no
Sertifiseringsorganet:	Kontrollrådet-1111	Tlf:0047-51754200
har utstedt sertifikat for produksjonskontrollen i samsvar med	System 2+	Tlf:0047-51754201
basert på førstegangsrevisjon av produksjons-anlegget og produksjonskontrollen:	1111-CPD-0007	
Ytelseserklæring arkiveres i ti år.		

Harmonisert teknisk spesifisering	Standarder	Vesentlige egenskaper	Ytelse	
			Verdier	Kategorier
NS EN 12620:2002+A1:2008+NA:2009	NS EN 933-1	Kornstørrelse Gradering Toleransekategori		8/16 G _C 85/15 G _{20/15}
	NS EN 933-3	Kornform Flisighetsindeks	3%	FI ₁₅
	NS EN 933-4	Shape indeks	-	SI _{NR}
	NS EN 1097-6	Korndensitet	2,69 Mg/m ³	2,67 Mg/m ³ - 2,71 Mg/m ³
	NS EN 1097-6 §8	Vannabsorpsjon	0,4%	WA ₂₄ 1
	NSEN 12620 F.2.3	Motstand mot frysing og tining	0,4	F ₁
		Renhet		
	NS EN 933-1	Finstoffinnhold	0,4 %	f _{1,5}
	NS EN 933-7	Skjellinnhold		SC ₁₀
		Motstand mot knusing		
	NS EN 1097-2 §5	Los Angeles-prøving		LA ₃₀
	NS EN 1097-2 §6	Slagprøving		NPD
		Motstand mot polering/slitasje		
	NS EN 1097-8	Poleringsverdi		NPD
	NS EN 1097-1	Motstand mot slitasje for grovt tilslag		NPD
	NS EN 1097-9	Motstand mot piggdekkslitasje		NPD
		Sammensetning / innhold		
	NS EN 1744-1§ 7	Klorider	0	Cl _{0,02}
	NS EN 1744-1§ 11	Totalt innhold av svovel		
	NS EN 1744-1§ 12	Syreløselige sulfater	0,02	AS _{0,2}
NS EN 1744-1§ 15	Bestanddelene som endrer styrknings- og herdingstiden av betong		Lysere	
NB21	Alkalireaktivitet (sammelningsverdi)	0,8%		
ASTM C1260-14	Accellerert mørtelprismeeekspansjon	0,01%	<0.10%	
NS-EN 932-3	Innhold av kalkstein	0,0%		
NS EN 932-3	Petrografisk beskrivelse	Singel med knuste korn fra løssmasseforekomst. Hovedsakelig sammensatt av kubisk rundede/skarpkantede korn av granitt, gneis, feltspatiske bergarter og mørke bergarter. Løst belegg på kornoverflater, ingen forvitrede korn og ingen meget svake korn.		

Ytelsen for denne varen som angitt ovenfor, er i samsvar med spesifikasjonene for produktet angitt i tabellen. Denne ytelseserklæringen er utstedt på eget ansvar av produsenten, NorStone Årdal. Undertegnet for og på vegne av produsenten av:

Svein Johan Mæland, Site Manager

Årdal 04.07.2017

(navn og stilling)

(Sted og utstedelsesdato)

(Underskrift)

Nationale krav:

DS2426:2011

NORSTONE
HEIDELBERG CEMENT Group

NorStone Årdal 4137 Årdal Norge

EN 933-1	Tilslagsstørrelsen & Inhold af finstof		8/16 f1,5
EN 932-3	Petrografisk undersøgelse		Gneis - Granitt
DS 2426	Miljøklasse		E
DS 2426	Eksponeringsklasse		XS3,XD2,XD3,XF4,XA3
DS 2426	Alkaliindhold Na2O		0

ID nummer:

101711-160

Vers: 004

VEDLEGG 2

EMPA-rapport – Analyse av bindemidlene

Empa
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
T +41 58 765 11 11
F +41 58 765 69 35
www.empa.ch/abt308

Statens Vegvesen
Vegdirektoratet
Ms. Eva Rodum
Postboks 8142 Dep
0033 Oslo
NORWAY

Test Report No. 5214020540

Test assignment: Analysis of 9 mineral binders
Test object(s): 6 cements, 2 fly ashes, 1 silica fume
Building / component:
Empa sample No.: 1177-1185
Order dated of: 31.10.2018
Test object(s) received: 31.10.2018
Sampling by: Client
Number of pages: 19
Attachment(s): -

Content

1. Aim.....	2
2. Materials.....	2
3. Test methods.....	2
4. Results.....	3
5. Conclusions.....	10
6. References.....	10
7. Appendix.....	11

G:\0_Berichte word\2018\12\5214020540_Analyse-StatensVegvesen.docx

Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology
Dübendorf, 18. Dezember 2018

Expert:
Dr. Frank Winnefeld

Head of Laboratory:
Dr. Pietro Lura



Note: The test results are valid solely for the tested object. The use of the test report for advertizing purposes, any reference to it or the publication of excerpts require the approval of the Empa (see Information Sheet). Test reports and supporting documents are retained for 10 years. Information on the measurement uncertainty can be requested from the laboratory.

1. Aim

Nine cementitious materials (2 ordinary Portland cements, 4 blended Portland cements, 1 silica fume, 2 fly ashes) should be analysed for their specific surface and their chemical-mineralogical composition.

2. Materials

The client delivered the following samples of about 150 g each to Empa:

- CEM I Aalborg, Empa No. 1177
- CEM I Std, Empa No. 1178
- CEM II/B-S Miljö, Empa No. 1179
- CEM II/A-V Anl FA, Empa No. 1180
- CEM II/B-M Std FA, Empa No. 1181
- CEM III/A Cemex, Empa No. 1182
- Silica fume, Empa No. 1183
- Fly ash Fa-2018, Empa No. 1184
- Fly ash Fa-2017, Empa No. 1185

3. Test methods

Density (pycnometric method) and specific surface area (Blaine method) were determined according to EN 196-6 except for silica fume where the BET method according to EN 13263-1 / ISO 9277 was used to determine the specific surface area.

Loss on ignition (L.O.I.) and X-ray fluorescence analysis (XRF) using fused beads were performed according to EN 196-2. Total carbon was determined according to ISO 10694. Thermogravimetric analysis (TGA) was done under nitrogen atmosphere using a Mettler-Toledo TGA/SDTA 851 instrument at 20 K/min between 30 and 980°C for all samples except the silica fume.

The crystalline phase contents were determined by quantitative X-ray diffraction analysis (QXRD) using Rietveld refinement. Prior to analysis about 4 g of each sample were ground for 30 minutes in isopropanol applying a McCrone micronizing mill.

X-ray diffraction (XRD) was performed using a PANalytical X'Pert Pro MPD diffractometer in a Θ - Θ configuration using Cobalt $K\alpha$ radiation with a fixed divergence slit size of 0.5° and a rotating sample stage. The samples were scanned between 5° and 90° 2 Θ with the X'Celerator detector. The Rietveld refinement for phase quantification was performed with X'Pert High Score Plus V. 4.8.

A reverse Bogue calculation using the clinker phase compositions given by Taylor [1] was performed to check the accuracy of the Rietveld evaluation for the two CEM I cements. For the blended cements this procedure is not possible. More details on QXRD including accuracy are given e.g. in [2-5], referring to Portland cements without mineral additions.

For the blended cements, the silica fume and the fly ashes an additional measurement with 20% CaF₂ as internal standard was done in order to quantify the total amount of X-ray amorphous phases.

4. Results

4.1 Density and specific surface area

Densities and specific surface areas of the investigated powders are given in table 1.

Table 1: Density and specific surface area

Parameter	CEM I Aalborg 1177	CEM I Std 1178	CEM II/B-S Miljö 1179	CEM II/A-V Anl FA 1180	CEM II/B-M Std FA 1181
Density g/cm ³	3.15	3.11	3.04	3.01	2.96
Spec. surface area Blaine cm ² /g	4380	4280	4550	4130	4940
Spec. surface area BET m ² /g	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Parameter	CEM III/A Cemex 1182	Silica fume 1183	Fly ash Fa-2018 1184	Fly ash Fa-2017 1185	
Density g/cm ³	3.04	n.d.	2.21	2.24	
Spec. surface area Blaine / cm ² /g	4910	n.d.	2290	3020	
Spec. surface area BET m ² /g	n.d.	22.0	n.d.	n.d.	

n.d.: not determined

4.2 Chemical composition

Table 2 gives the chemical composition of the 6 cements, and table 3 the chemical composition of silica fume and of the two fly ash samples.

Table 2: Chemical analysis of the cements

Parameter mass-%	CEM I Aalborg 1177	CEM I Std 1178	CEM II/B-S Miljö 1179	CEM II/A-V Anl FA 1180	CEM II/B-M Std FA 1181	CEM III/A Cemex 1182
CaO	63.88	59.81	57.00	53.76	51.03	54.87
SiO ₂	19.45	21.24	24.05	24.79	25.33	25.16
Al ₂ O ₃	5.13	5.67	6.04	7.20	7.33	6.49
Fe ₂ O ₃	3.66	3.19	1.87	4.61	3.98	1.76
MgO	1.03	2.52	3.58	1.76	2.13	4.12
Na ₂ O	0.34	0.54	0.26	0.39	0.50	0.26
K ₂ O	0.37	1.11	0.79	0.62	1.17	0.89
P ₂ O ₅	0.274	0.195	0.213	0.197	0.420	0.154
TiO ₂	0.197	0.349	0.371	0.307	0.382	0.383
MnO	0.036	0.054	0.070	0.289	0.063	0.077
Cr ₂ O ₃	0.005	0.014	0.004	0.015	0.011	0.003
SO ₃	3.40	3.42	3.31	2.57	2.91	3.12
L.O.I. ¹⁾	1.93	1.65	2.08	3.12	4.63	2.44
total	99.69	99.74	99.64	99.62	99.70	99.73
total carbon	0.38	0.31	0.50	0.93	1.05	0.59
as CO ₂ ²⁾	1.39	1.14	1.83	3.41	3.85	2.16

¹⁾ Loss on ignition

²⁾ In cements, carbon is mainly present as carbonates.

Table 3: Chemical analysis of silica fume and the fly ashes

Parameter mass-%	Silica fume	Fly ash Fa-2018	Fly ash Fa-2017
	1183	1184	1185
CaO	0.26	4.79	5.51
SiO ₂	94.89	56.05	55.25
Al ₂ O ₃	0.37	21.58	21.29
Fe ₂ O ₃	0.25	8.92	7.33
MgO	0.50	1.82	2.30
Na ₂ O	0.26	0.90	1.07
K ₂ O	1.16	2.15	2.21
P ₂ O ₅	0.128	0.496	0.677
TiO ₂	0.009	0.953	0.916
MnO	0.020	0.063	0.072
Cr ₂ O ₃	< 0.001	0.011	0.008
SO ₃	0.07	0.36	0.17
L.O.I. ¹⁾	2.04	1.49	2.70
total	99.96	99.57	99.49
total carbon ²⁾	0.68	1.20	2.26

¹⁾ Loss on ignition

²⁾ In silica fume, carbon is mainly present as SiC, and in fly ashes as elemental (unburnt) carbon.

4.3 Phase composition

Table 4 shows the results of the quantitative X-ray diffraction analyses of the two CEM I cements. Figures 1-4 in the appendix show the comparison between experimental and simulated X-ray diffractograms and the TGA data for the two samples.

Both cements show a typical phase composition for a CEM I cement. They both contain bassanite as main source of calcium sulfate. They show some prehydration as indicated by the TGA analyses (Figures 2 and 4; weight loss in the range of 50-150°C labelled as "hydrates"). Prehydration occurs when the cement powder interacts with humidity, which leads to the formation of hydrate phases such as ettringite or monosulfate [6-8].

Table 4: Quantitative X-ray diffraction of the investigated Portland cements

Phase ¹⁾	CEM I Aalborg 1177	CEM I Std 1178
C ₃ S	62.9	59.0
C ₂ S	13.4	15.1
C ₃ A cubic	3.8	3.0
C ₃ A orthorhombic	2.0	6.7
C ₄ AF	10.4	6.6
Lime	0.2	0.1
Portlandite ²⁾	0.6	1.1
Anhydrite	0.1	
Bassanite	3.5	3.0
Gypsum	0.2	0.9
Aphthitalite	0.3	1.1
Ca-langbeinite	0.2	
Syngenite		0.3
Calcite ²⁾	1.7	1.0
Dolomite ²⁾	0.5	0.3
Quartz	0.2	0.4

¹⁾ Standard deviations in interlaboratory testing on CEM I cements were found to be in the order of 2.5 mass-% for alite, 1.5 mass-% for belite, 1 mass-% for aluminat and ferrate and 0.5 mass-% for the minor phases [2-4].

²⁾ Thermogravimetric analysis:

1177: 0.7 mass-% portlandite and 1.2 mass-% CO₂ (refers to 2.7 mass-% CaCO₃)

1178: 1.5 mass-% portlandite and 0.6 mass-% CO₂ (refers to 1.4 mass-% CaCO₃)

Table 5 gives for the two cements the comparison between reverse Bogue calculation and XRF. For CEM I Aalborg (Empa No. 1177) the agreement is quite good, while for the sample CEM I Std. (Empa No. 1178) the agreement especially regarding the CaO is only fair. This might be due to problems with the refinement or due to the fact that the phase compositions of the clinker phases differ strongly from the assumed compositions according to Taylor [1].

Table 5: Comparison between reverse Bogue calculation of the QXRD data [1] and XRF analysis for the CEM I cements.

Oxide	CEM I Aalborg 1177		CEM I Std 1178	
	QXRD	XRF	QXRD	XRF
CaO	65.0	63.9	63.4	59.8
SiO ₂	20.9	19.5	20.7	21.2
Al ₂ O ₃	5.0	5.1	5.2	5.7
Fe ₂ O ₃	3.1	3.7	2.6	3.2
Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	8.1	8.8	7.8	8.9
MgO	1.3	1.0	2.3	2.5
K ₂ O	0.5	0.4	1.3	1.1
Na ₂ O	0.3	0.3	0.3	0.5
SO ₃	2.4	3.4	2.8	3.4
CO ₂	1.0	1.4	0.6	1.1

Table 6 shows the results of the quantitative X-ray diffraction analyses of the four blended cements. Due to the higher uncertainty of the results (see footnote 3 of table 6) the results are given with less significant numbers. Figures 5-12 in the appendix show the comparison between experimental and simulated X-ray diffractograms and the TGA data for these cements. Also those cements show some prehydration (see TGA graphs), especially the CEM II/B-M (Empa-No. 1181).

A comparison between reverse Bogue calculation using the QXRD data [1] and XRF analysis is not possible for blended cements without knowing the exact compositions and quantities of the mineral additions.

The amounts of clinker phases are the range typical for Portland cements. Different set regulators are present. In CEM II/B-S (1179) mainly anhydrite and gypsum, in CEM II/A-V (1180) and CEM II/B-M (1181) mainly bassanite, and in CEM III/A (1182) mainly anhydrite.

Usually Portland cement clinker does not contain a significant amorphous content [9], thus the amorphous can be assigned to mineral additions such as slag (samples 1179, 1182) or fly ash (samples 1180, 1181) and to unassigned minor phases including hydrates formed due to prehydration.

The occurrence of mullite in samples 1180 and 1181 refers to the fly ash present in the cements.

Table 6: Quantitative X-ray diffraction of the investigated blended cements. As in the samples significant contents of amorphous phases are present, the results are rounded to whole numbers (except values < 1).

Phase ¹⁾	CEM II/B-S Miljö 1179	CEM II/A-V Anl FA 1180	CEM II/B-M Std FA 1181	CEM III/A Cemex 1182
C ₃ S	44	55	48	37
C ₂ S	7	10	7	5
C ₃ A total	2	2	3	2
C ₄ AF	3	8	5	2
Portlandite ²⁾	1	1	0.9	1
Periclase			0.4	
Anhydrite	2			2
Bassanite	0.7	4	3	1
Gypsum	2	0.3	0.3	1
Calcite ²⁾	3	4	6	4
Quartz	0.2	1	2	0.2
Mullite		0.4	0.4	
Amorphous / unassigned minor phases ³⁾	35	15	26	46

¹⁾ Standard deviations in interlaboratory testing on CEM I cements were found to be in the order of 2.5 mass-% for alite, 1.5 mass-% for belite, 1 mass-% for aluminate and ferrate and 0.5 mass-% for the minor phases [2-4]. There is no such information available for blended cements. It can be assumed that the error is somewhat higher in the case of blended cements.

²⁾ Thermogravimetric analysis:

sample 1179: 1.6 mass-% portlandite and 1.6 mass-% CO₂ (referring to 3.7 mass-% CaCO₃)

sample 1180: 1.7 mass-% portlandite and 1.9 mass-% CO₂ (referring to 4.3 mass-% CaCO₃)

sample 1181: 1.6 mass-% portlandite and 3.1 mass-% CO₂ (referring to 7.1 mass-% CaCO₃)

sample 1182: 2.0 mass-% portlandite and 1.8 mass-% CO₂ (referring to 4.2 mass-% CaCO₃)

³⁾ The accuracy of the amount of amorphous and unassigned minor crystalline phases depends on the quality of the refinement and especially also on the background setting. It can be estimated to be at least ± 5 mass-%.

Table 7 shows the results of the quantitative X-ray diffraction analyses of the silica fume and the two fly ashes. Figures 13-17 in the appendix show the comparison between experimental and simulated X-ray diffractograms and the TGA data (only fly ashes) for these samples.

The fly ashes shows typical phase compositions for silica-rich hard coal fly ashes. Both samples are quite similar. Quartz and mullite are the main crystalline phases. In order to refine properly the peak shape of the quartz, two different quartz structures were used as fly ashes often contain two slightly different quartz populations (see [10] for details). The content of amorphous (including minor unidentified crystalline phases) is approximately 76-78 mass-% for both samples.

The silica fume is almost entirely X-ray amorphous. Traces of silicon carbide and quartz are present.

Table 7: Quantitative X-ray diffraction of fly ash and silica fume

Phase	Silica fume	Fly ash Fa-2018	Fly ash Fa-2017
mass-%	1183	1184	1185
Quartz	0.2	9.2	8.5
Mullite		10.2	9.4
Hematite		1.3	0.7
Magnetite		2.5	2.3
Lime		0.3	0.4
Periclase		0.2	0.6
Anhydrite		0.2	0.4
Moissanite 3C (SiC)	0.3		
Amorphous / unassigned minor phases	99.5	76.0	77.8

5. Conclusions

Six different cements and three mineral additions (two fly ashes, one silica fume) were analyzed.

The two CEM I cements and the four blended cements show typical phase compositions. The accuracy of the refinement and the identification and quantification of minor phases could be improved by selective extraction procedures [4,5]. The quantitative determination of mineral additions in blended Portland cement could be improved if samples of the clinker and the mineral addition(s) would be available.

The two fly ashes are quite similar and show typical phase compositions for silica-rich hard coal fly ashes. The fly ashes contain an amorphous content of approximately 76-78 mass-%. Quartz and mullite are the main crystalline phases. The silica fume is more than 99% amorphous and contains traces of quartz and silicon carbide.

6. References

- [1] Taylor H.F.W.: Modification of the Bogue calculation, *Advances in Cement Research* 2 (1989), 73–77.
- [2] Stutzman P., Leigh S.: Phase analysis of hydraulic cements by X-ray powder diffraction: precision, bias, and qualification, *Journal of ASTM International* 4 (2007), 1–11.
- [3] León-Reina L., de la Torre A.G., Porras-Vásquez J.M., Cruz M., Ordonez L.M., Alcobé X., Gispert-Guirado F., Larrañaga-Varga A., Paul M., Fuellmann T., Schmidt R., Aranda M.A.G.: Round robin on Rietveld quantitative phase analysis of Portland cements, *Journal Applied Crystallography* 42 (2009), 1–11.
- [4] Le Saoût G., Kocaba V., Scrivener K.: Application of the Rietveld method to the analysis of anhydrous cement, *Cement and Concrete Research* 41 (2011), 133–148.
- [5] Snellings R.: X-ray powder diffraction applied to cement, in: Scrivener K., Snellings R., Lothenbach B. (eds.): *A Practical Guide to Microstructural Analysis of Cementitious Materials*, CRC Press, Boca Raton, FL, USA; London, UK; New York, NY, USA, 2015, pp. 107-176.
- [6] Theisen K., Johansen V.: Prehydration and strength development of Portland cement, *American Ceramic Society Bulletin* 54 (1975), 787-791.
- [7] Sprung, S.: Effect of storage conditions on the properties of cement, *Zement-Kalk-Gips* 31 (1978), No. 6, 305–309.
- [8] Winnefeld F.: Influence of cement ageing and addition time on the performance of superplasticizers, *ZKG International* 61 (2008), No. 11, 68-77.
- [9] Jansen D., Stabler C., Götz-Neunhoeffler F., Dittrich S., Neubauer J.: Does ordinary Portland cement contain amorphous phase? A quantitative study using an external standard method, *Powder Diffraction* 26 (2011), 31-38.
- [10] Williams R.P., van Riessen A.: Determination of the reactive component of fly ashes for geopolymer production using XRF and XRD, *Fuel* 89 (2010), 3683-3692.

7. Appendix

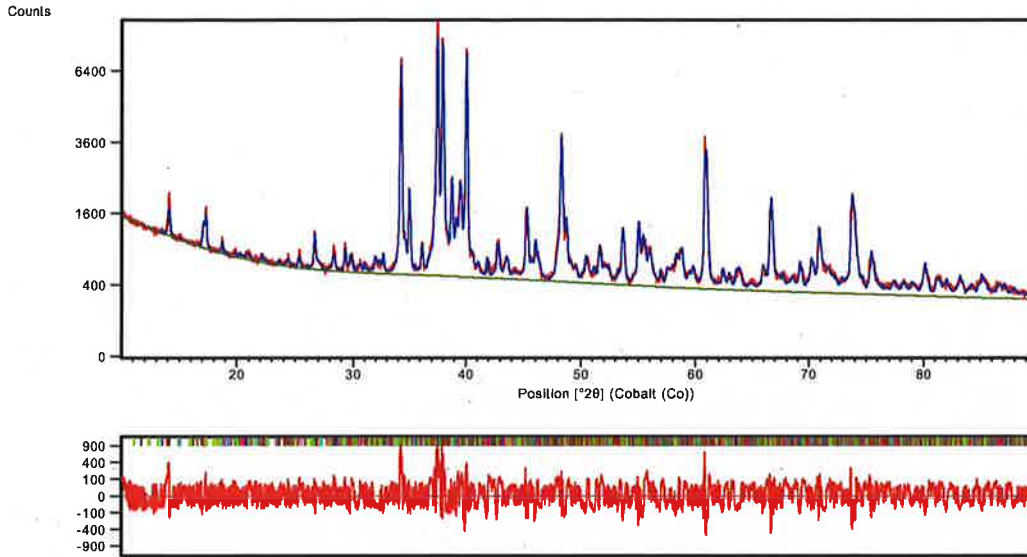


Figure 1: Comparison between measured (red) and simulated (blue) X-ray diffractogram and difference between measured and experimental data (below) of CEM I Aalborg (Empa-No. 1177).

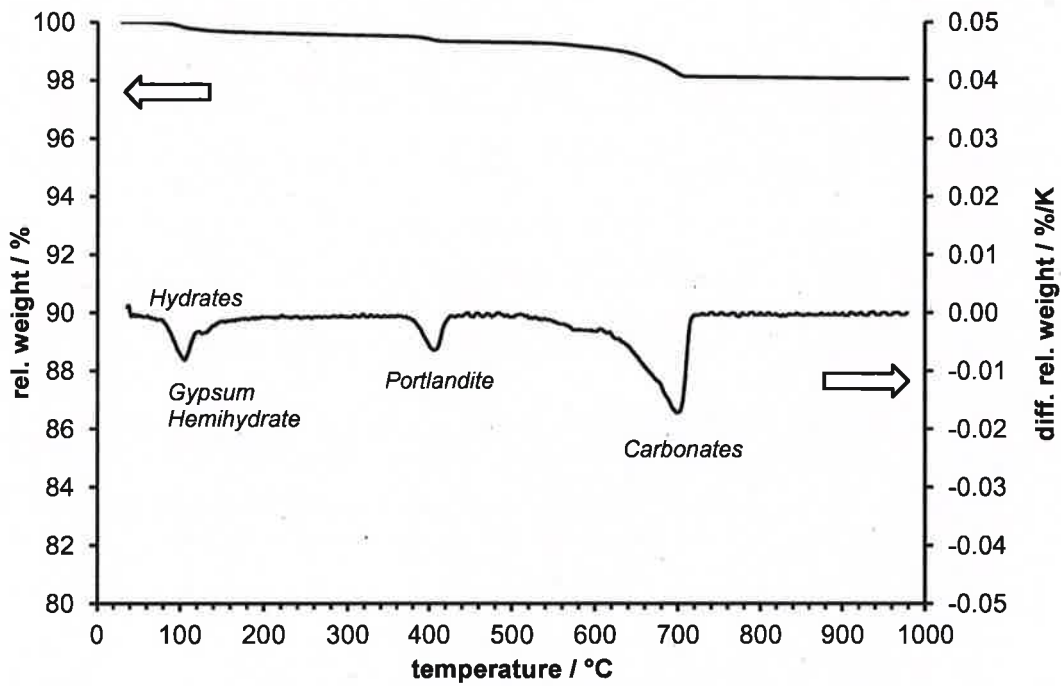


Figure 2: Thermogravimetric analysis of CEM I Aalborg (Empa-No. 1177).

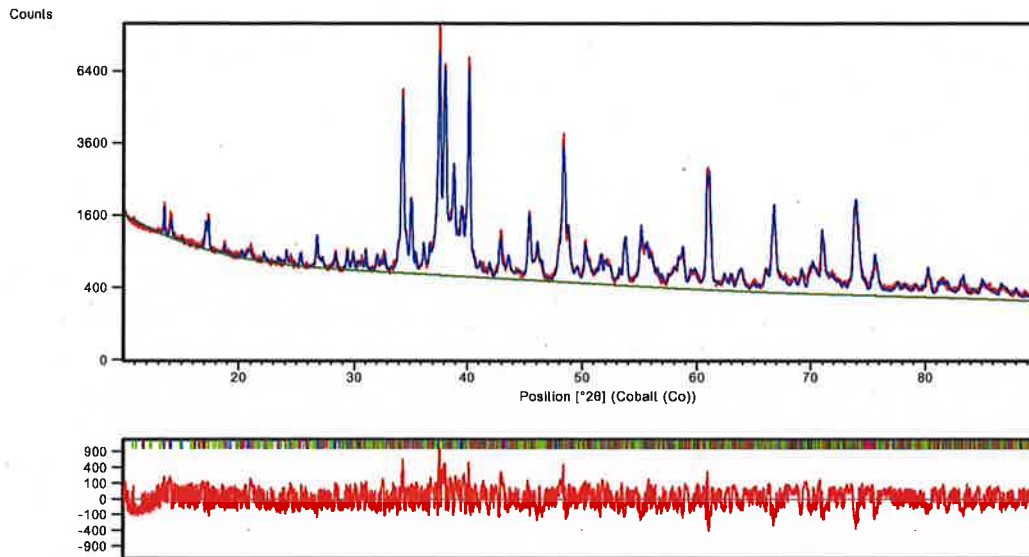


Figure 3: Comparison between measured (red) and simulated (blue) X-ray diffractogram and difference between measured and experimental data (below) of CEM I Std (Empa-No. 1178).

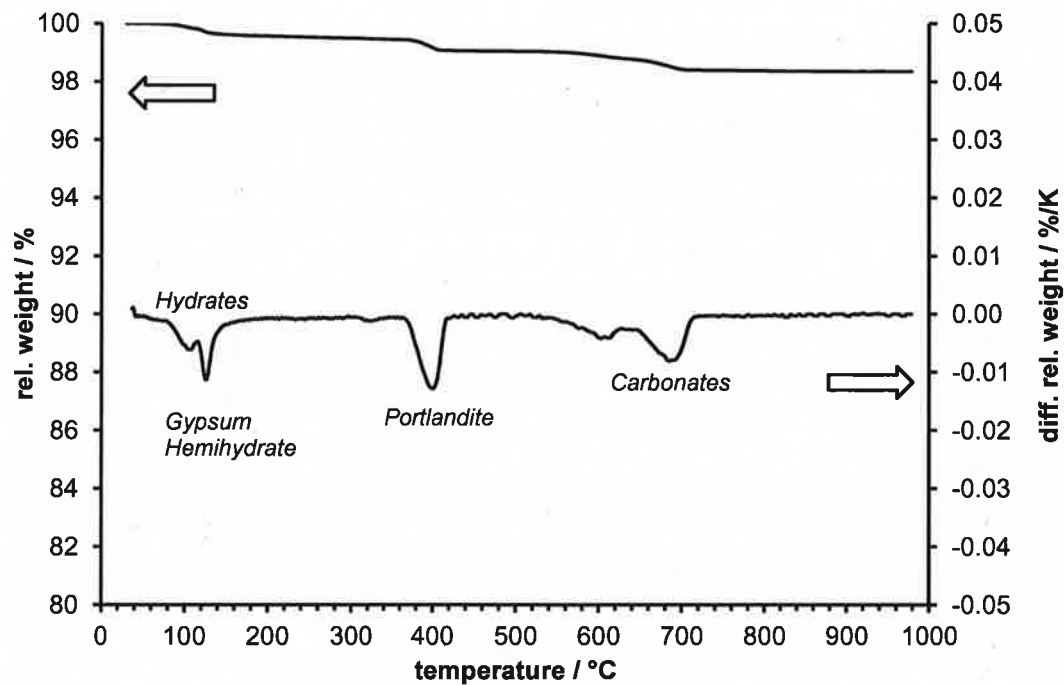


Figure 4: Thermogravimetric analysis of CEM I Std (Empa-No. 1178).

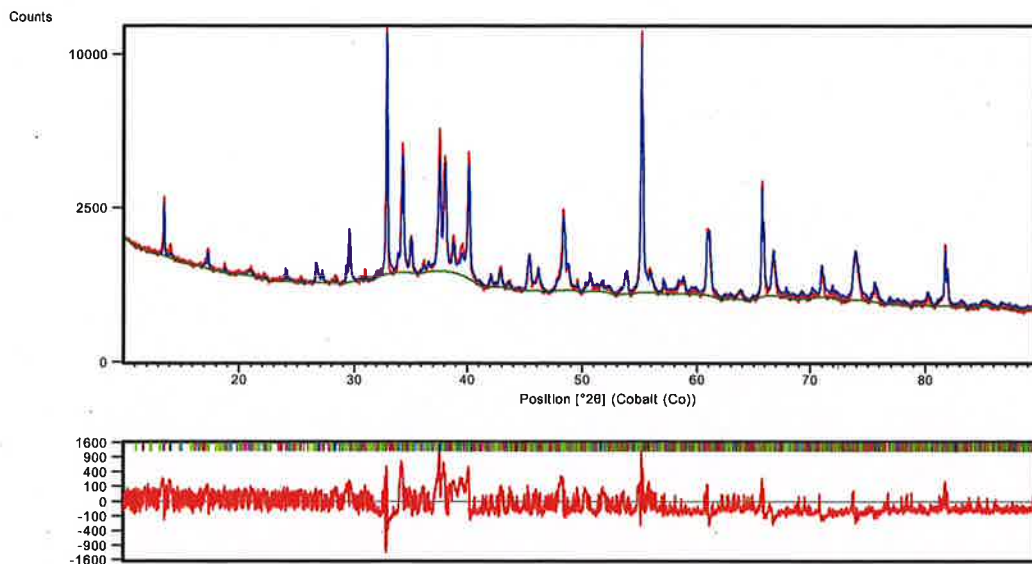


Figure 5: Comparison between measured (red) and simulated (blue) X-ray diffractogram and difference between measured and experimental data (below) of CEM II/B-S Miljö (Empa-No. 1179) with 20% CaF_2 .

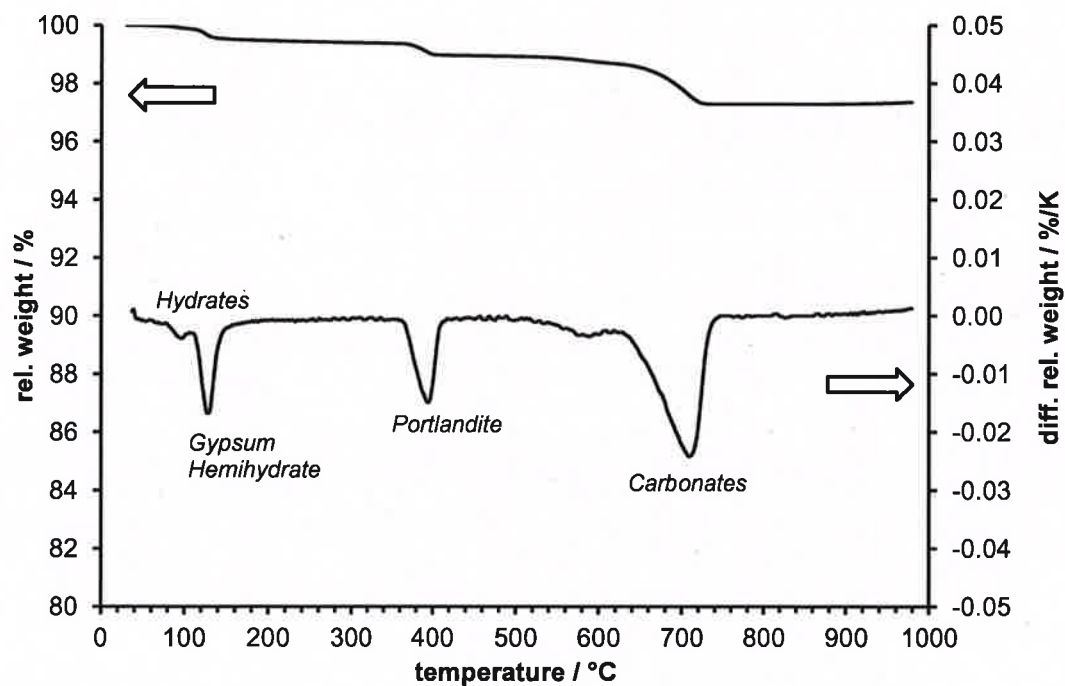


Figure 6: Thermogravimetric analysis of CEM II/B-S Miljö (Empa-No. 1179).

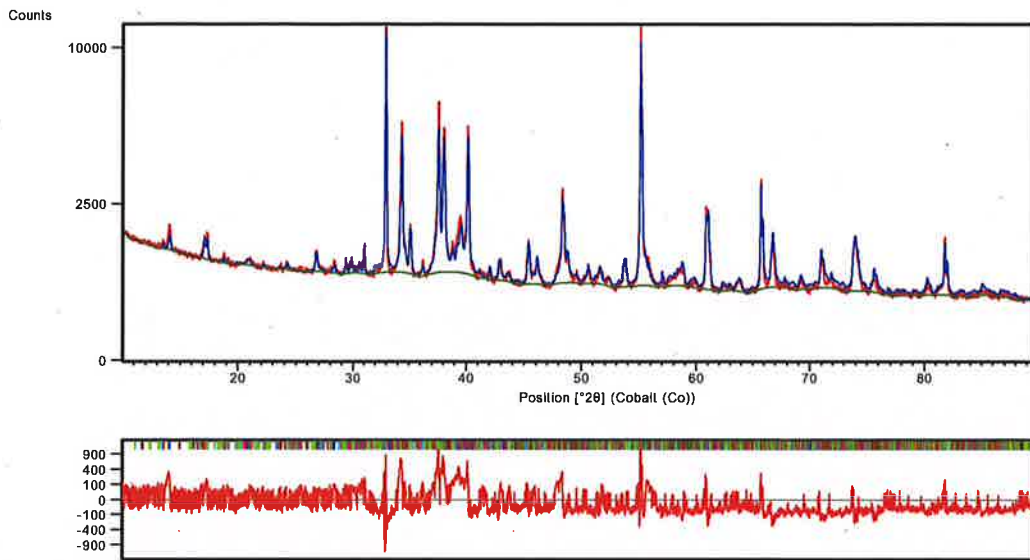


Figure 7: Comparison between measured (red) and simulated (blue) X-ray diffractogram and difference between measured and experimental data (below) of CEM II/A-V Anl FA (Empa-No. 1180) with 20% CaF₂.

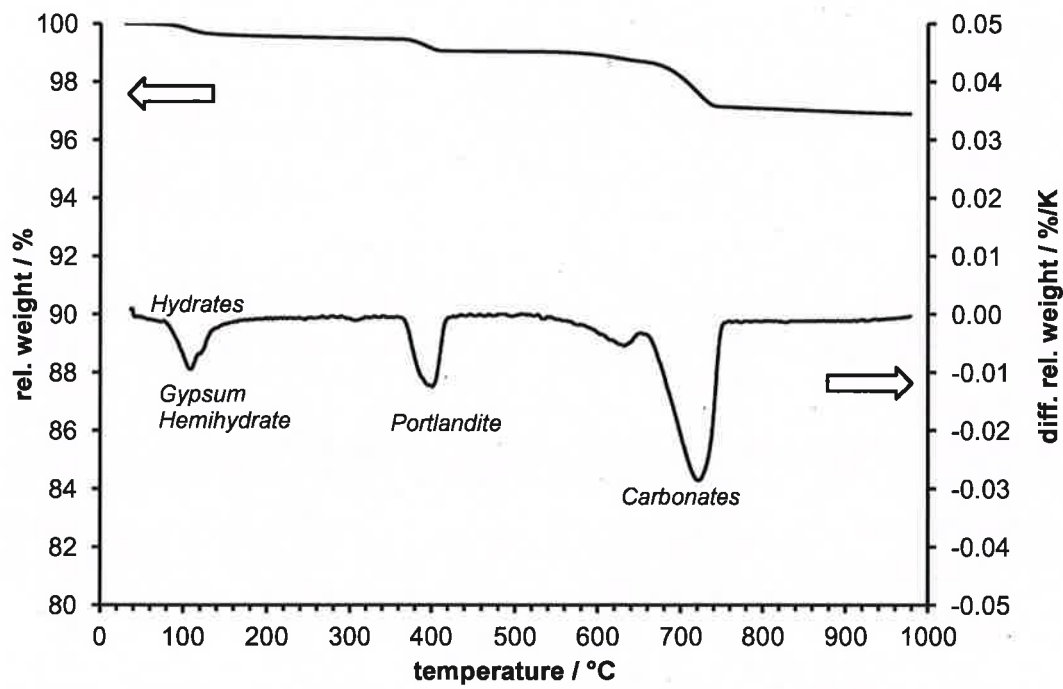


Figure 8: Thermogravimetric analysis of CEM II/A-V Anl FA (Empa-No. 1180).

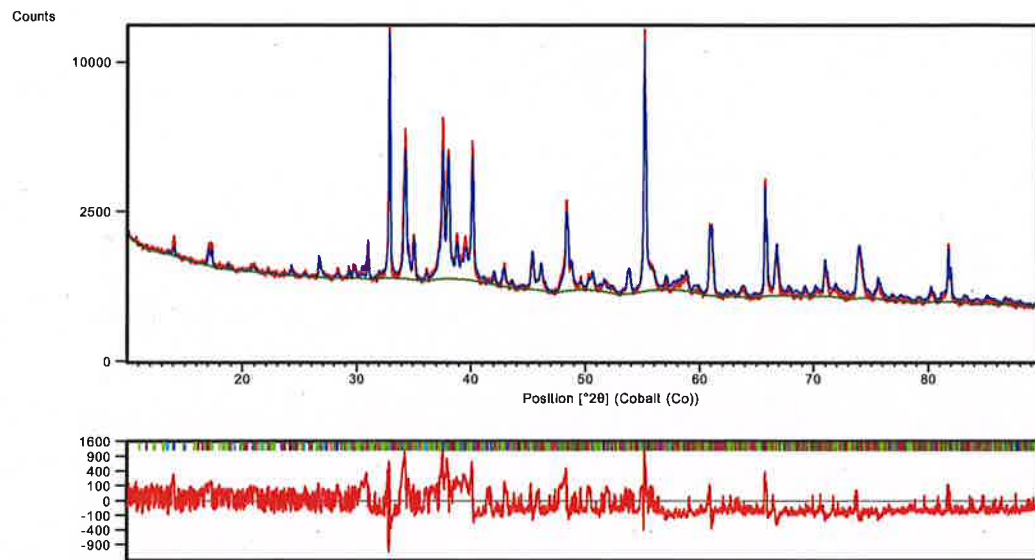


Figure 9: Comparison between measured (red) and simulated (blue) X-ray diffractogram and difference between measured and experimental data (below) of CEM II/B-M Std FA (Empa-No. 1181) with 20% CaF₂.

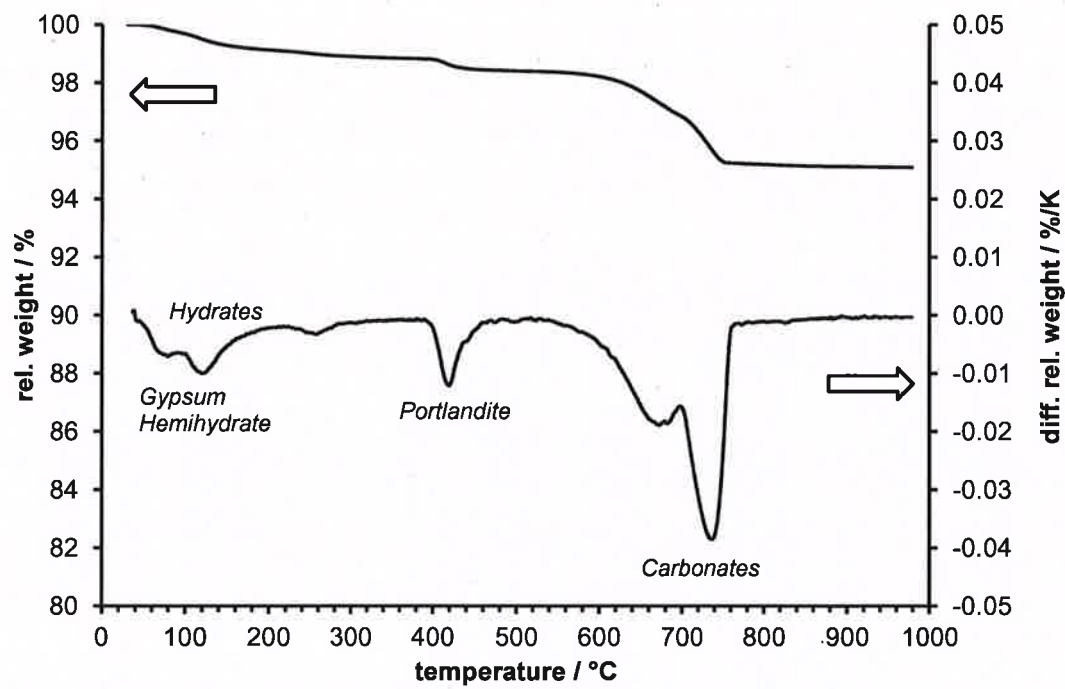


Figure 10: Thermogravimetric analysis of CEM II/B-M Std FA (Empa-No. 1181).

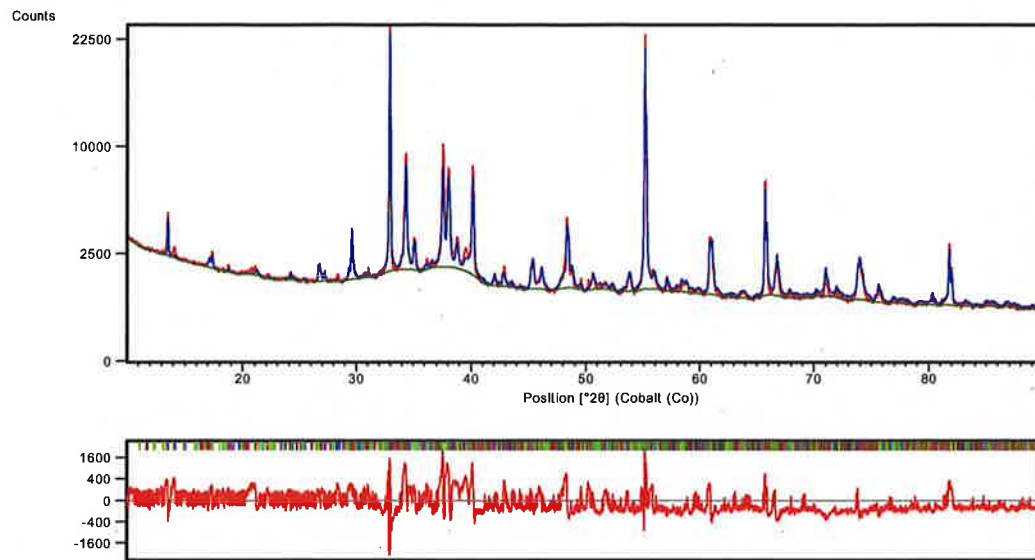


Figure 11: Comparison between measured (red) and simulated (blue) X-ray diffractogram and difference between measured and experimental data (below) of CEM III/A Cemex (Empa-No. 1182) with 20% CaF_2 .

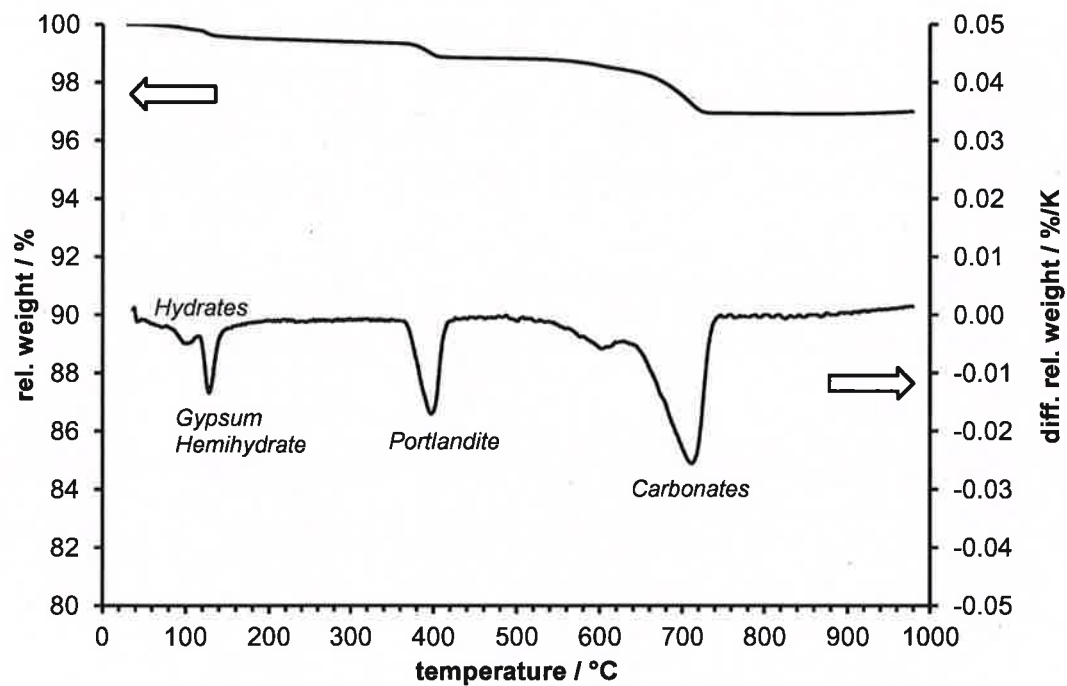


Figure 12: Thermogravimetric analysis of CEM III/A Cemex (Empa-No. 1182).

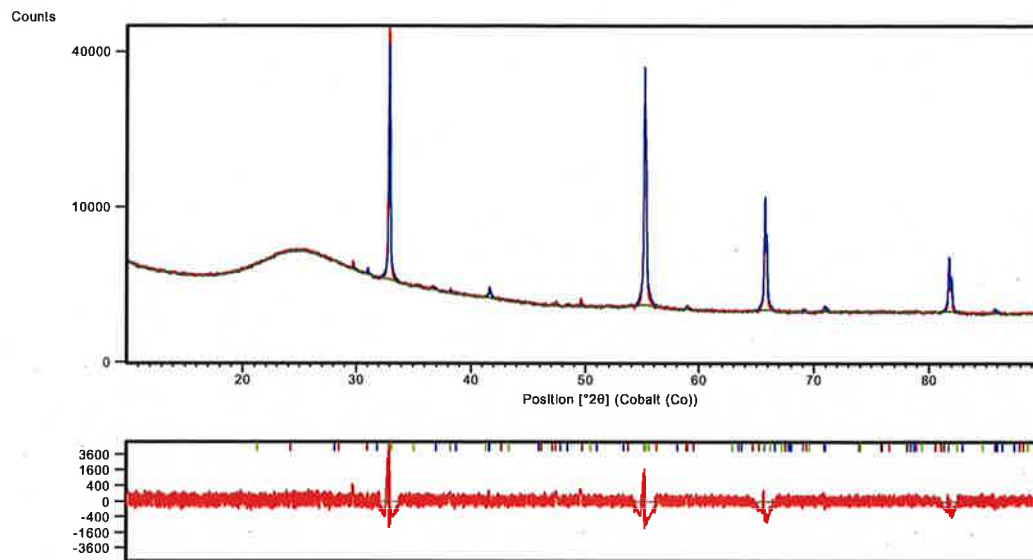


Figure 13: Comparison between measured (red) and simulated (blue) X-ray diffractogram and difference between measured and experimental data (below) of Silica fume (Empa-No. 1183) with 20% CaF_2 .

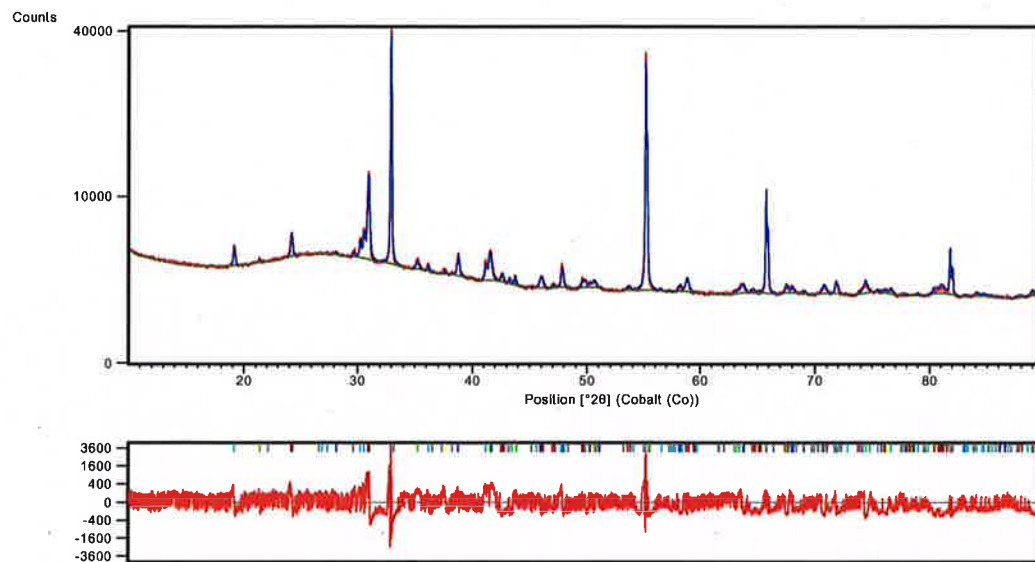


Figure 14: Comparison between measured (red) and simulated (blue) X-ray diffractogram and difference between measured and experimental data (below) of fly ash Fa-2018 (Empa-No. 1184) with 20% CaF_2 .

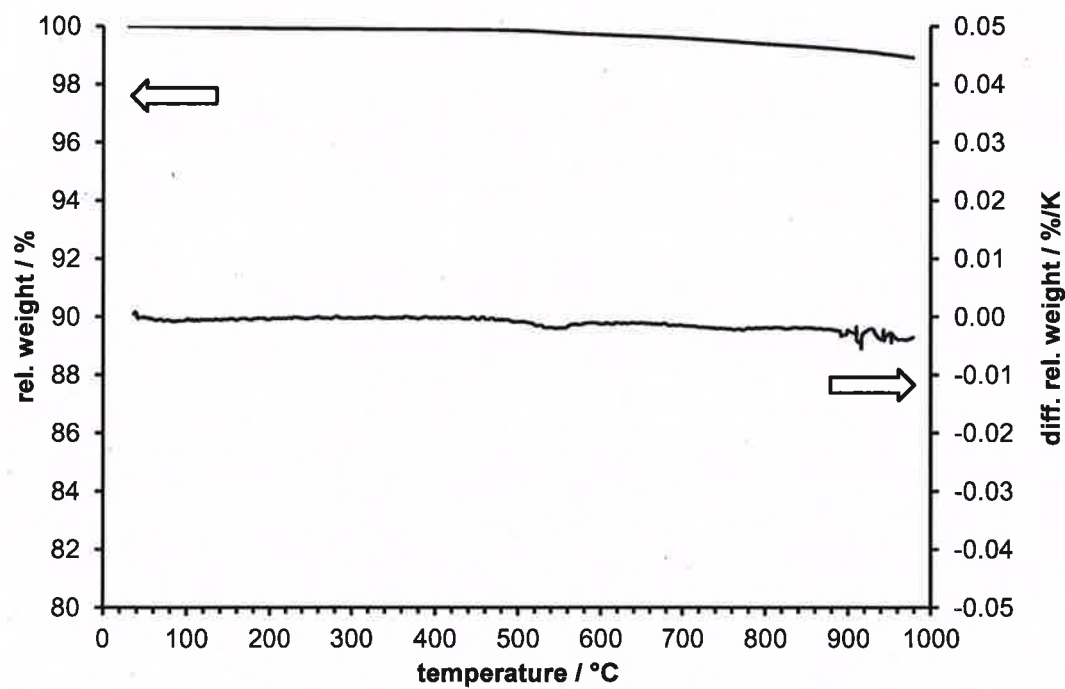


Figure 15: Thermogravimetric analysis of fly ash Fa-2018 (Empa-No. 1184).

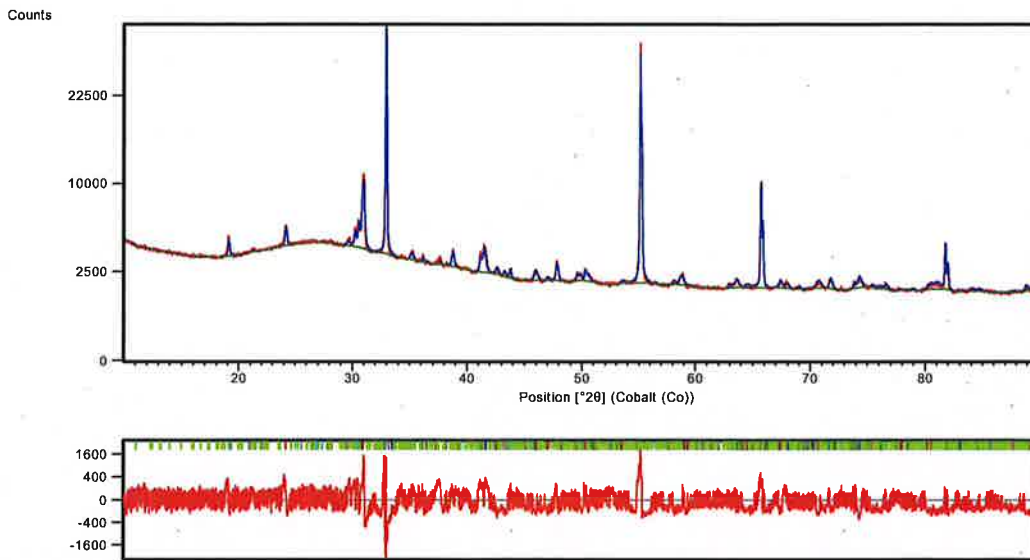


Figure 16: Comparison between measured (red) and simulated (blue) X-ray diffractogram and difference between measured and experimental data (below) of fly ash Fa-2017 (Empa-No. 1185) with 20% CaF₂.

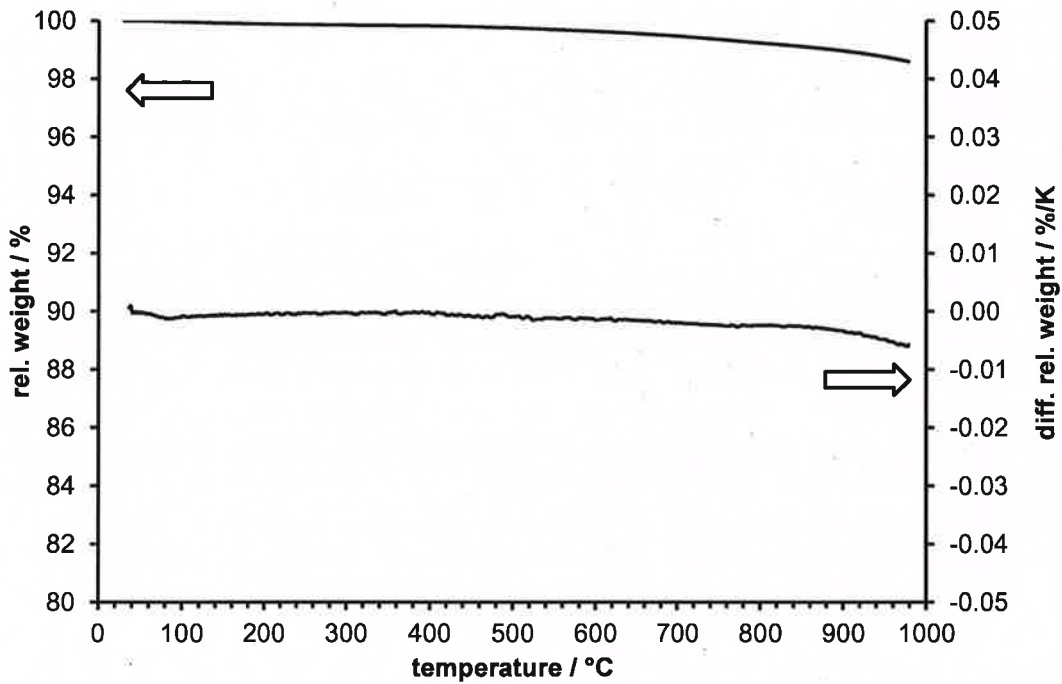


Figure 17: Thermogravimetric analysis of fly ash Fa-2017 (Empa-No. 1185).

VEDLEGG 3

DTI - Ferskbetongegenskaper

Prøving ved DTI - ferskbetongegenskaper

Betong	Blanding	Slump	Luft	Densitet	Temperatur
Std0	A1	200	4,2	2330	20,5
	A2	200	4,1	2340	20,7
	A middel	200	4,2	2340	20,6
Std18	B1	220	5,1	2300	20,0
	B2	220	3,8	2330	20,0
	B middel	220	4,5	2320	20,0
Std40	C1	220	5,5	2260	19,1
	C2	210	5,0	2270	18,4
	C middel	215	5,3	2270	18,8
Anl15	D1	220	4,5	2320	20,3
	D2	210	4,3	2320	19,7
	D middel	215	4,4	2320	20,0
Cemex45	E1	190	4,2	2330	21,0
	E2	200	4,1	2330	19,8
	E middel	195	4,2	2330	20,4
Anl40	F1	210	5,3	2270	
	F2	210	4,9	2270	20,7
	F3	200	4,8	2280	20,1
	D middel	207	5,0	2270	20,4
Miljø	G1	200	5,0	2320	20,7
	G2	210	4,4	2330	21,4
	G3	210	4,7	2320	21,9
	G middel	207	4,7	2320	21,3
Aalb20	H1	220	4,3	2330	20,9
	H2	220	4,8	2320	21,2
	H3	210	4,5	2330	21,1
	H middel	217	4,5	2330	21,1

VEDLEGG 4

DTI – Trykkfasthet og densitet, 28 og 91 døgn

Prøving ved DTI – trykkfasthet og densitet, 28 og 91 døgn (100 mm terning)

Fase I

Betong	Blanding/ prøvestykke	Trykkfasthet 28 dg			Trykkfasthet 91 dg			Densitet 28 dg			Densitet 91 dg		
			middel	stdav		middel	stdav		middel	stdav		middel	stdav
Std0	A1-1	66,0	67,0	1,8	74,0	74,5	1,1	2350	2360	12	2350	2350	6
	A1-2	69,1			73,7			2370			2350		
	A1-3	65,9			75,7			2350			2360		
	A2-1	65,5	65,7	0,8	74,6	73,7	0,8	2350	2360	10	2380	2360	15
	A2-2	66,6			73,5			2360			2360		
	A2-3	65,0			73,1			2370			2350		
	A middel	66,4			74,1			2360			2360		
A stdav	1,4			0,9			10			12			
Std18	B1(2)-1	60,8	57,9	2,6	67,5	69,2	1,5	2300	2290	6	2310	2300	6
	B1(2)-2	57,1			70,4			2290			2300		
	B1(2)-3	55,9			69,6			2290			2300		
	B2-1	60,9	59,9	0,9	69,3	70,0	1,1	2300	2290	6	2320	2330	12
	B2-2	59,3			69,4			2290			2340		
	B2-3	59,6			71,2			2290			2320		
	B middel	58,9			69,6			2290			2320		
B stdav	2,0			1,2			5			15			
Std40	C1-1	42,0	42,3	0,5	52,4	52,4	0,2	2270	2260	10	2280	2280	6
	C1-2	42,9			52,5			2250			2270		
	C1-3	42,0			52,2			2260			2280		
	C2-1	44,0	43,5	1,4	52,4	52,3	0,2	2270	2270	10	2280	2280	6
	C2-2	44,6			52,0			2280			2270		
	C2-3	41,9			52,4			2260			2280		
	C middel	42,9			52,3			2270			2280		
C stdav	1,2			0,2			10			5			
Anl15	D1-1	61,9	62,3	0,8	72,0	71,3	0,7	2310	2320	6	2340	2350	23
	D1-2	61,8			71,3			2320			2340		
	D1-3	63,3			70,7			2320			2380		
	D2-1	62,0	63,4	1,2	75,6	73,9	1,4	2350	2340	6	2350	2360	12
	D2-2	64,4			73,2			2340			2370		
	D2-3	63,8			73,0			2340			2350		
	D middel	62,9			72,6			2330			2360		
D stdav	1,1			1,7			15			16			
Cemex45	E1-1	66,7	66,3	0,3	73,1	72,9	0,9	2330	2310	15	2320	2330	15
	E1-2	66,1			73,7			2310			2350		
	E1-3	66,2			71,9			2300			2330		
	E2-1	67,2	67,5	1,3	75,1	74,2	1,1	2330	2330	10	2360	2350	10
	E2-2	69,0			74,4			2340			2350		
	E2-3	66,4			73,0			2320			2340		
	E middel	66,9			73,5			2320			2340		
E stdav	1,1			1,1			15			15			

Fase II

Betong	Blanding/ prøvestykke	Trykkfasthet 28 dg			Trykkfasthet 91 dg			Densitet 28 dg			Densitet 91 dg		
			middel	stdav		middel	stdav		middel	stdav		middel	stdav
Anl40	F1-1	38,8	39,1	0,7	50,0	49,7	0,3	2300	2290	6	2290	2290	6
	F1-2	39,9			49,7			2290			2300		
	F1-3	38,6			49,4			2290			2290		
	F2-1	39,6	39,3	0,7	51,7	51,3	0,8	2300	2300	6	2290	2280	12
	F2-2	39,9			50,4			2300			2270		
	F2-3	38,5			51,8			2290			2270		
	F3-1	40,0	39,7	0,5	51,3	50,8	0,6	2310	2290	20	2310	2300	10
	F3-2	39,2			50,9			2270			2290		
	F3-3	40,0			50,1			2290			2300		
	F middel	39,4			50,6			2290			2290		
F stdav	0,6			0,9			11			13			
Miljø	G1-1	68,8	67,6	1,0	73,7	73,3	0,7	2340	2330	6	2330	2310	38
	G1-2	67,1			73,7			2330			2270		
	G1-3	67,0			72,5			2330			2340		
	G2-1	64,8	65,3	1,0	70,4	70,2	0,4	2320	2320	15	2310	2310	10
	G2-2	66,4			69,7			2300			2320		
	G2-3	64,6			70,4			2330			2300		
	G3-1	65,3	65,2	1,4	70,5	72,2	1,9	2330	2320	15	2310	2320	10
	G3-2	63,8			74,3			2320			2330		
	G3-3	66,5			71,7			2300			2320		
	G middel	66,0			71,9			2320			2310		
G stdav	1,5			1,7			14			21			
Aalb20	H1-1	73,9	73,0	1,0	83,3	83,2	2,2	2350	2330	17	2340	2340	6
	H1-2	73,2			80,9			2320			2340		
	H1-3	72,0			85,3			2320			2330		
	H2-1	72,4	72,5	0,7	81,1	82,5	1,2	2320	2320	6	2320	2330	12
	H2-2	73,2			83,2			2330			2340		
	H2-3	71,8			83,2			2320			2340		
	H3-1	70,0	70,0	0,8	82,1	82,1	0,6	2320	2320	6	2330	2330	10
	H3-2	69,2			81,5			2330			2340		
	H3-3	70,8			82,7			2320			2320		
	H middel	71,8			82,6			2330			2330		
H stdav	1,6			1,4			10			9			

VEDLEGG 5

DTI – Spesifikk elektrisk motstand, 28 og 91 døgn

Prøving ved DTI – Spesifikk elektrisk motstand, 28 og 91 døgn (100 mm terning)

Fase I

Betong	Blanding/ prøvestykke	Spes. elektrisk motstand 28 dg			Spes. elektrisk motstand 91 dg		
			midde	stdav		middel	stdav
Std0	A1-1	128	123	3	198	191	5
	A1-2	121			186		
	A1-3	123			191		
	A1-4	121			189		
	A2-1	109	112	4	169	175	6
	A2-2	111			175		
	A2-3	118			182		
	A2-4	112			176		
	A middel	118			183		
	A stdav	7			10		
Std18	B1(2)-1	191	191	2	364	364	5
	B1(2)-2	189			357		
	B1(2)-3	193			369		
	B1(2)-4	192			367		
	B2-1	188	187	2	355	350	6
	B2-2	190			355		
	B2-3	185			343		
	B2-4	186			347		
	B middel	189			357		
	B stdav	3			9		
Std40	C1-1	190	185	4	405	401	3
	C1-2	184			401		
	C1-3	186			401		
	C1-4	181			399		
	C2-1	177	177	4	383	391	9
	C2-2	173			392		
	C2-3	174			386		
	C2-4	182			404		
	C middel	181			396		
	C stdav	6			8		
Anl15	D1-1	133	129	3	294	289	4
	D1-2	127			286		
	D1-3	128			286		
	D1-4	127			292		
	D2-1	127	126	5	277	279	10
	D2-2	129			284		
	D2-3	131			289		
	D2-4	119			265		
	D middel	127			284		
	D stdav	4			9		
Cemex45	E1-1	253	257	5	391	401	18
	E1-2	255			386		
	E1-3	258			400		
	E1-4	264			427		
	E2-1	253	258	4	394	400	7
	E2-2	263			405		
	E2-3	256			395		
	E2-4	260			406		
	E middel	258			401		
	E stdav	4			13		

Fase II

Betong	Blanding/ prøvestykke	Spes. elektrisk motstand 28 dg			Spes. elektrisk motstand 91 dg		
			midde	stdav		middel	stdav
Anl40	F1-1	100	107	5	223	222	2
	F1-2	111			225		
	F1-3	106			220		
	F1-4	110			221		
	F2-1	99	101	5	224	227	8
	F2-2	96			219		
	F2-3	102			227		
	F2-4	107			239		
	F3-1	98	99	2	222	220	4
	F3-2	99			222		
	F3-3	97			214		
	F3-4	101			223		
	F middel	102			223		
F stdav	5			6			
Miljø	G1-1	224	223	1	374	364	8
	G1-2	223			367		
	G1-3	221			358		
	G1-4	223			356		
	G2-1	213	210	2	346	343	6
	G2-2	211			349		
	G2-3	209			335		
	G2-4	209			342		
	G3-1	214	215	3	348	351	5
	G3-2	218			353		
	G3-3	213			345		
	G3-4	213			356		
	G middel	216			352		
G stdav	6			11			
Aalb20	H1-1	130	131	3	286	292	14
	H1-2	128			281		
	H1-3	132			289		
	H1-4	136			313		
	H2-1	135	134	2	298	294	5
	H2-2	136			298		
	H2-3	132			287		
	H2-4	132			293		
	H3-1	124	125	0	276	278	2
	H3-2	125			278		
	H3-3	125			277		
	H3-4	124			281		
	H middel	130			288		
H stdav	4			11			

VEDLEGG 6

Sentrallaboratoriet – Spesifikk elektrisk motstand, ca. 65 døgn

Prøving ved Sentrallaboratoriet– Spesifikk elektrisk motstand, ca. 65 døgn (Ø100 mm x 200 mm sylinder)

Fase I og II

Betong	Prøvestykke	R, Ω		ρ , Ωm	
		enkeltres	enkeltres	middel	
Std0	A1-1A	4977	195,4	191	
	A1-1B	4970	195,2		
	A1-1C	5066	198,9		
	A2-2A	4819	189,2		
	A2-2B	4627	181,7		
	A2-2C	4722	185,4		
Std18	B1(2)-3A	8730	342,8	331	
	B1(2)-3B	8666	340,3		
	B1(2)-3C	8796	345,4		
	B2-4A	8195	321,8		
	B2-4B	8081	317,3		
	B2-4C	8152	320,1		
Std40	C1-5A	8069	316,9	308	
	C1-5B	7910	310,6		
	C1-5C	8154	320,2		
	C2-6A	7827	307,4		
	C2-6B	7518	295,2		
	C2-6C	7633	299,7		
Anl15	D1-7A	6397	251,2	253	
	D1-7B	6744	264,8		
	D1-7C	6515	255,8		
	D2-8A	6370	250,1		
	D2-8B	6199	243,4		
	D2-8C	6376	250,4		
Cemex45	E1-9A	10050	394,7	391	
	E1-9B	9900	388,8		
	E1-9C	10080	395,8		
	E2-10A	9990	392,3		
	E2-10B	9764	383,4		
	E2-10C	9883	388,1		
Anl40	F3-1A	4547	178,6	180	
	F3-1B	4634	182,0		
	F3-1C	4561	179,1		
	F3-1D	4608	181,0		
	F3-1E	4593	180,4		
	F3-1F	4581	179,9		
Miljø	G3-1A	8635	339,1	337	
	G3-1B	8770	344,4		
	G3-1C	8496	333,6		
	G3-1D	8485	333,2		
	G3-1E	8554	335,9		
	G3-1F	8546	335,6		
Aalb20	H3-1A	5834	229,1	226	
	H3-1B	5735	225,2		
	H3-1C	5675	222,9		
	H3-1D	5668	222,6		
	H3-1E	5835	229,1		
	H3-1F	5820	228,6		

VEDLEGG 7

Sentrallaboratoriet – Frostavskalling (7 døgn forkondisjonering)

Prøving ved Sentrallaboratoriet – Akkumulert frostavskalling Serie 1 (85±6 døgn herding + 7 døgn forkondisjonering)

Betong A -Std0



Statens vegvesen

Region Øst

Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.445 Frostbestandighet av herdet betong

Oppdragsnr. 6180002-1

Utført dato: 02.02.18-10.04.18

Signatur: FTK/AMT/BMG

Prøve: A1 (101d herding)

Resept:778339

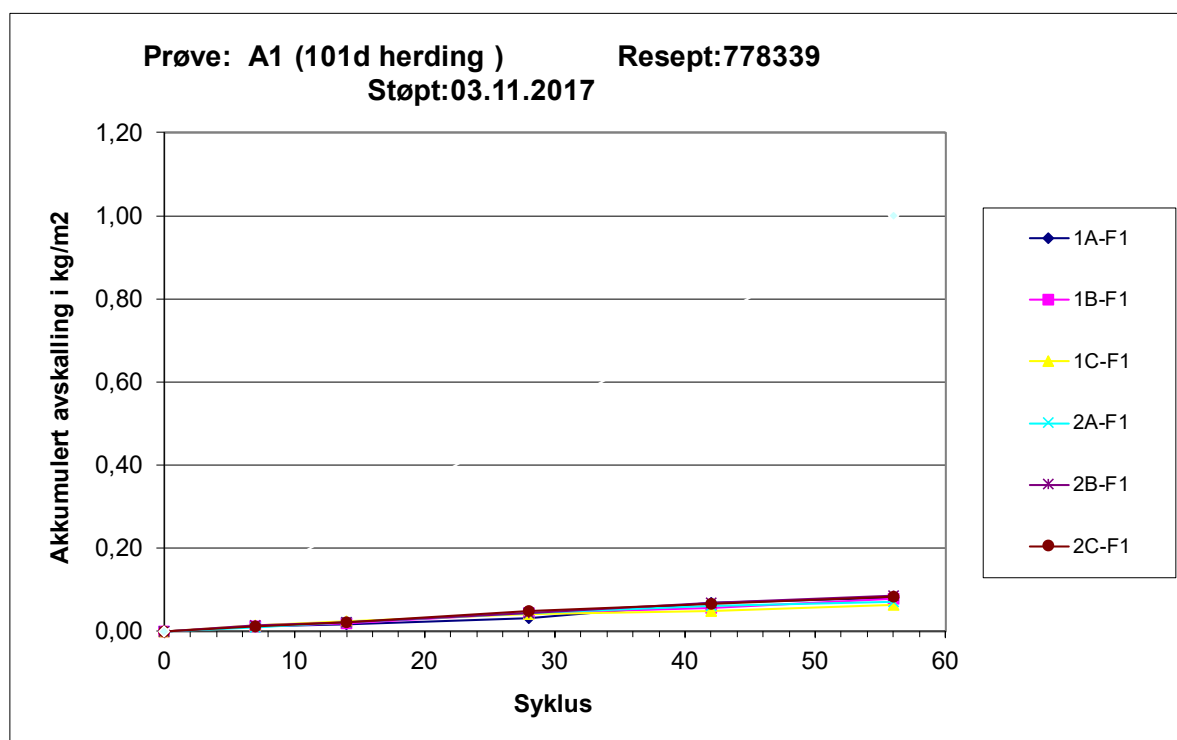
Støpt:03.11.2017

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	1A-F1	1B-F1	1C-F1	2A-F1	2B-F1	2C-F1	Totalt
AREAL cm ²	77,4	77,1	77,7	78,0	77,0	77,4	464,5640
7d.avskalling	0,08	0,09	0,11	0,07	0,10	0,09	0,5400
14d.avskalling	0,05	0,05	0,08	0,09	0,06	0,08	0,4100
28d.avskalling	0,11	0,19	0,12	0,18	0,18	0,20	0,9800
42d.avskalling	0,29	0,11	0,06	0,13	0,18	0,14	0,9100
56d.avskalling	0,09	0,16	0,12	0,08	0,13	0,13	0,7100

Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus	Lab.pr.nr.	1A-F1	1B-F1	1C-F1	2A-F1	2B-F1	2C-F1	Gj.snitt
m ₇		0,010	0,012	0,014	0,009	0,013	0,012	0,012
m ₁₄		0,017	0,018	0,024	0,021	0,021	0,022	0,020
m ₂₈		0,031	0,043	0,040	0,044	0,044	0,048	0,042
m ₄₂		0,069	0,057	0,048	0,060	0,068	0,066	0,061
m ₅₆		0,080	0,078	0,063	0,071	0,084	0,083	0,076



Betong B – Std18



Statens vegvesen

Region Øst

Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.445 Frostbestandighet av herdet betong

Oppdragsnr. 6180002-3

Utført dato: 02.02.18-10.04.18

Signatur: AMT/FTK/BMG

Prøve B1(2) (94d herding)

Resept:778297

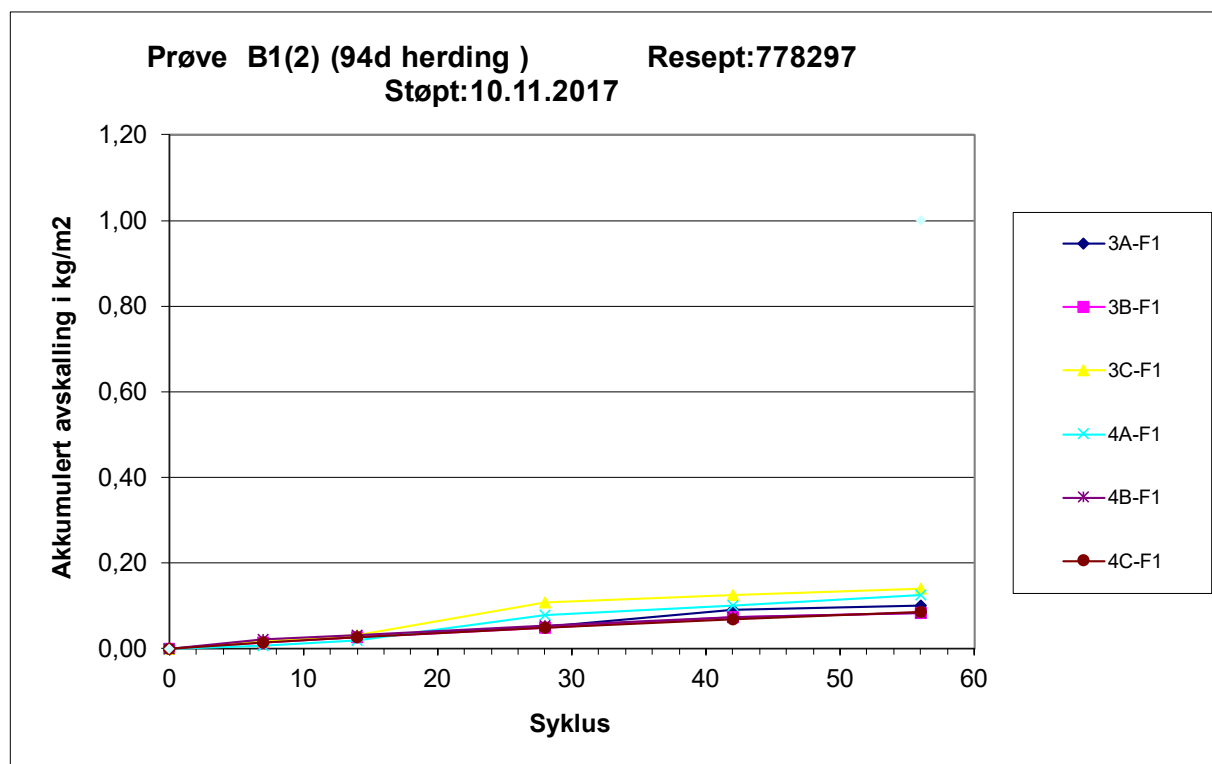
Støpt:10.11.2017

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	3A-F1	3B-F1	3C-F1	4A-F1	4B-F1	4C-F1	Totalt
AREAL cm ²	77,4	77,6	77,8	78,1	77,6	77,5	465,9983
7d.avskalling	0,13	0,10	0,13	0,05	0,17	0,10	0,6800
14d.avskalling	0,08	0,10	0,11	0,09	0,07	0,11	0,5600
28d.avskalling	0,18	0,17	0,59	0,47	0,18	0,17	1,7600
42d.avskalling	0,30	0,19	0,15	0,18	0,15	0,15	1,1200
56d.avskalling	0,09	0,08	0,11	0,19	0,07	0,14	0,6800

Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus \ Lab.pr.nr.	3A-F1	3B-F1	3C-F1	4A-F1	4B-F1	4C-F1	Gj.snitt
m ₇	0,017	0,013	0,017	0,006	0,022	0,013	0,015
m ₁₄	0,027	0,026	0,031	0,018	0,031	0,027	0,027
m ₂₈	0,050	0,048	0,107	0,078	0,054	0,049	0,064
m ₄₂	0,089	0,072	0,126	0,101	0,073	0,068	0,088
m ₅₆	0,101	0,083	0,140	0,125	0,082	0,086	0,103



Betong C – Std40



Statens vegvesen

Region Øst

Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.445 Frostbestandighet av herdet betong

Oppdragsnr.: 6180002-5

Utført dato: 09.02.18-23.04.18

Signatur: FTK/AMT/BMG

Prøve C1 (90d herding)

Resept:778308

Støpt:21.11.2017

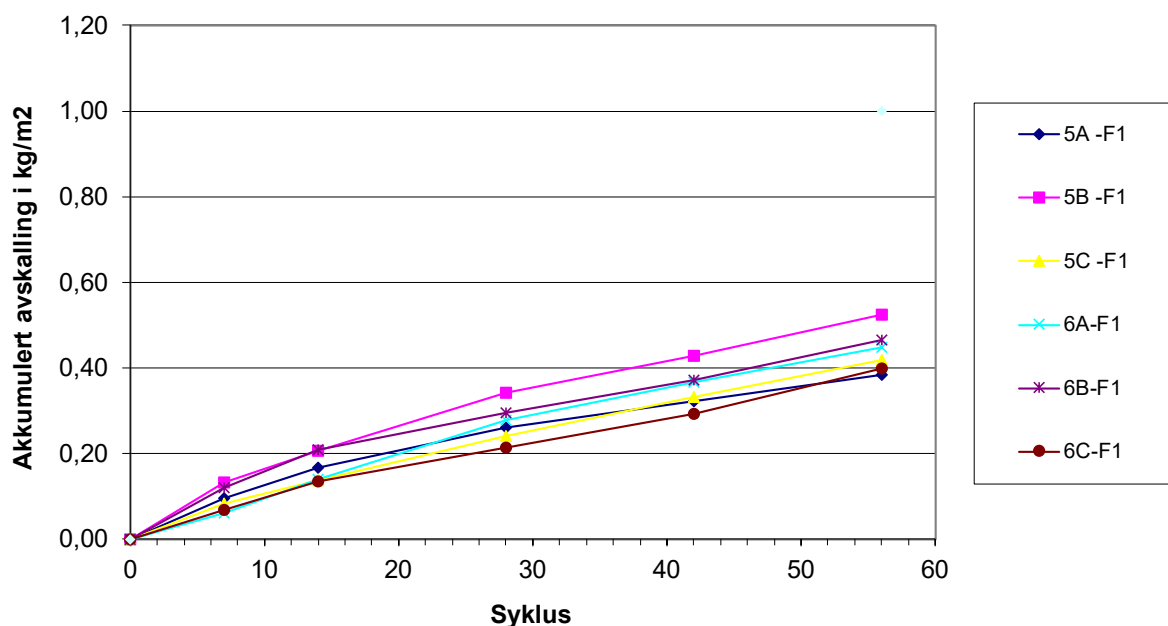
Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	5A -F1	5B -F1	5C -F1	6A-F1	6B-F1	6C-F1	Totalt
AREAL cm ²	77,9	77,5	77,6	77,6	77,5	77,5	465,5761
7d.avskalling	0,75	1,03	0,64	0,48	0,93	0,52	4,3500
14d.avskalling	0,55	0,56	0,43	0,60	0,69	0,53	3,3600
28d.avskalling	0,72	1,06	0,80	1,08	0,67	0,61	4,9400
42d.avskalling	0,48	0,67	0,70	0,69	0,58	0,61	3,7300
56d.avskalling	0,49	0,75	0,68	0,62	0,73	0,81	4,0800

Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus \ Lab.pr.nr.	5A -F1	5B -F1	5C -F1	6A-F1	6B-F1	6C-F1	Gj.snitt
m ₇	0,096	0,133	0,083	0,062	0,120	0,067	0,093
m ₁₄	0,167	0,205	0,138	0,139	0,209	0,135	0,166
m ₂₈	0,259	0,342	0,241	0,278	0,296	0,214	0,272
m ₄₂	0,321	0,428	0,331	0,367	0,370	0,293	0,352
m ₅₆	0,384	0,525	0,419	0,447	0,465	0,397	0,439

Prøve C1 (90d herding) Resept:778308
Støpt:21.11.2017



Betong D – Anl15



Statens vegvesen

Region Øst

Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.445 Frostbestandighet av herdet betong

Oppdragsnr.: 6180002-7

Utført dato: 02.02.18-10.04.18

Signatur: FTK/AMT/BMG

Prøve D1 (91d herding)

Resept:778389

Støpt:13.11.2017

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	7A-F1	7B-F1	7C-F1	8A-F1	8B-F1	8C-F1	Totalt
AREAL cm ²	77,8	77,8	77,9	77,6	77,2	77,3	465,5614
7d.avskalling	0,13	0,10	0,10	0,23	0,16	0,09	0,8100
14d.avskalling	0,08	0,08	0,12	0,05	0,14	0,08	0,5500
28d.avskalling	0,19	0,12	0,13	0,10	0,26	0,14	0,9400
42d.avskalling	0,13	0,12	0,13	0,09	0,30	0,13	0,9000
56d.avskalling	0,15	0,12	0,22	0,09	0,21	0,18	0,9700

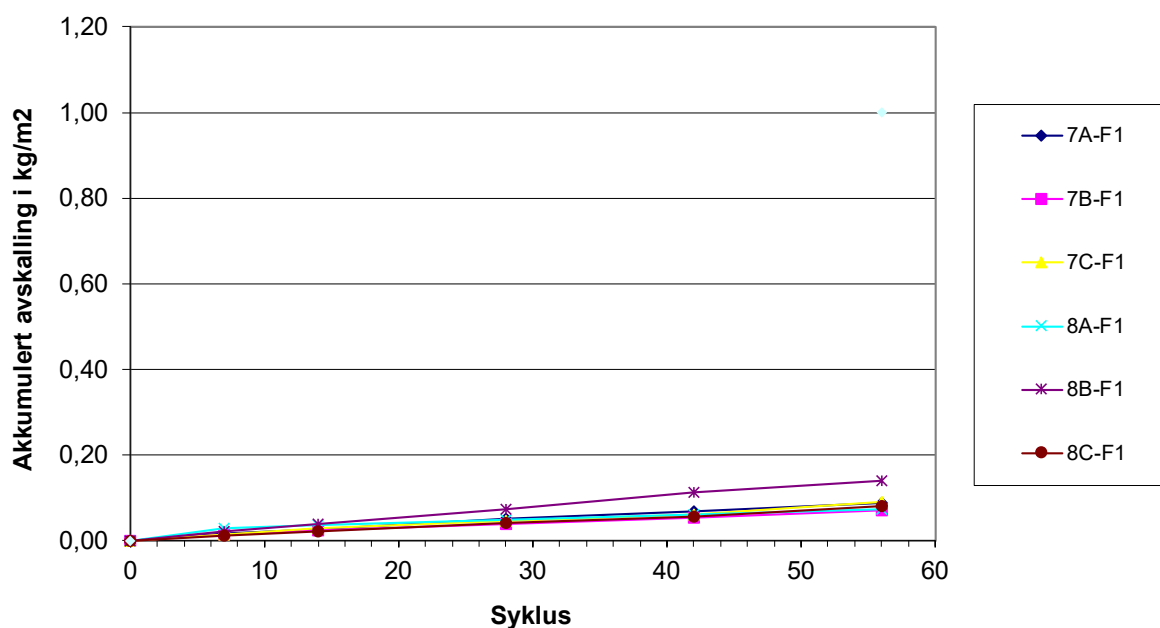
Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus	Lab.pr.nr.	7A-F1	7B-F1	7C-F1	8A-F1	8B-F1	8C-F1	Gj.snitt
m ₇		0,017	0,013	0,013	0,030	0,021	0,012	0,017
m ₁₄		0,027	0,023	0,028	0,036	0,039	0,022	0,029
m ₂₈		0,051	0,039	0,045	0,049	0,073	0,040	0,049
m ₄₂		0,068	0,054	0,062	0,061	0,111	0,057	0,069
m ₅₆		0,087	0,069	0,090	0,072	0,139	0,080	0,090

Prøve D1 (91d herding)

Resept:778389

Støpt:13.11.2017



Betong E – Cemex45



Statens vegvesen

Region Øst

Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.445 Frostbestandighet av herdet betong

Oppdragsnr.: 6180002-8

Utført dato: 09.02.18-23.04.18

Signatur: FTK/AMT/BMG

Prøve E1 (94d herding)

Resept:778336

Støpt:17.11.2017

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	9A-F1	9B-F1	9C-F1	10A-F1	10B-F1	10C-F1	Totalt
AREAL cm ²	77,8	77,7	77,7	77,5	77,7	77,6	465,9271
7d.avskalling	0,17	0,08	0,17	0,17	0,03	0,11	0,7300
14d.avskalling	0,23	0,14	0,17	0,22	0,12	0,17	1,0500
28d.avskalling	0,18	0,22	0,23	0,36	0,39	0,24	1,6200
42d.avskalling	0,21	0,17	0,12	0,47	0,22	0,16	1,3500
56d.avskalling	0,21	0,17	0,15	0,37	0,30	0,15	1,3500

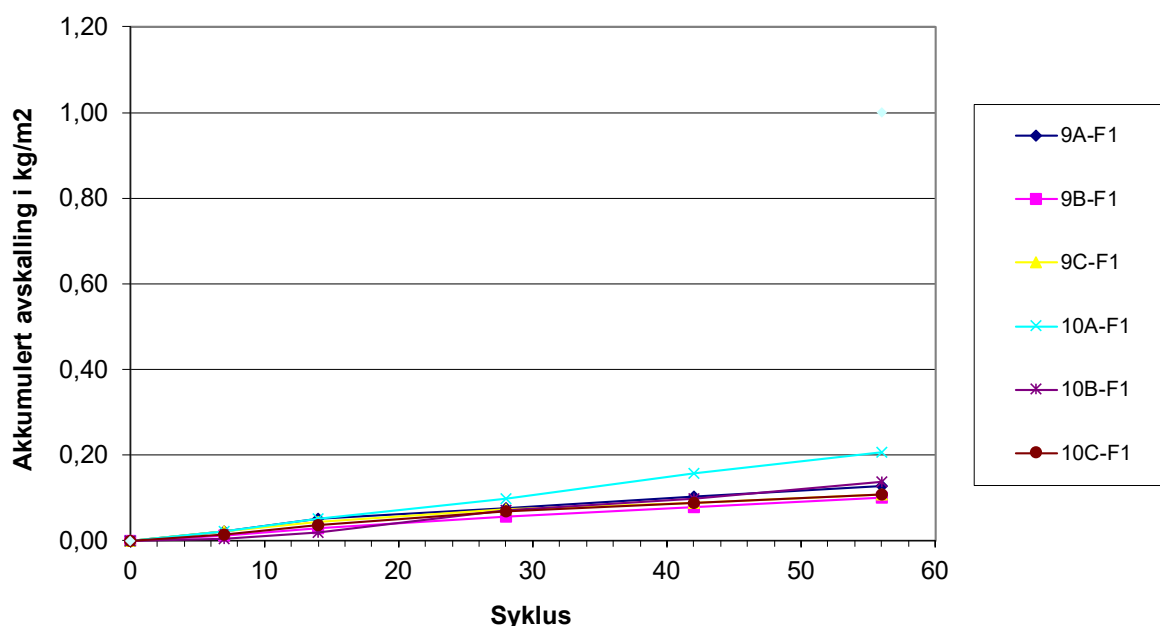
Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus	Lab.pr.nr.	9A-F1	9B-F1	9C-F1	10A-F1	10B-F1	10C-F1	Gj.snitt
m ₇		0,022	0,010	0,022	0,022	0,004	0,014	0,016
m ₁₄		0,051	0,028	0,044	0,050	0,019	0,036	0,038
m ₂₈		0,075	0,057	0,073	0,097	0,069	0,067	0,073
m ₄₂		0,102	0,079	0,089	0,157	0,098	0,088	0,102
m ₅₆		0,129	0,100	0,108	0,205	0,136	0,107	0,131

Prøve E1 (94d herding)

Resept:778336

Støpt:17.11.2017



Betong F – Anl40



Statens vegvesen

Region Øst

Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.445 Frostbestandighet av herdet betong

Oppdragsnr. 6190001-1

Utført dato 11.03-06.05.2019

Signatur: Benteg

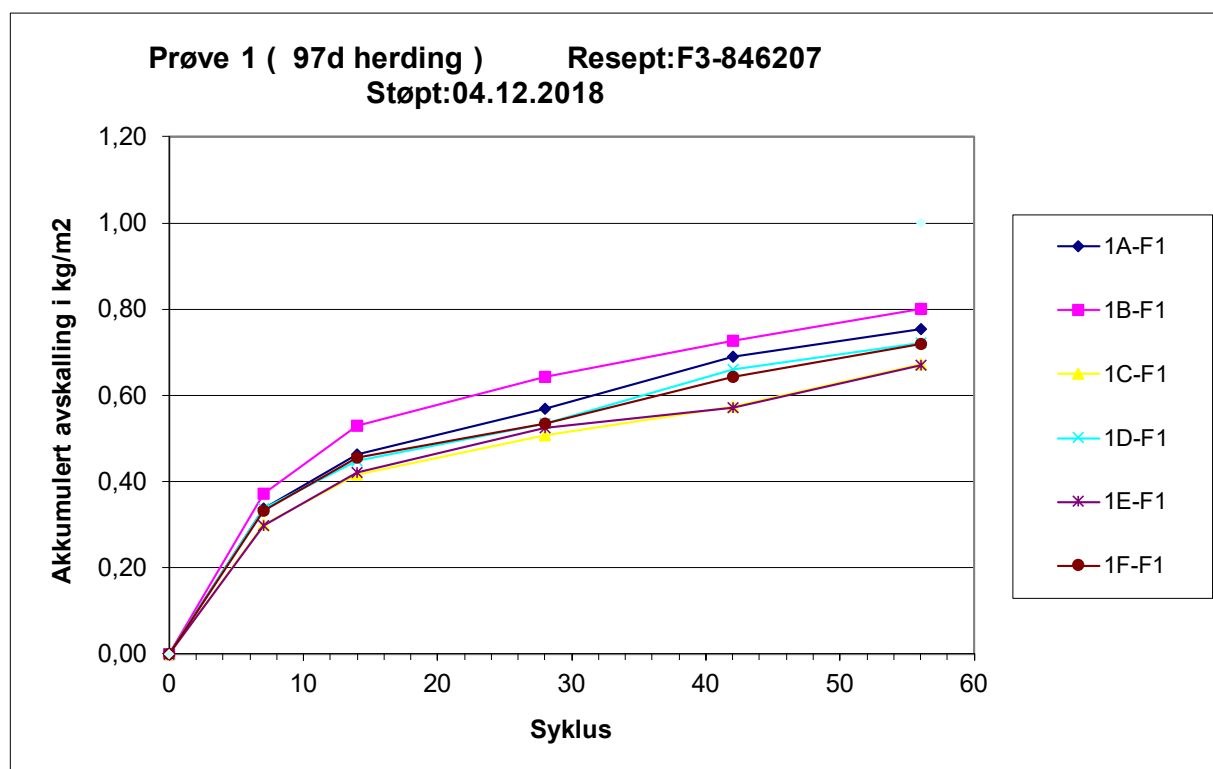
Prøve 1 (97d herding) Resept:F3-846207 Støpt:04.12.2018

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	1A-F1	1B-F1	1C-F1	1D-F1	1E-F1	1F-F1	Totalt
AREAL cm ²	78,0	77,6	77,8	78,0	77,9	78,1	467,3181
7d.avskalling	2,62	2,89	2,33	2,62	2,32	2,60	15,3800
14d.avskalling	0,98	1,21	0,91	0,87	0,95	0,96	5,8800
28d.avskalling	0,83	0,89	0,71	0,68	0,82	0,61	4,5400
43d.avskalling	0,95	0,65	0,51	0,98	0,36	0,84	4,2900
56d.avskalling	0,50	0,58	0,77	0,48	0,77	0,61	3,7100

Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus	Lab.pr.nr.	1A-F1	1B-F1	1C-F1	1D-F1	1E-F1	1F-F1	Gj.snitt
m ₇		0,336	0,372	0,300	0,336	0,298	0,333	0,329
m ₁₄		0,462	0,528	0,416	0,448	0,420	0,456	0,455
m ₂₈		0,568	0,643	0,508	0,535	0,525	0,534	0,552
m ₄₃		0,690	0,726	0,573	0,661	0,571	0,641	0,644
m ₅₆		0,754	0,801	0,672	0,722	0,670	0,720	0,723



Betong G – Miljø



Statens vegvesen

Region Øst

Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.445 Frostbestandighet av herdet betong

Oppdragsnr. 6190001-2

Utført dato 11.03-06.05.2019

Signatur: Benteg

Prøve 2 (94d herding)

Resept:G3-846543

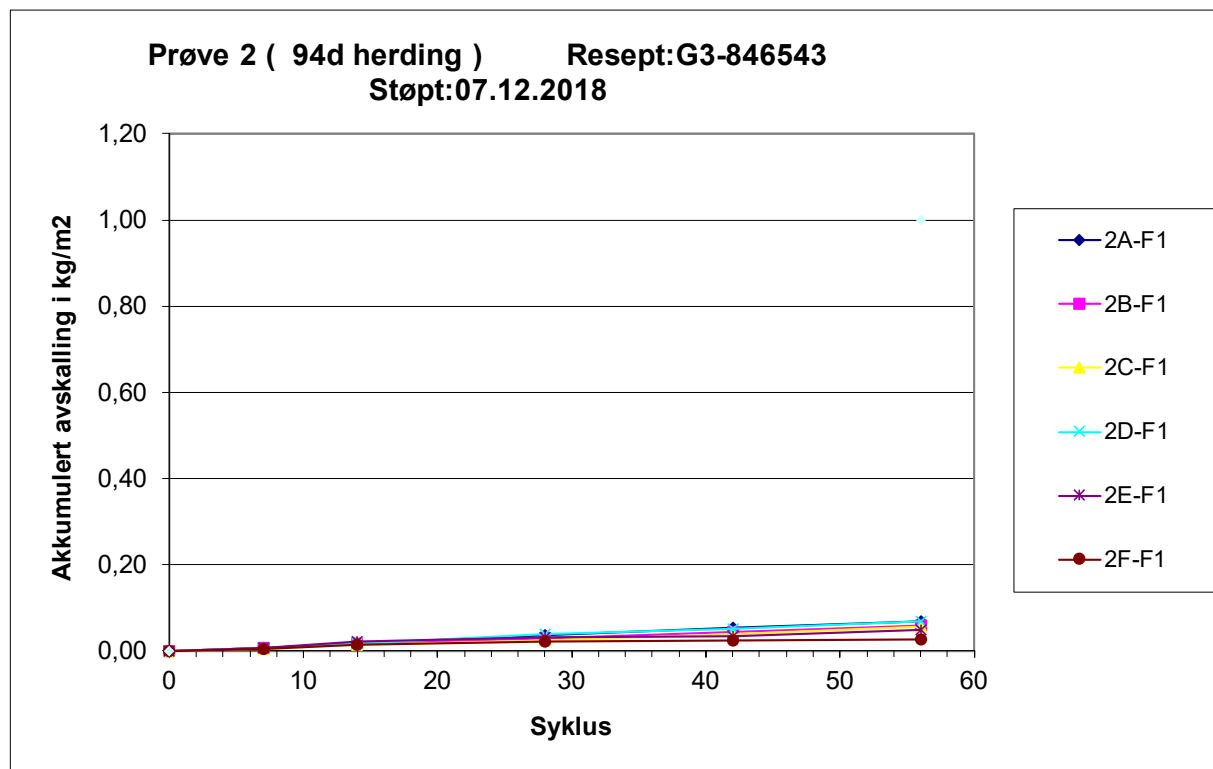
Støpt:07.12.2018

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	2A-F1	2B-F1	2C-F1	2D-F1	2E-F1	2F-F1	Totalt
AREAL cm ²	77,8	77,7	78,3	77,4	78,3	78,0	467,5545
7d.avskalling	0,05	0,06	0,03	0,05	0,06	0,04	0,2900
14d.avskalling	0,08	0,06	0,07	0,08	0,11	0,06	0,4600
28d.avskalling	0,15	0,11	0,09	0,16	0,08	0,06	0,6500
43d.avskalling	0,14	0,10	0,11	0,11	0,02	0,02	0,5000
56d.avskalling	0,11	0,12	0,13	0,13	0,10	0,02	0,6100

Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus	Lab.pr.nr.	2A-F1	2B-F1	2C-F1	2D-F1	2E-F1	2F-F1	Gj.snitt
m ₇		0,006	0,008	0,004	0,006	0,008	0,005	0,006
m ₁₄		0,017	0,015	0,013	0,017	0,022	0,013	0,016
m ₂₈		0,036	0,030	0,024	0,037	0,032	0,021	0,030
m ₄₃		0,054	0,042	0,038	0,052	0,034	0,023	0,041
m ₅₆		0,068	0,058	0,055	0,068	0,047	0,026	0,054



Betong H – Aalb20



Statens vegvesen

Region Øst

Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.445 Frostbestandighet av herdet betong

Oppdragsnr. 6190001-3

Utført dato 11.03-06.05.2019

Signatur: Benteg

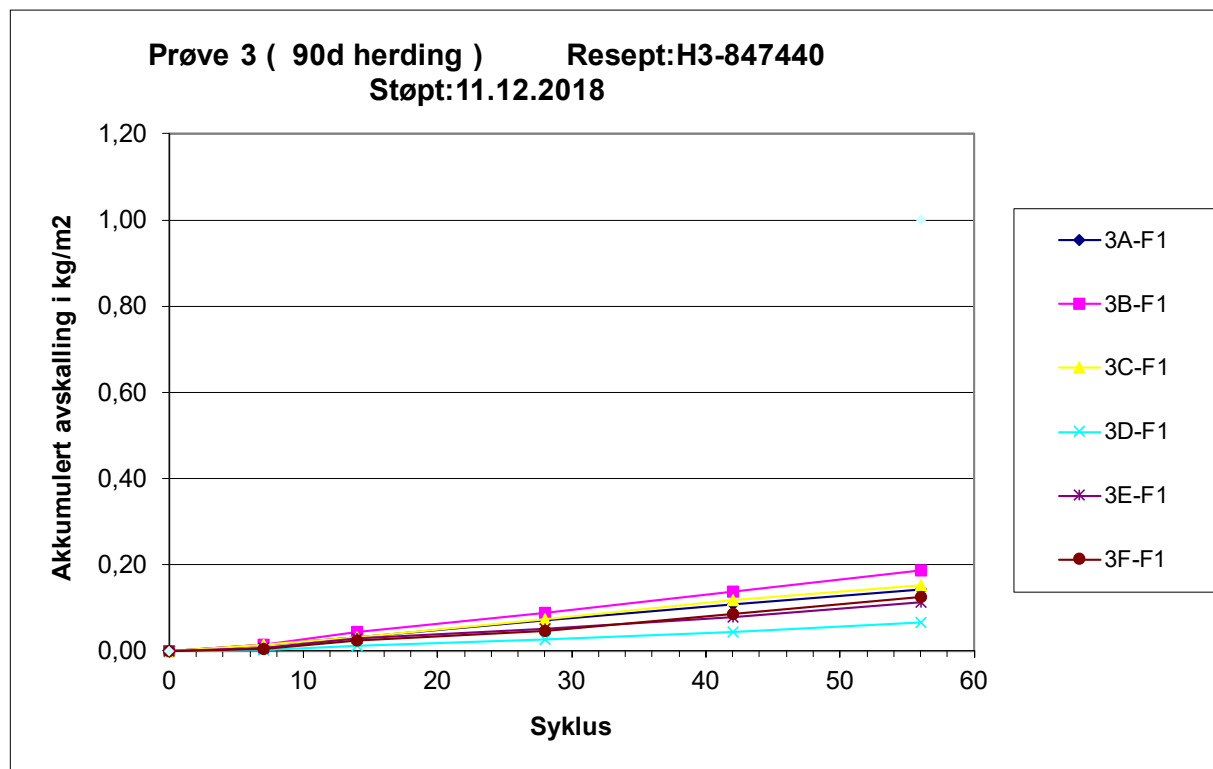
Prøve 3 (90d herding) Resept:H3-847440 Støpt:11.12.2018

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	3A-F1	3B-F1	3C-F1	3D-F1	3E-F1	3F-F1	Totalt
AREAL cm ²	77,7	77,8	77,6	77,7	77,6	77,6	465,9895
7d.avskalling	0,10	0,10	0,11	0,02	0,06	0,04	0,4300
14d.avskalling	0,14	0,24	0,14	0,07	0,16	0,15	0,9000
28d.avskalling	0,30	0,34	0,31	0,11	0,17	0,17	1,4000
43d.avskalling	0,29	0,39	0,36	0,14	0,21	0,30	1,6900
56d.avskalling	0,28	0,38	0,26	0,17	0,28	0,30	1,6700

Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus \ Lab.pr.nr.	3A-F1	3B-F1	3C-F1	3D-F1	3E-F1	3F-F1	Gj.snitt
m ₇	0,013	0,013	0,014	0,003	0,008	0,005	0,009
m ₁₄	0,031	0,044	0,032	0,012	0,028	0,024	0,029
m ₂₈	0,069	0,087	0,072	0,026	0,050	0,046	0,059
m ₄₃	0,107	0,138	0,118	0,044	0,077	0,085	0,095
m ₅₆	0,143	0,186	0,152	0,066	0,113	0,124	0,131



VEDLEGG 8

Sentrallaboratoriet – Frostavskalling (14±1 uker forkondisjonering)

Prøving ved Sentrallaboratoriet – Akkumulert frostavskalling Serie 1 (85±6 døgn herding + 14±1 uker forkondisjonering)

Betong A -Std0



Statens vegvesen

Region Øst

Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.445 Frostbestandighet av herdet betong

Oppdragsnr.:6180002-1

Utført dato 18.05-13.07.2018

Signatur: BMG,AMT

Prøve: A1 (196d herding)

Resept:778339

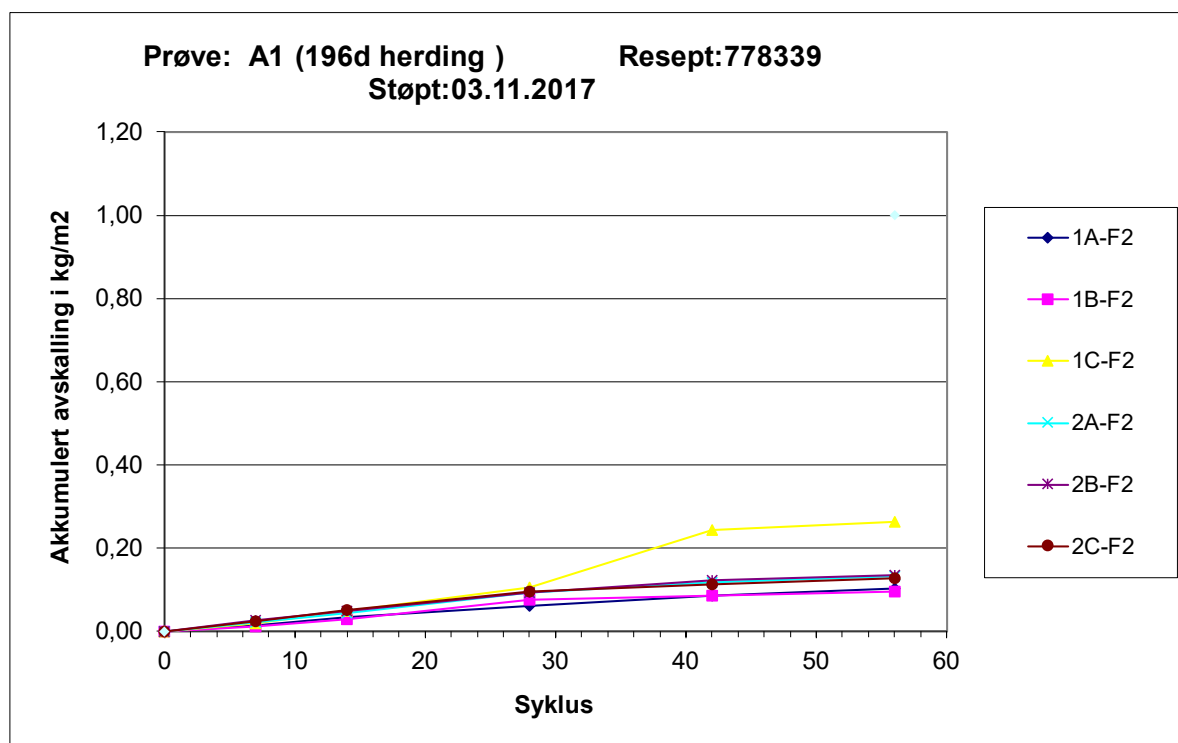
Støpt:03.11.2017

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	1A-F2	1B-F2	1C-F2	2A-F2	2B-F2	2C-F2	Totalt
AREAL cm ²	77,3	77,5	77,5	77,1	77,5	77,6	464,41
7d.avskalling	0,10	0,09	0,14	0,17	0,20	0,18	0,8800
14d.avskalling	0,16	0,13	0,24	0,16	0,17	0,21	1,0700
28d.avskalling	0,21	0,37	0,44	0,38	0,35	0,35	2,1000
42d.avskalling	0,19	0,07	1,06	0,19	0,23	0,14	1,8800
56d.avskalling	0,13	0,07	0,16	0,11	0,09	0,10	0,6600

Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus	Lab.pr.nr.	1A-F2	1B-F2	1C-F2	2A-F2	2B-F2	2C-F2	Gj.snitt
m ₇		0,013	0,012	0,018	0,022	0,026	0,023	0,019
m ₁₄		0,034	0,028	0,049	0,043	0,048	0,050	0,042
m ₂₈		0,061	0,076	0,106	0,092	0,093	0,095	0,087
m ₄₂		0,085	0,085	0,243	0,117	0,123	0,113	0,128
m ₅₆		0,102	0,094	0,263	0,131	0,134	0,126	0,142



Betong B – Std18



Statens vegvesen

Region Øst

Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.445 Frostbestandighet av herdet betong

Oppdragsnr.:6180002-3

Utført dato 18.05-13.07.2018

Signatur: BMG,AMT

Prøve B1(2) (189d herding)

Resept:778297

Støpt:10.11.2017

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	3A-F2	3B-F3	3C-F4	4A-F2	4B-F2	4C-F2	Totalt
AREAL cm ²	77,6	77,6	77,8	77,6	77,8	77,9	466,3020
7d.avskalling	0,15	0,33	0,28	0,35	0,52	0,38	2,0100
14d.avskalling	0,29	0,35	0,41	0,46	0,53	0,68	2,7200
28d.avskalling	0,65	0,33	0,60	0,50	0,88	0,76	3,7200
42d.avskalling	0,16	0,11	0,33	0,48	0,44	0,32	1,8400
56d.avskalling	0,08	0,05	0,09	0,16	0,34	0,42	1,1400

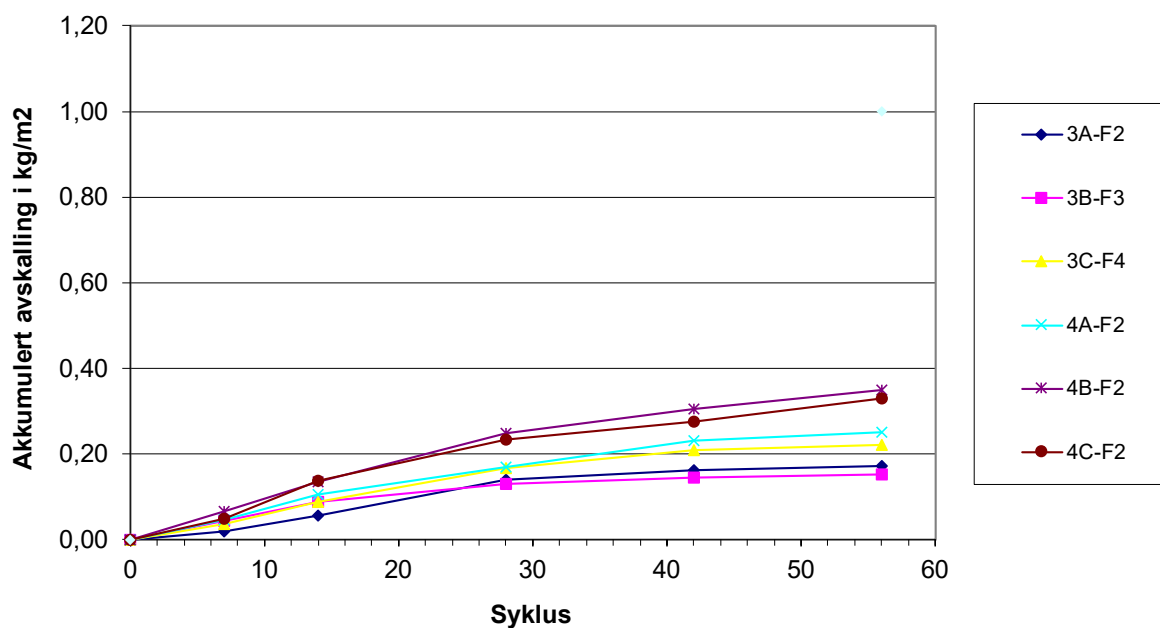
Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus \ Lab.pr.nr.	3A-F2	3B-F3	3C-F4	4A-F2	4B-F2	4C-F2	Gj.snitt
m ₇	0,019	0,043	0,036	0,045	0,067	0,049	0,043
m ₁₄	0,057	0,088	0,089	0,104	0,135	0,136	0,101
m ₂₈	0,140	0,130	0,166	0,169	0,248	0,234	0,181
m ₄₂	0,161	0,144	0,208	0,231	0,305	0,275	0,221
m ₅₆	0,171	0,151	0,220	0,251	0,348	0,329	0,245

Prøve B1(2) (189d herding)

Resept:778297

Støpt:10.11.2017



Betong C – Std40



Statens vegvesen

Region Øst

Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.445 Frostbestandighet av herdet betong

Oppdragsnr.:6180002-5

Utført dato

Signatur:

Prøve C1 (178d herding)

Resept:778308

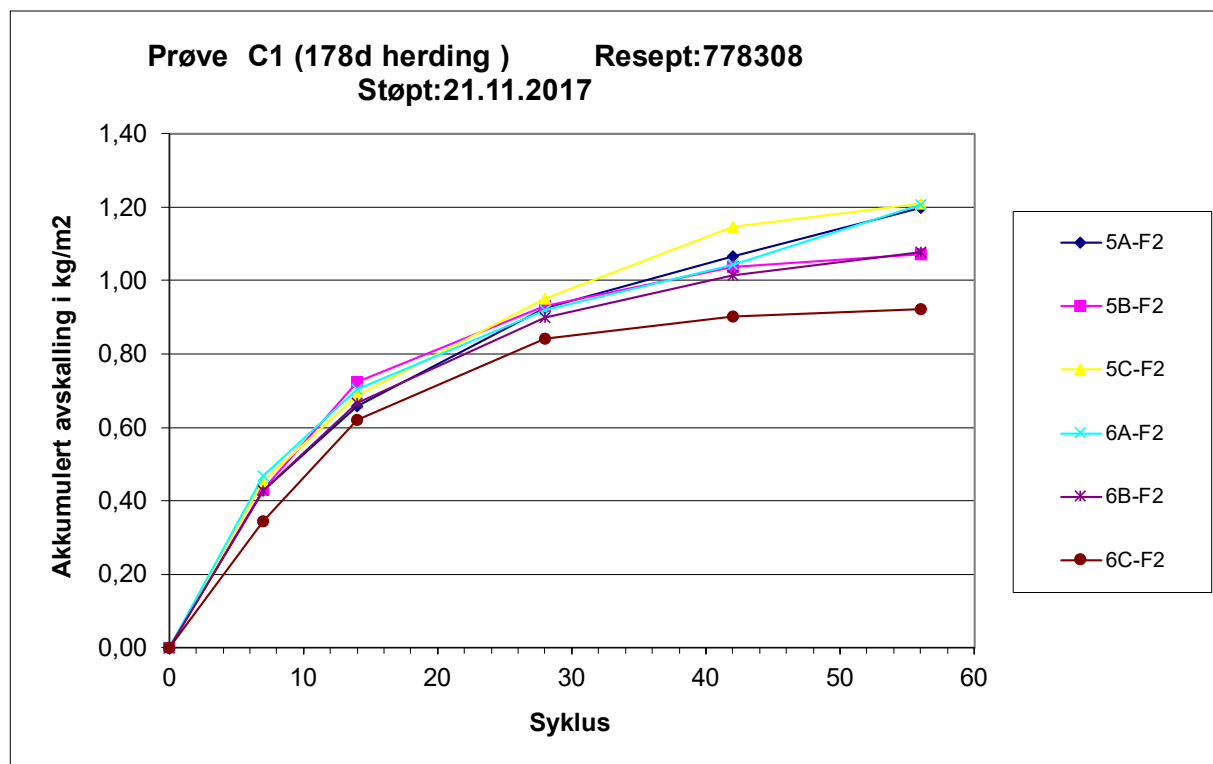
Støpt:21.11.2017

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	5A-F2	5B-F2	5C-F2	6A-F2	6B-F2	6C-F2	Totalt
AREAL cm ²	77,7	77,5	77,8	77,7	77,6	77,4	465,7165
7d.avskalling	3,32	3,33	3,53	3,64	3,32	2,67	19,8100
14d.avskalling	1,79	2,29	1,80	1,83	1,85	2,13	11,6900
28d.avskalling	2,08	1,59	2,08	1,67	1,81	1,72	10,9500
42d.avskalling	1,10	0,83	1,50	0,96	0,90	0,47	5,7600
56d.avskalling	1,02	0,28	0,50	1,28	0,48	0,14	3,7000

Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus	Lab.pr.nr.	5A-F2	5B-F2	5C-F2	6A-F2	6B-F2	6C-F2	Gj.snitt
m ₇		0,427	0,429	0,454	0,469	0,428	0,345	0,425
m ₁₄		0,658	0,725	0,685	0,704	0,666	0,620	0,676
m ₂₈		0,926	0,930	0,952	0,919	0,899	0,842	0,911
m ₄₂		1,067	1,037	1,145	1,043	1,015	0,903	1,035
m ₅₆		1,199	1,073	1,209	1,208	1,077	0,921	1,115



Betong D – Anl15



Statens vegvesen

Region Øst

Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.445 Frostbestandighet av herdet betong

Oppdragsnr.:6180002-7

Utført dato 18.05-13.07.2018

Signatur: BMG,AMT

Prøve D1 (186d herding)

Resept:778389

Støpt:13.11.2017

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	7A-F2	7B-F2	7C-F2	8A-F2	8B-F2	8C-F2	Totalt
AREAL cm ²	78,4	78,3	77,5	77,6	77,4	77,6	466,8283
7d.avskalling	0,18	0,13	0,08	0,11	0,35	0,08	0,9300
14d.avskalling	0,12	0,14	0,15	0,19	0,21	0,08	0,8900
28d.avskalling	0,26	0,07	0,20	0,28	0,23	0,25	1,2900
42d.avskalling	0,30	0,09	0,19	0,11	0,10	0,09	0,8800
56d.avskalling	0,09	0,06	0,07	0,06	0,13	0,12	0,5300

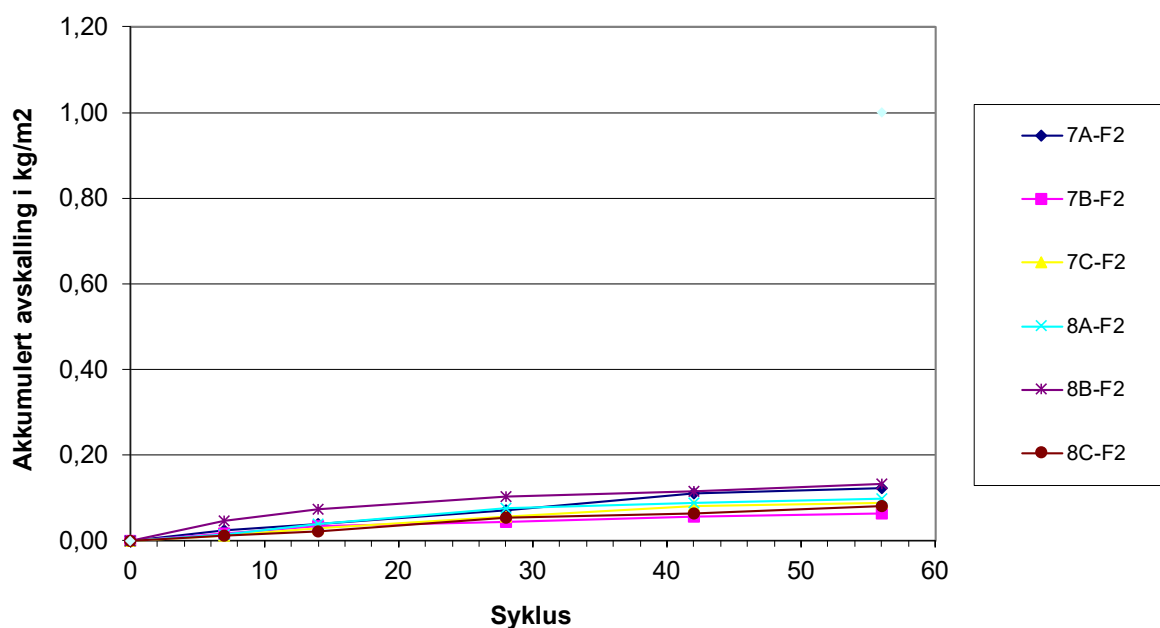
Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus	Lab.pr.nr.	7A-F2	7B-F2	7C-F2	8A-F2	8B-F2	8C-F2	Gj.snitt
m ₇		0,023	0,017	0,010	0,014	0,045	0,010	0,020
m ₁₄		0,038	0,034	0,030	0,039	0,072	0,021	0,039
m ₂₈		0,071	0,043	0,056	0,075	0,102	0,053	0,067
m ₄₂		0,110	0,055	0,080	0,089	0,115	0,064	0,085
m ₅₆		0,121	0,063	0,089	0,097	0,132	0,080	0,097

Prøve D1 (186d herding)

Resept:778389

Støpt:13.11.2017



Betong E – Cemex45



Statens vegvesen

Region Øst

Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.445 Frostbestandighet av herdet betong

Oppdragsnr.:6180002-9

Utført dato 18.05-13.07.2018

Signatur: BMG,AMT

Prøve E1 (182d herding)

Resept:778336

Støpt:17.11.2017

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	9A-F2	9B-F2	9C-F2	10A-F2	10B-F2	10C-F2	Totalt
AREAL cm ²	77,7	77,6	77,7	77,4	77,5	77,6	465,5524
7d.avskalling	0,07	0,17	0,12	0,10	0,08	0,11	0,6500
14d.avskalling	0,11	0,28	0,29	0,16	0,10	0,12	1,0600
28d.avskalling	0,13	0,29	0,25	0,89	0,18	0,28	2,0200
42d.avskalling	0,06	0,15	0,14	0,40	0,17	0,19	1,1100
56d.avskalling	0,10	0,12	0,14	0,36	0,22	0,15	1,0900

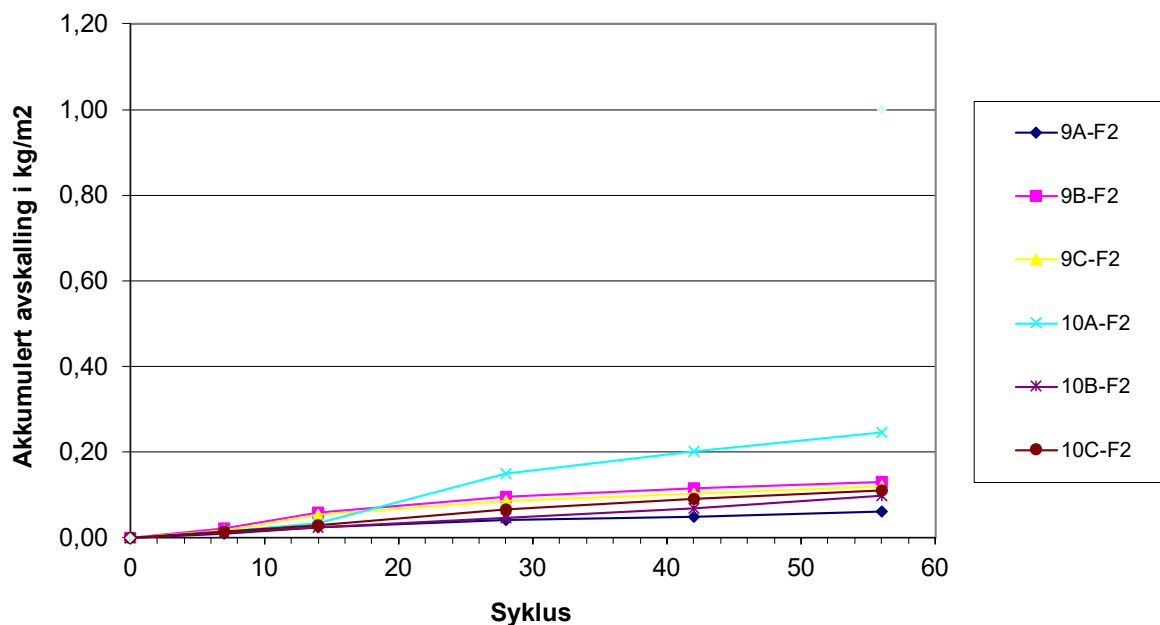
Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus	Lab.pr.nr.	9A-F2	9B-F2	9C-F2	10A-F2	10B-F2	10C-F2	Gj.snitt
m ₇		0,009	0,022	0,015	0,013	0,010	0,014	0,014
m ₁₄		0,023	0,058	0,053	0,034	0,023	0,030	0,037
m ₂₈		0,040	0,095	0,085	0,148	0,046	0,066	0,080
m ₄₂		0,048	0,115	0,103	0,200	0,068	0,090	0,104
m ₅₆		0,060	0,130	0,121	0,247	0,097	0,110	0,127

Prøve E1 (182d herding)

Resept:778336

Støpt:17.11.2017



Betong F – Anl40



Statens vegvesen

Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.445 Frostbestandighet av herdet betong

Oppdragsnr. 6190001-1

Utført dato 07.06-02.08.2019

Signatur: BMG

Prøve 1 (185d herding)

Resept:F3-846207

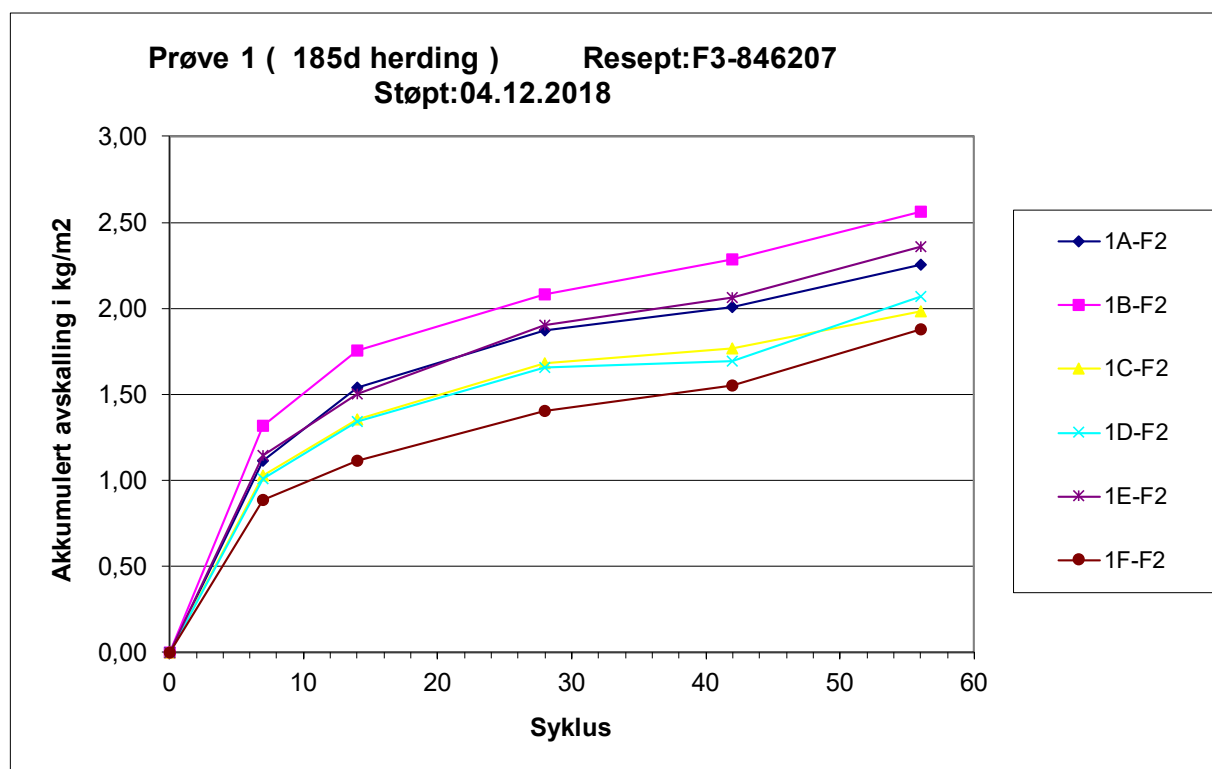
Støpt:04.12.2018

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	1A-F2	1B-F2	1C-F2	1D-F2	1E-F2	1F-F2	Totalt
AREAL cm ²	77,6	77,6	77,8	77,6	77,7	77,9	466,0678
7d.avskalling	8,65	10,23	8,00	7,83	8,89	6,89	50,4900
14d.avskalling	3,30	3,37	2,55	2,59	2,77	1,79	16,3700
28d.avskalling	2,58	2,54	2,53	2,41	3,12	2,23	15,4100
42d.avskalling	1,02	1,57	0,65	0,32	1,25	1,15	5,9600
56d.avskalling	1,91	2,16	1,68	2,88	2,29	2,54	13,4600

Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus	Lab.pr.nr.	1A-F2	1B-F2	1C-F2	1D-F2	1E-F2	1F-F2	Gj.snitt
m ₇		1,115	1,319	1,028	1,010	1,144	0,885	1,083
m ₁₄		1,541	1,753	1,356	1,343	1,500	1,115	1,435
m ₂₈		1,873	2,081	1,681	1,654	1,902	1,401	1,765
m ₄₂		2,005	2,283	1,765	1,695	2,063	1,549	1,893
m ₅₆		2,251	2,562	1,981	2,067	2,357	1,875	2,182



Betong G – Miljø



Statens vegvesen

Region Øst

Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.445 Frostbestandighet av herdet betong

Oppdragsnr. 6190001-2

Utført dato 07.06-02.08.2019

Signatur: BMG

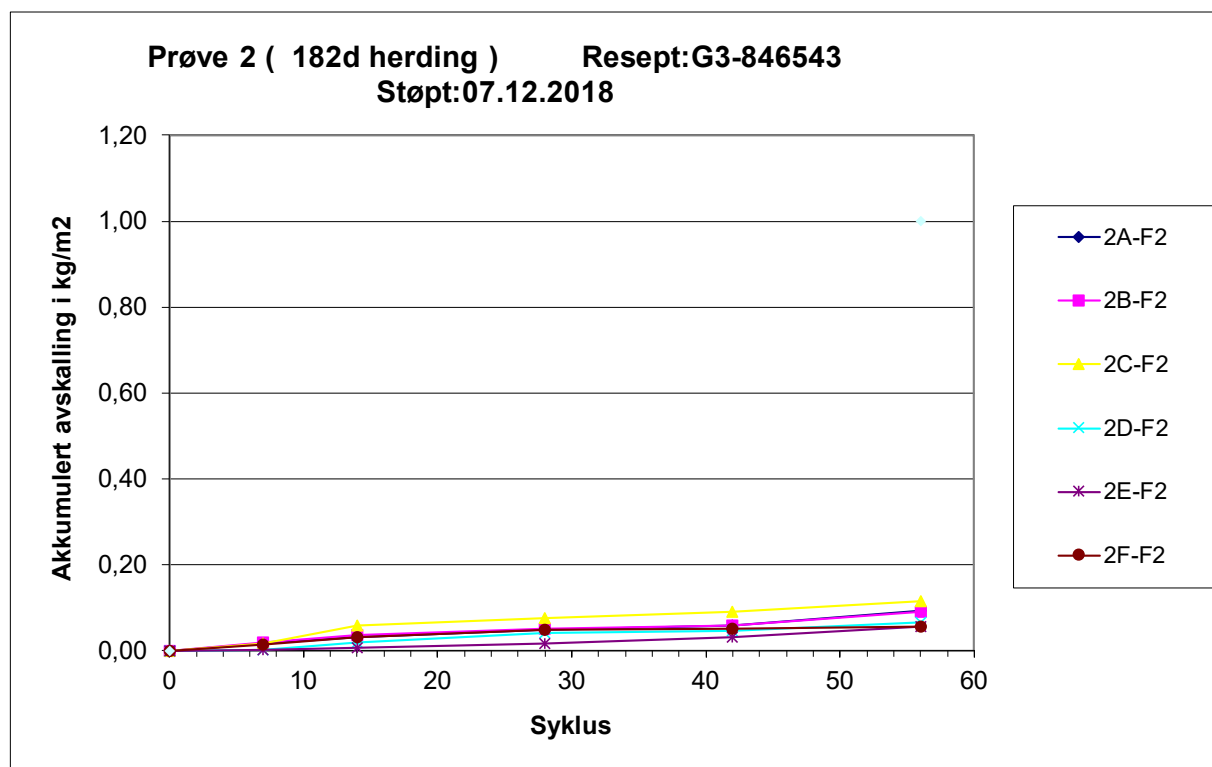
Prøve 2 (182d herding) Resept:G3-846543 Støpt:07.12.2018

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	2A-F2	2B-F2	2C-F2	2D-F2	2E-F2	2F-F2	Totalt
AREAL cm ²	77,7	78,0	77,7	78,2	77,6	77,7	466,8495
7d.avskalling	0,12	0,14	0,12	0,01	0,02	0,10	0,5100
14d.avskalling	0,12	0,14	0,33	0,14	0,04	0,14	0,9100
28d.avskalling	0,14	0,11	0,13	0,17	0,06	0,14	0,7500
42d.avskalling	0,08	0,06	0,12	0,04	0,12	0,01	0,4300
56d.avskalling	0,26	0,26	0,19	0,16	0,19	0,05	1,1100

Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus \ Lab.pr.nr.	2A-F2	2B-F2	2C-F2	2D-F2	2E-F2	2F-F2	Gj.snitt
m ₇	0,015	0,018	0,015	0,001	0,003	0,013	0,011
m ₁₄	0,031	0,036	0,058	0,019	0,008	0,031	0,030
m ₂₈	0,049	0,050	0,075	0,041	0,015	0,049	0,046
m ₄₂	0,059	0,058	0,090	0,046	0,031	0,050	0,056
m ₅₆	0,093	0,091	0,115	0,067	0,055	0,057	0,079



Betong H – Aalb20



Statens vegvesen

Region Øst

Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

210.445 Frostbestandighet av herdet betong

Oppdragsnr. 6190001-3

Utført dato 07.06-02.08.2019

Signatur:

Prøve 3 (178d herding)

Resept:H3-847440

Støpt:11.12.2018

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	3A-F2	3B-F2	3C-F2	3D-F2	3E-F2	3F-F2	Totalt
AREAL cm ²	77,7	77,8	78,0	77,8	77,6	78,0	466,8491
7d.avskalling	0,08	0,12	0,07	0,10	0,08	0,07	0,5200
14d.avskalling	0,14	0,13	0,12	0,14	0,13	0,11	0,7700
28d.avskalling	0,12	0,17	0,09	0,11	0,18	0,12	0,7900
42d.avskalling	0,09	0,13	0,17	0,09	0,13	0,15	0,7600
56d.avskalling	0,24	0,23	0,21	0,19	0,28	0,41	1,5600

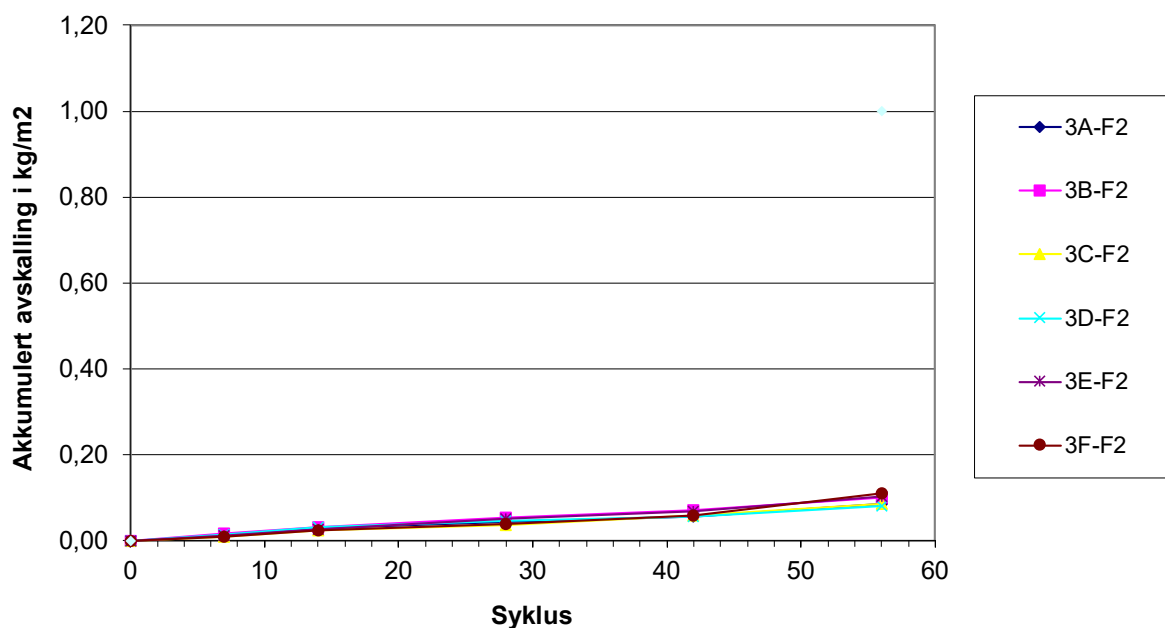
Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus	Lab.pr.nr.	3A-F2	3B-F2	3C-F2	3D-F2	3E-F2	3F-F2	Gj.snitt
m ₇		0,010	0,015	0,009	0,013	0,010	0,009	0,011
m ₁₄		0,028	0,032	0,024	0,031	0,027	0,023	0,028
m ₂₈		0,044	0,054	0,036	0,045	0,050	0,038	0,045
m ₄₂		0,055	0,071	0,058	0,057	0,067	0,058	0,061
m ₅₆		0,086	0,100	0,085	0,081	0,103	0,110	0,094

Prøve 3 (178d herding)

Resept:H3-847440

Støpt:11.12.2018



VEDLEGG 9

Sentrallaboratoriet – Kloridprofiler og diffusjonsparametere

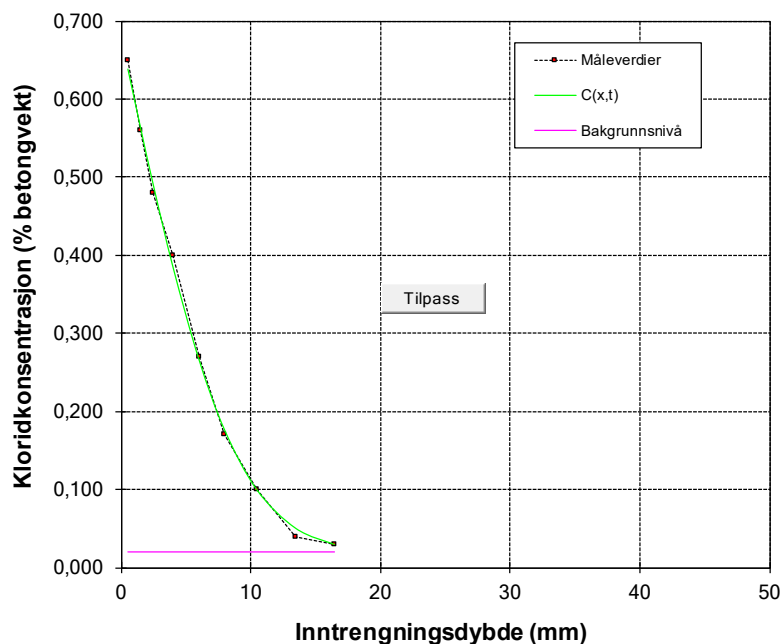
Prøving ved Sentrallaboratoriet – Kloridprofiler og beregnede kloriddiffusjonsparametere

Betong A -Std0

Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Feltstasjon - sylindre fra DTI **Profil** 1A **Std 0%** © 2012-01-09 ss

Ekspontert tid	2160	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,678	% betong
D	2,95	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9992	
Inntrengning	99,5	g/m ²
k (0.1 %)	21,2	mm

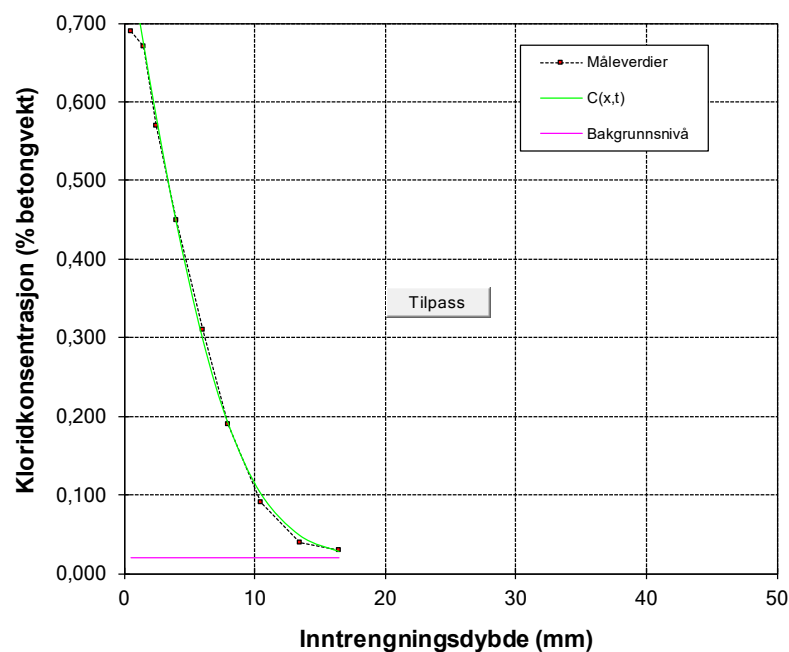
x	målt	status
0,5	0,650	ok
1,5	0,560	ok
2,5	0,480	ok
4	0,400	ok
6	0,270	ok
8	0,170	ok
10,5	0,100	ok
13,5	0,040	ok
16,5	0,030	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Feltstasjon - sylindre fra DTI **Profil** 1B **Std 0%** © 2012-01-09 ss

Ekspontert tid	2160	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,818	% betong
D	2,65	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9996	
Inntrengning	111,9	g/m ²
k (0.1 %)	21,3	mm

x	målt	status
0,5	0,690	ok
1,5	0,670	ok
2,5	0,570	ok
4	0,450	ok
6	0,310	ok
8	0,190	ok
10,5	0,090	ok
13,5	0,040	ok
16,5	0,030	ok



Beregning av C_0 og D

Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

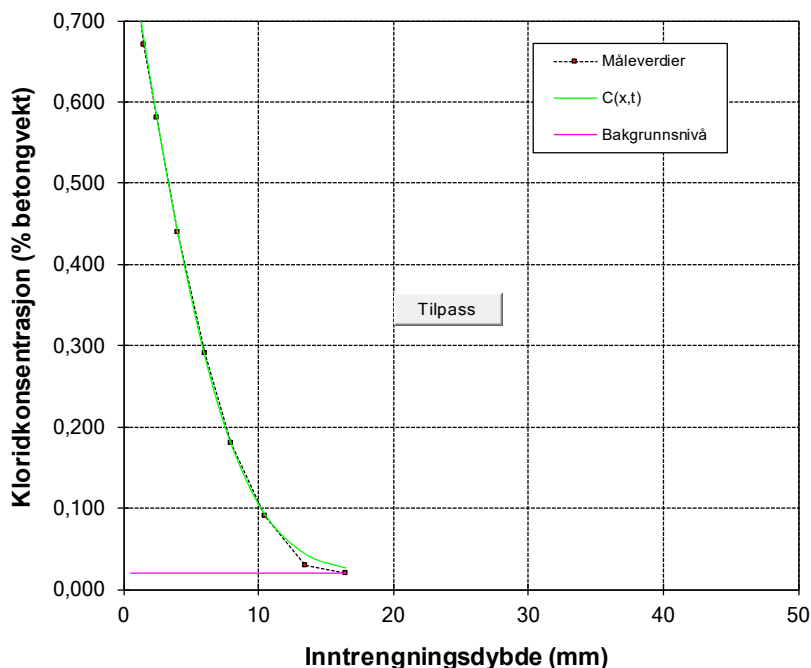
Profil 2A

Std 0%

2012-01-09 ss

Eksponert tid	2160	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,831	% betong
D	2,44	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9998	
Inntrengning	113,8	g/m^2
k (0.1 %)	20,5	mm

x	målt	status
0,5	0,810	
1,5	0,670	ok
2,5	0,580	ok
4	0,440	ok
6	0,290	ok
8	0,180	ok
10,5	0,090	ok
13,5	0,030	ok
16,5	0,020	ok



Beregning av C_0 og D

Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

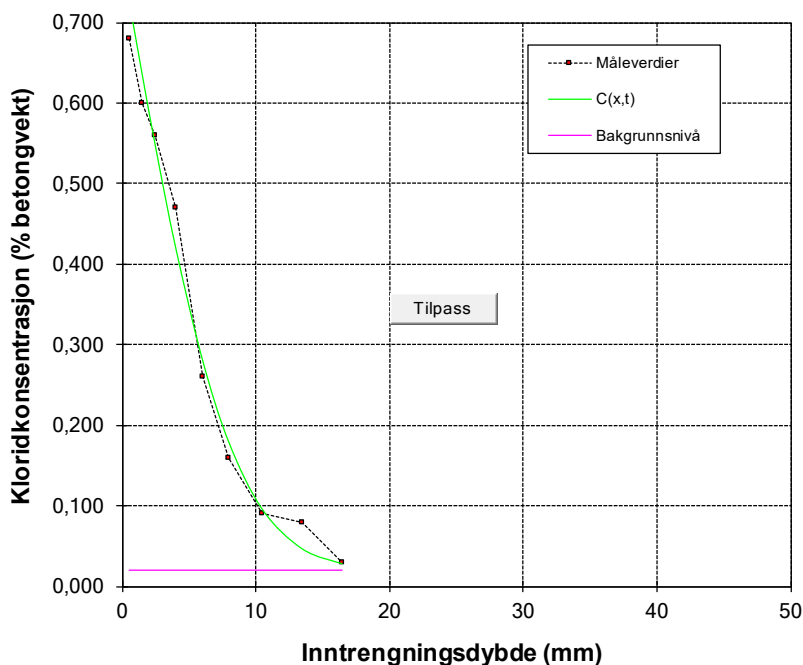
Profil 2B

Std 0%

2012-01-09 ss

Eksponert tid	2160	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,773	% betong
D	2,61	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9927	
Inntrengning	108,0	g/m^2
k (0.1 %)	20,8	mm

x	målt	status
0,5	0,680	
1,5	0,600	ok
2,5	0,560	ok
4	0,470	ok
6	0,260	ok
8	0,160	ok
10,5	0,090	ok
13,5	0,080	
16,5	0,030	ok



Betong B – Std18

Beregning av C_0 og D

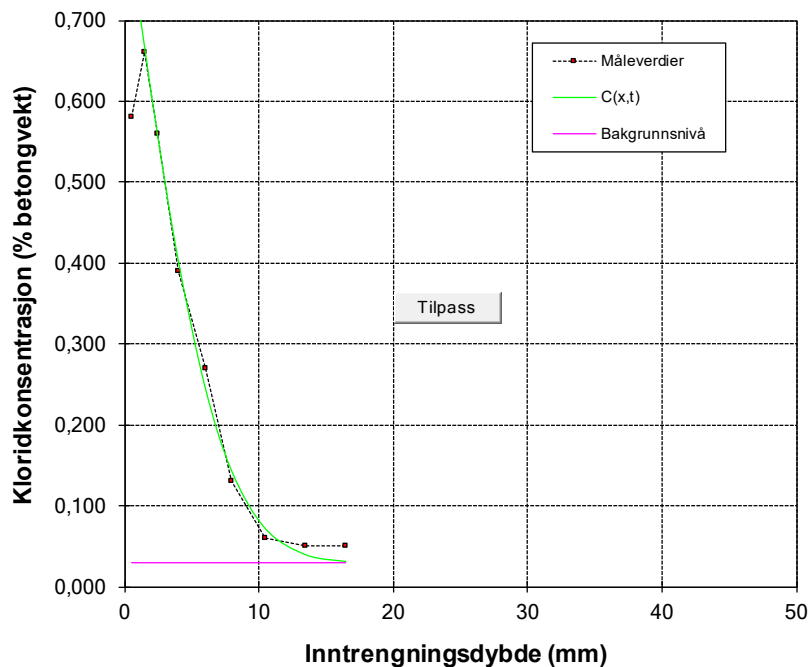
Prosjekt: Feltstasjon - sylindere fra DTI

Profil 3A

Std 18% © 2012-01-09 ss

Ekspontert tid	2160	timer
Bakgrunn	0,030	% betong
C_0	0,841	% betong
D	1,88	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9983	
Inntrengning	93,8	g/m^2
k (0.1 %)	18,7	mm

x	målt	status
0,5	0,580	
1,5	0,660	ok
2,5	0,560	ok
4	0,390	ok
6	0,270	ok
8	0,130	ok
10,5	0,060	ok
13,5	0,050	ok
16,5	0,050	

Beregning av C_0 og D

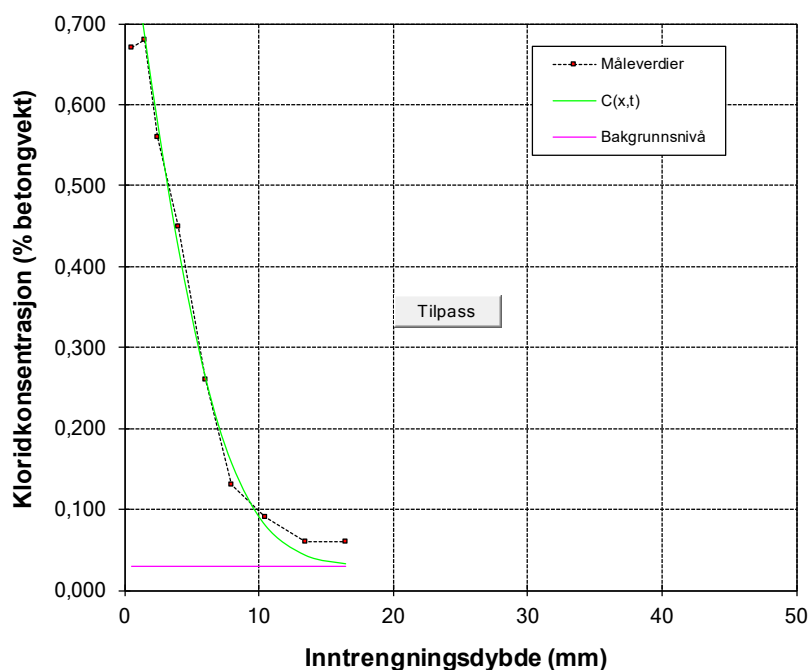
Prosjekt: Feltstasjon - sylindere fra DTI

Profil 3B

Std 18% © 2012-01-09 ss

Ekspontert tid	2160	timer
Bakgrunn	0,030	% betong
C_0	0,857	% betong
D	2,01	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9973	
Inntrengning	102,6	g/m^2
k (0.1 %)	19,4	mm

x	målt	status
0,5	0,670	
1,5	0,680	ok
2,5	0,560	ok
4	0,450	ok
6	0,260	ok
8	0,130	ok
10,5	0,090	ok
13,5	0,060	ok
16,5	0,060	



Beregning av C_0 og D

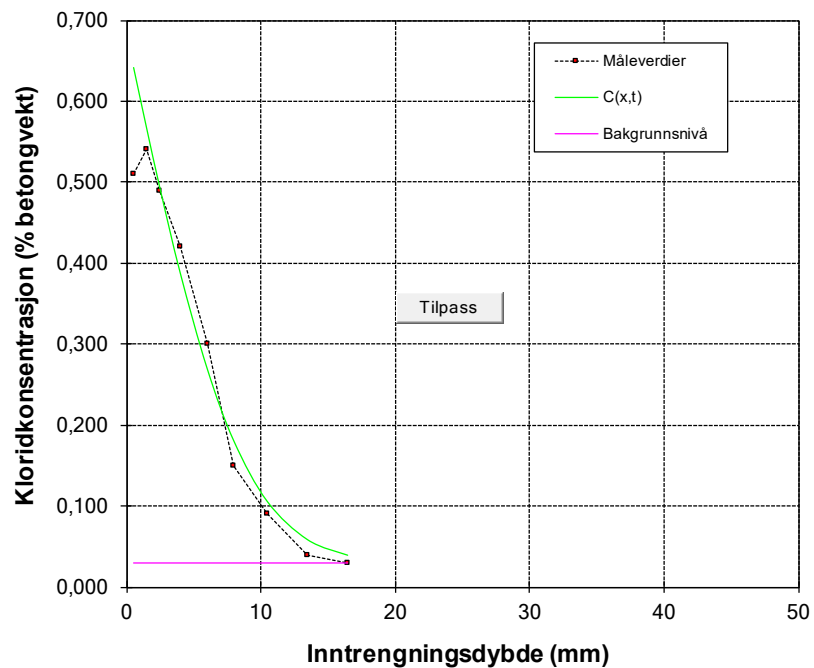
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 4A

Std 18% © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	2160	timer
Bakgrunn	0,030	% betong
C_0	0,680	% betong
D	2,86	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9936	
Inntrengning	90,8	g/m^2
k (0.1 %)	21,6	mm

x	målt	status
0,5	0,510	
1,5	0,540	ok
2,5	0,490	ok
4	0,420	ok
6	0,300	ok
8	0,150	ok
10,5	0,090	ok
13,5	0,040	ok
16,5	0,030	ok



Beregning av C_0 og D

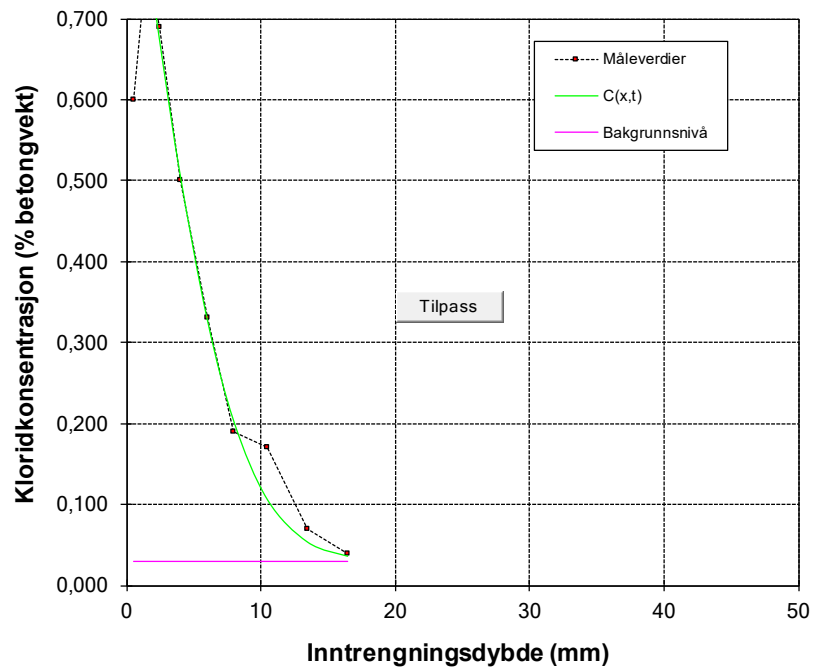
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 4B

Std 18% © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	2160	timer
Bakgrunn	0,030	% betong
C_0	0,970	% betong
D	2,32	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9989	
Inntrengning	122,3	g/m^2
k (0.1 %)	21,7	mm

x	målt	status
0,5	0,600	
1,5	0,770	ok
2,5	0,690	ok
4	0,500	ok
6	0,330	ok
8	0,190	ok
10,5	0,170	
13,5	0,070	ok
16,5	0,040	ok



Betong C – Std40

Beregning av C_0 og D

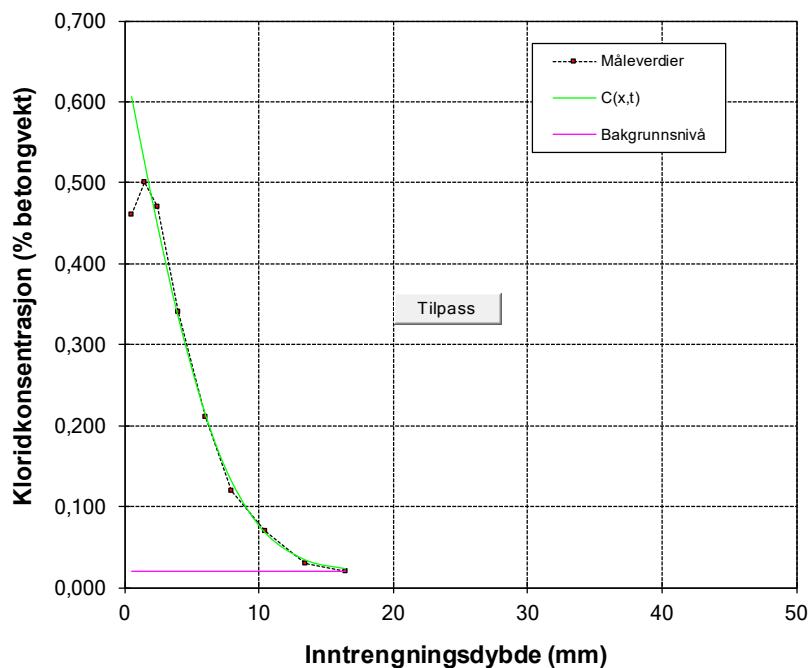
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 5A

Std 40% © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	1992	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,649	% betong
D	2,43	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9972	
Inntrengning	79,1	g/m^2
k (0.1 %)	18,9	mm

x	målt	status
0,5	0,460	
1,5	0,500	ok
2,5	0,470	ok
4	0,340	ok
6	0,210	ok
8	0,120	ok
10,5	0,070	ok
13,5	0,030	ok
16,5	0,020	ok

Beregning av C_0 og D

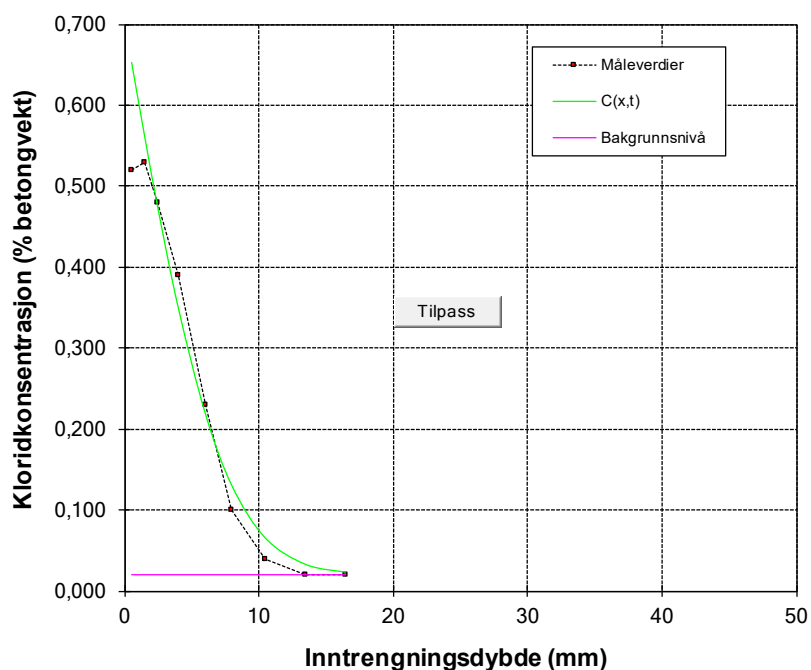
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 5B

Std 40% © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	1992	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,700	% betong
D	2,27	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9936	
Inntrengning	81,9	g/m^2
k (0.1 %)	18,7	mm

x	målt	status
0,5	0,520	
1,5	0,530	ok
2,5	0,480	ok
4	0,390	ok
6	0,230	ok
8	0,100	ok
10,5	0,040	ok
13,5	0,020	ok
16,5	0,020	ok



Beregning av C_0 og D

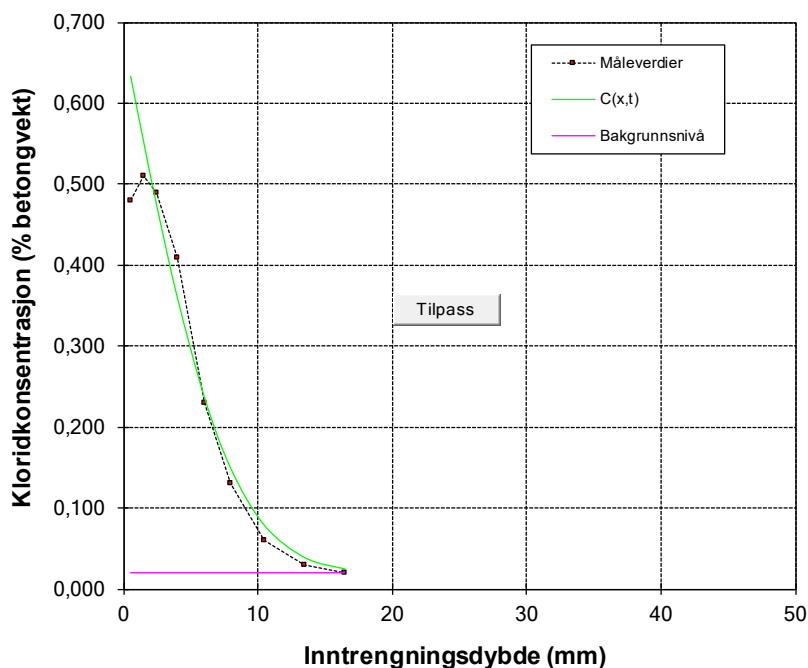
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 6A

Std 40% © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	2184	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,675	% betong
D	2,44	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9914	
Inntrengning	84,9	g/m^2
k (0.1 %)	19,2	mm

x	målt	status
0,5	0,480	
1,5	0,510	ok
2,5	0,490	ok
4	0,410	ok
6	0,230	ok
8	0,130	ok
10,5	0,060	ok
13,5	0,030	ok
16,5	0,020	ok



Beregning av C_0 og D

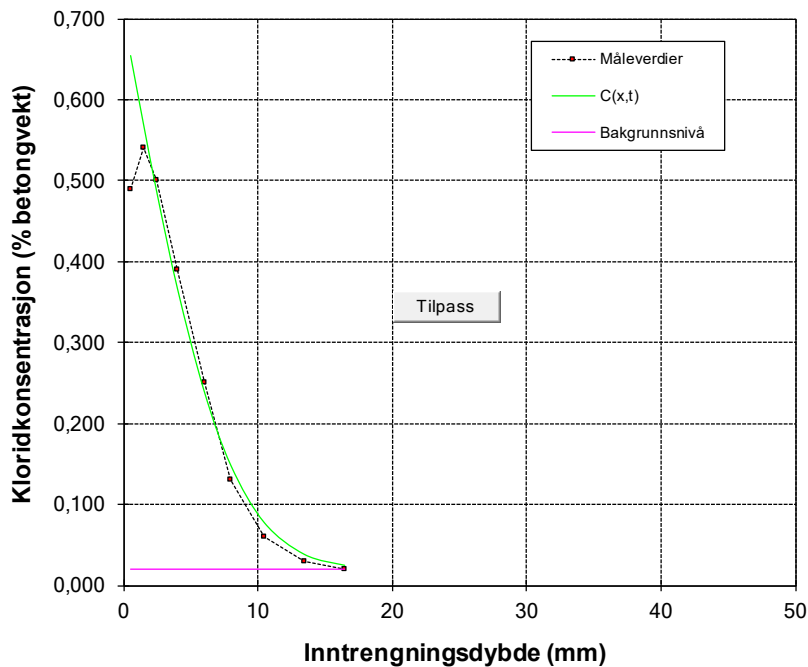
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 6B

Std 40% © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	2184	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,699	% betong
D	2,35	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9965	
Inntrengning	86,5	g/m^2
k (0.1 %)	19,1	mm

x	målt	status
0,5	0,490	
1,5	0,540	ok
2,5	0,500	ok
4	0,390	ok
6	0,250	ok
8	0,130	ok
10,5	0,060	ok
13,5	0,030	ok
16,5	0,020	ok



Betong D – Anl15

Beregning av C_0 og D

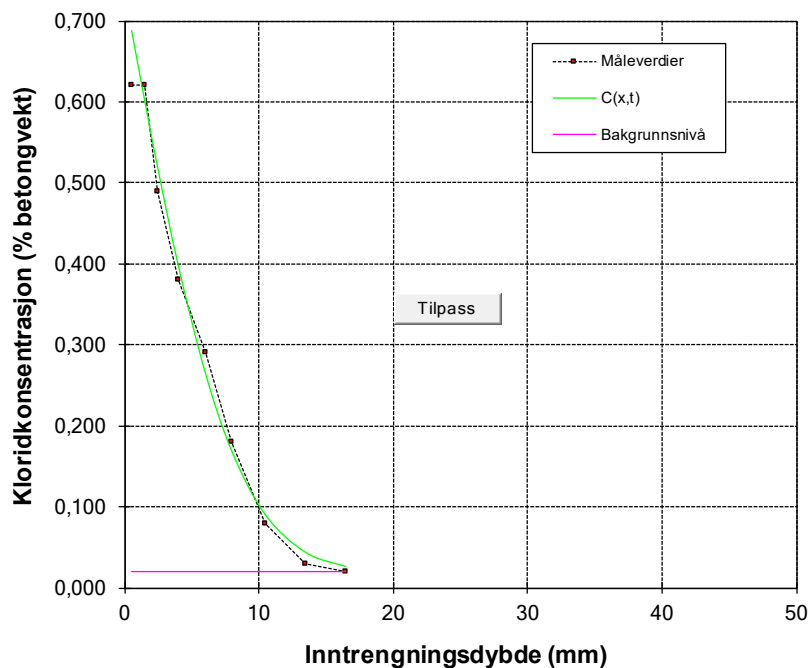
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 7A

Anl 15% © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	2184	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,732	% betong
D	2,57	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9967	
Inntrengning	99,0	g/m^2
k (0.1 %)	20,2	mm

x	målt	status
0,5	0,620	
1,5	0,620	ok
2,5	0,490	ok
4	0,380	ok
6	0,290	ok
8	0,180	ok
10,5	0,080	ok
13,5	0,030	ok
16,5	0,020	ok

Beregning av C_0 og D

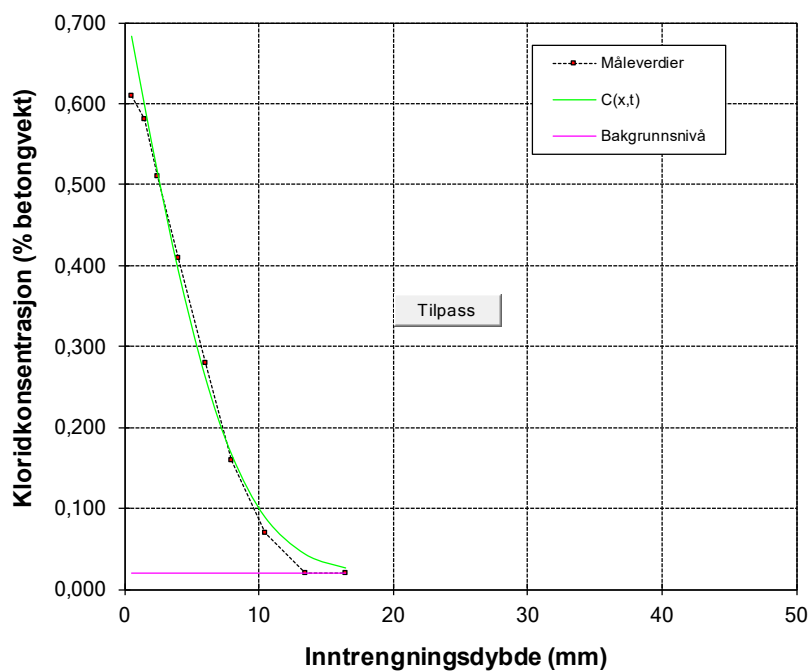
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 7B

Anl 15% © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	2184	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,727	% betong
D	2,54	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9979	
Inntrengning	96,7	g/m^2
k (0.1 %)	20,1	mm

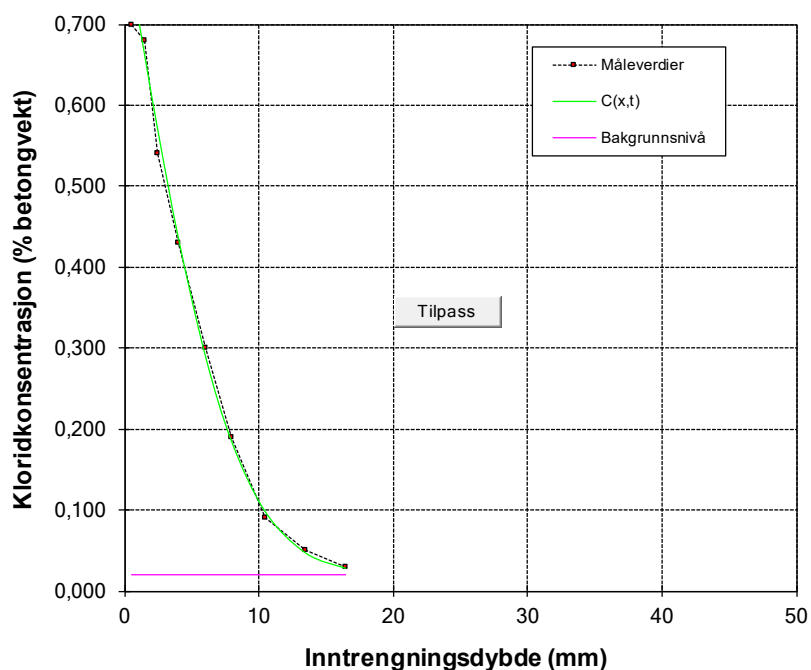
x	målt	status
0,5	0,610	
1,5	0,580	ok
2,5	0,510	ok
4	0,410	ok
6	0,280	ok
8	0,160	ok
10,5	0,070	ok
13,5	0,020	ok
16,5	0,020	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Feltstasjon - sylindre fra DTI **Profil** 8A Anl 15% © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	2184	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,806	% betong
D	2,56	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9984	
Inntrengning	110,6	g/m ²
k (0.1 %)	20,8	mm

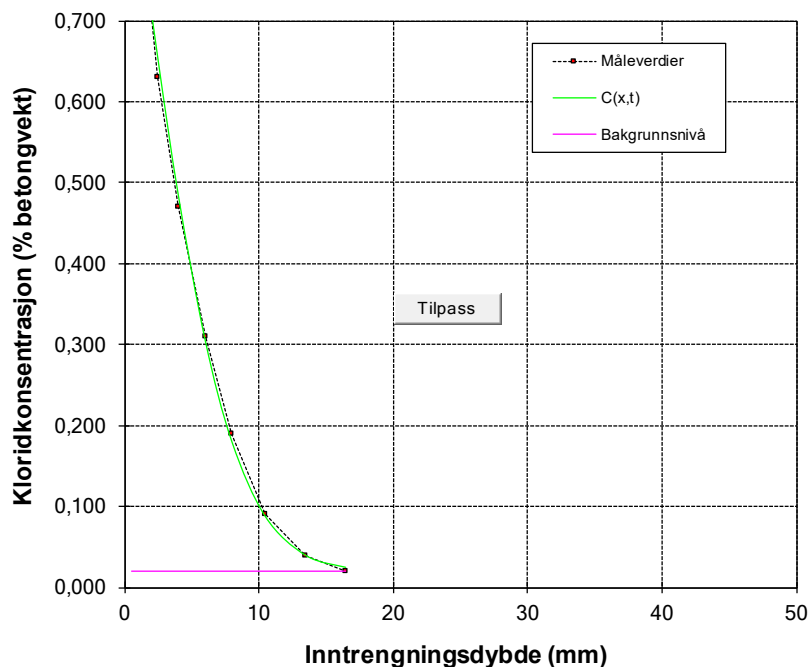
x	målt	status
0,5	0,700	
1,5	0,680	ok
2,5	0,540	ok
4	0,430	ok
6	0,300	ok
8	0,190	ok
10,5	0,090	ok
13,5	0,050	ok
16,5	0,030	ok



Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Feltstasjon - sylindre fra DTI **Profil** 8B Anl 15% © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	2184	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,962	% betong
D	2,15	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9991	
Inntrengning	120,2	g/m ²
k (0.1 %)	20,1	mm

x	målt	status
0,5	0,750	
1,5	0,790	ok
2,5	0,630	ok
4	0,470	ok
6	0,310	ok
8	0,190	ok
10,5	0,090	ok
13,5	0,040	ok
16,5	0,020	ok



Betong E – Cemex45

Beregning av C_0 og D

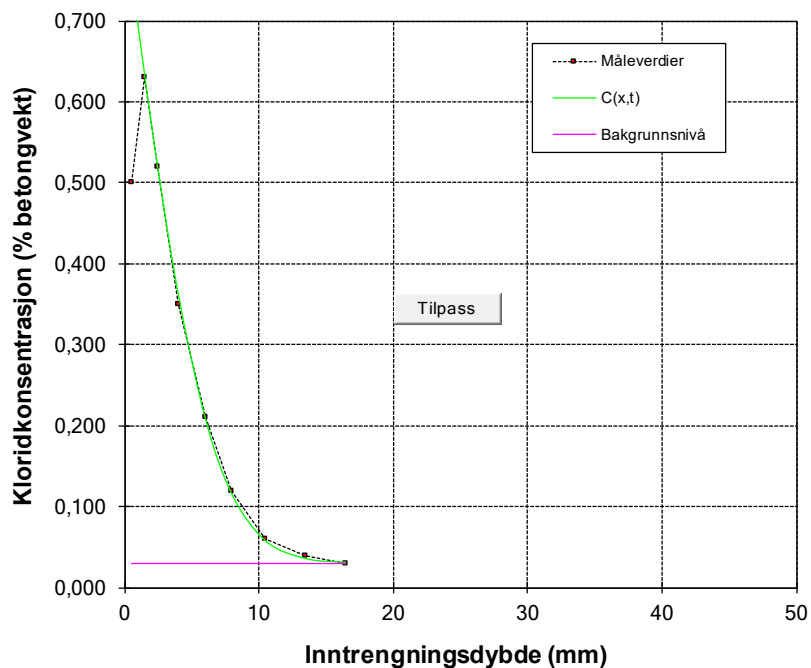
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 9A

Cemex 4 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	2232	timer
Bakgrunn	0,030	% betong
C_0	0,816	% betong
D	1,54	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9997	
Inntrengning	82,4	g/m^2
k (0.1 %)	16,8	mm

x	målt	status
0,5	0,500	
1,5	0,630	ok
2,5	0,520	ok
4	0,350	ok
6	0,210	ok
8	0,120	ok
10,5	0,060	ok
13,5	0,040	ok
16,5	0,030	ok

Beregning av C_0 og D

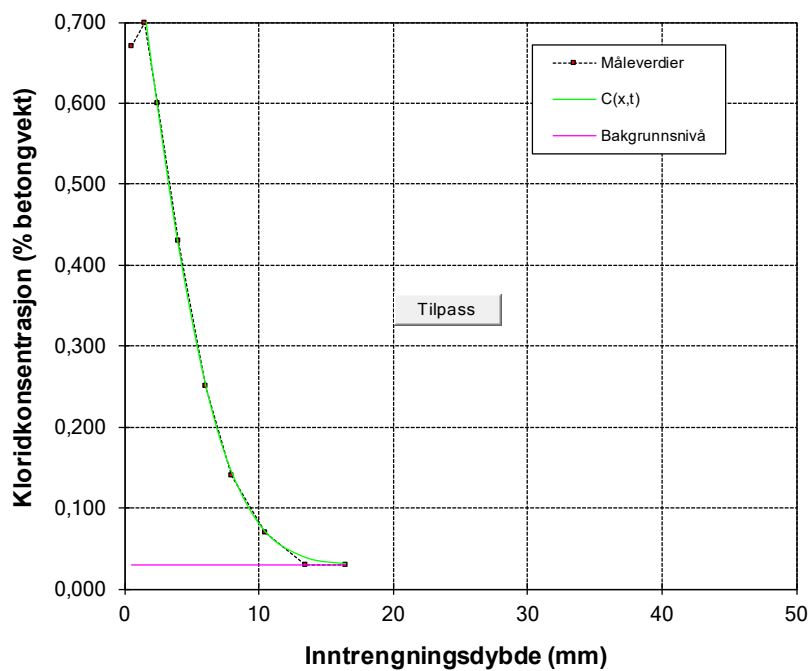
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 9B

Cemex 4 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	2232	timer
Bakgrunn	0,030	% betong
C_0	0,908	% betong
D	1,73	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9996	
Inntrengning	100,2	g/m^2
k (0.1 %)	18,4	mm

x	målt	status
0,5	0,670	
1,5	0,700	ok
2,5	0,600	ok
4	0,430	ok
6	0,250	ok
8	0,140	ok
10,5	0,070	ok
13,5	0,030	ok
16,5	0,030	ok



Beregning av C_0 og D

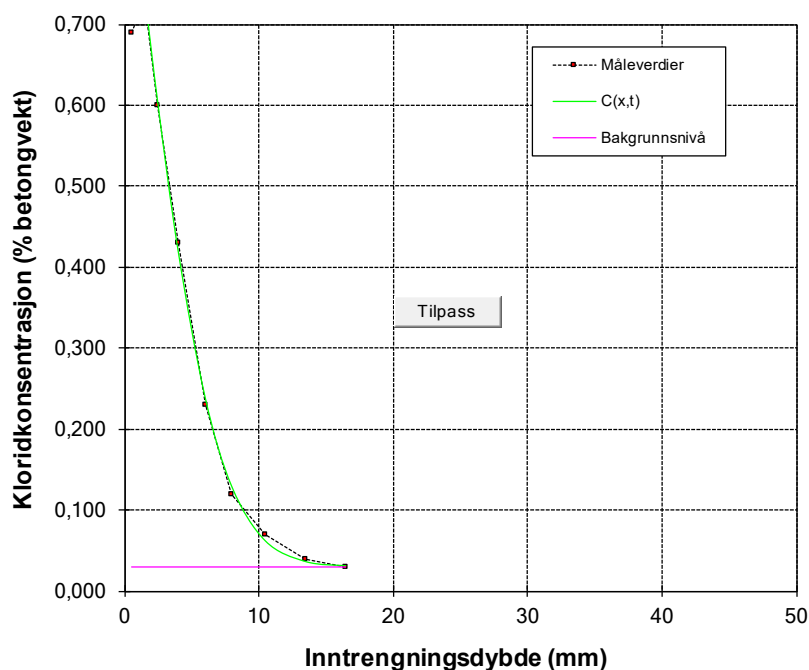
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 10A

Cemex 4 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	2232	timer
Bakgrunn	0,030	% betong
C_0	0,955	% betong
D	1,53	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9996	
Inntrengning	100,1	g/m ²
k (0.1 %)	17,5	mm

x	målt	status
0,5	0,690	
1,5	0,730	ok
2,5	0,600	ok
4	0,430	ok
6	0,230	ok
8	0,120	ok
10,5	0,070	ok
13,5	0,040	ok
16,5	0,030	ok

Beregning av C_0 og D

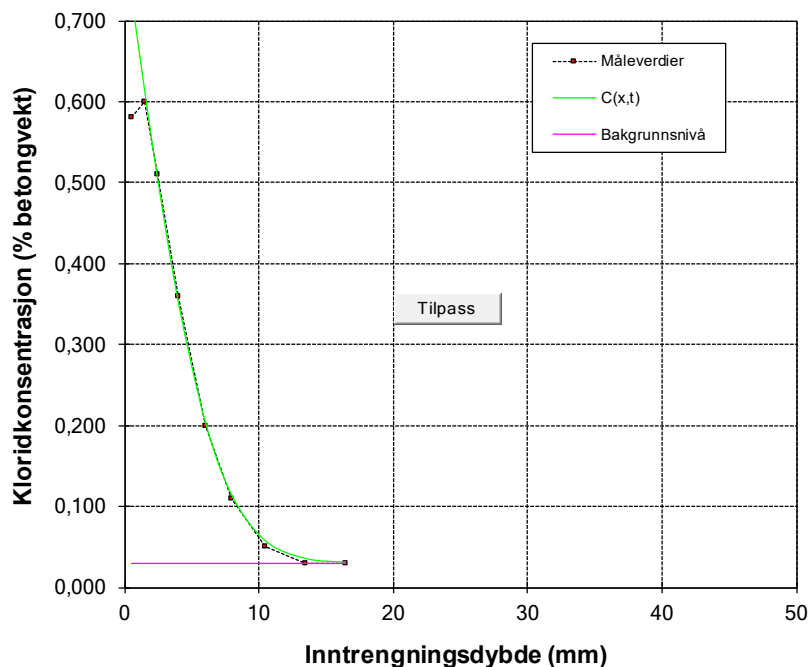
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 10B

Cemex 4 © 2012-01-09 ss

Eksponert tid	2232	timer
Bakgrunn	0,030	% betong
C_0	0,790	% betong
D	1,55	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9995	
Inntrengning	82,2	g/m ²
k (0.1 %)	16,8	mm

x	målt	status
0,5	0,580	
1,5	0,600	ok
2,5	0,510	ok
4	0,360	ok
6	0,200	ok
8	0,110	ok
10,5	0,050	ok
13,5	0,030	ok
16,5	0,030	ok



Betong F – Anl40

Beregning av C_0 og D

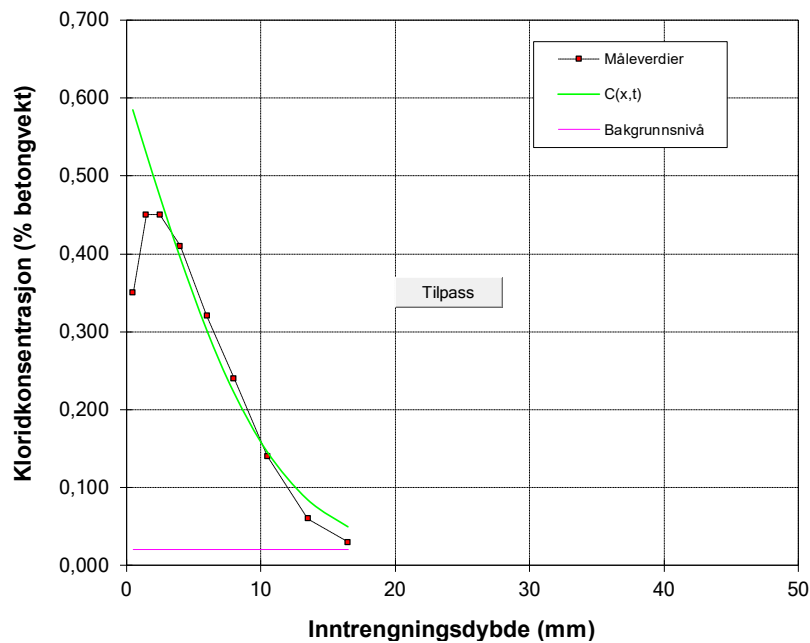
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 1A-K2/F;Anl40

2012-01-09 ss

Ekspontert tid	2184	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,613	% betong
D	4,50	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9935	
Inntrengning	95,6	g/m^2
k (0.1 %)	25,2	mm

x	målt	status
0,5	0,350	
1,5	0,450	
2,5	0,450	ok
4	0,410	ok
6	0,320	ok
8	0,240	ok
10,5	0,140	ok
13,5	0,060	ok
16,5	0,030	ok

Beregning av C_0 og D

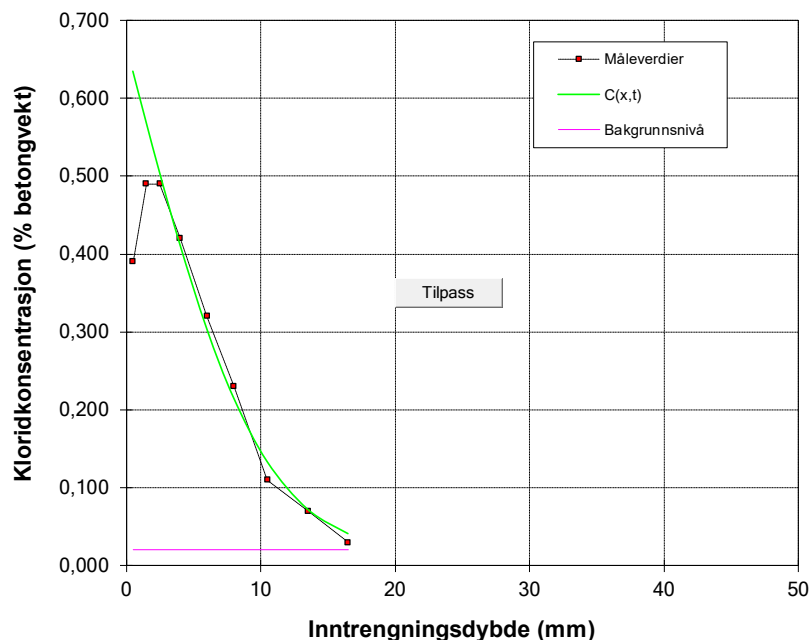
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 1B-K2/F;Anl40

2012-01-09 ss

Ekspontert tid	2184	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,668	% betong
D	3,82	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9966	
Inntrengning	97,9	g/m^2
k (0.1 %)	23,8	mm

x	målt	status
0,5	0,390	
1,5	0,490	
2,5	0,490	ok
4	0,420	ok
6	0,320	ok
8	0,230	ok
10,5	0,110	ok
13,5	0,070	ok
16,5	0,030	ok



Beregning av C_0 og D

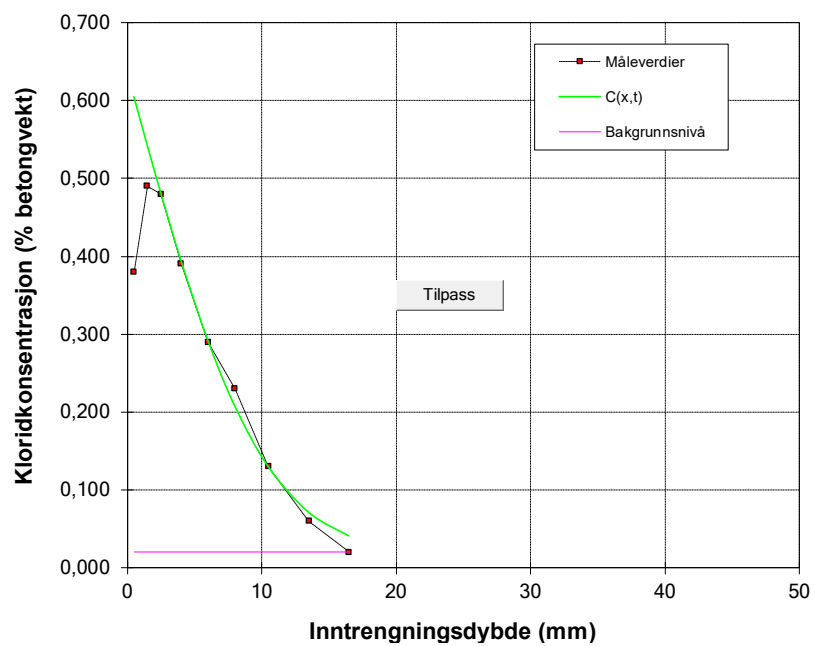
Prosjekt: Felstasjon - sylindere fra DTI

Profil 1C-K2/F:Anl40

2012-01-09 ss

Ekspontert tid	2184	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,636	% betong
D	3,87	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9973	
Inntrengning	95,0	g/m ²
k (0.1 %)	23,6	mm

x	målt	status
0,5	0,380	
1,5	0,490	
2,5	0,480	ok
4	0,390	ok
6	0,290	ok
8	0,230	ok
10,5	0,130	ok
13,5	0,060	ok
16,5	0,020	ok



Betong G – Miljø

Beregning av C_0 og D

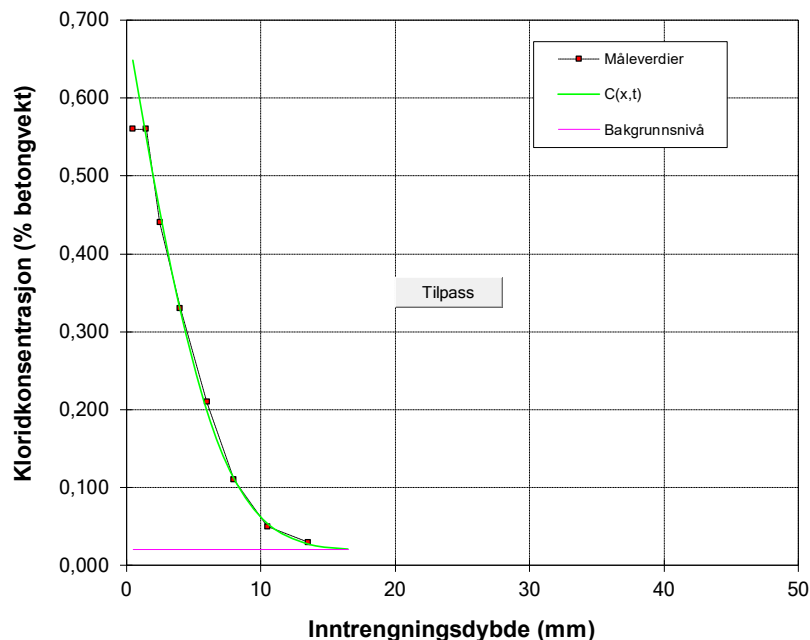
Prosjekt: Feltstasjon - sylindere fra DTI

Profil 2A-K2/G Miljø

2012-01-09 ss

Ekspontert tid	2184	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,699	% betong
D	1,84	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9990	
Inntrengning	80,4	g/m^2
k (0.1 %)	16,8	mm

x	målt	status
0,5	0,560	
1,5	0,560	ok
2,5	0,440	ok
4	0,330	ok
6	0,210	ok
8	0,110	ok
10,5	0,050	ok
13,5	0,030	ok
16,5		

Beregning av C_0 og D

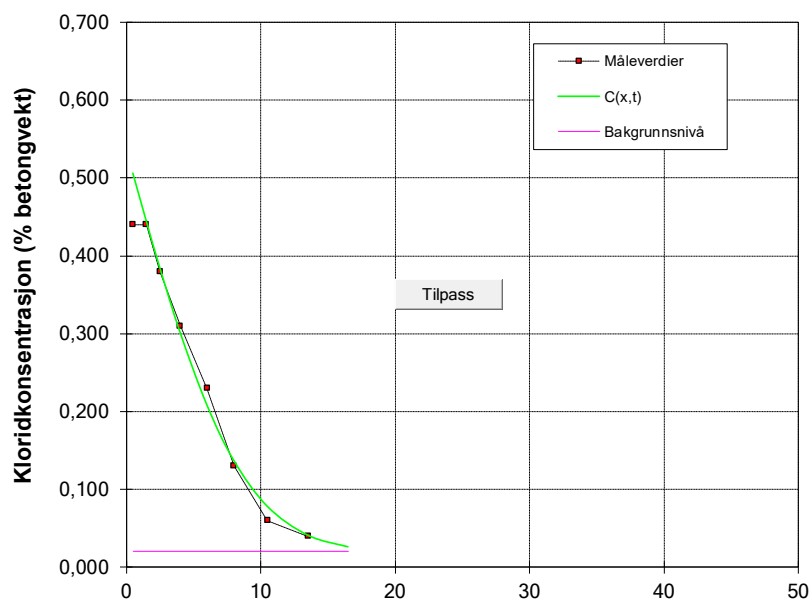
Prosjekt: Feltstasjon - sylindere fra DTI

Profil 2B-K2/G Miljø

2012-01-09 ss

Ekspontert tid	2184	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,537	% betong
D	2,80	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9969	
Inntrengning	73,3	g/m^2
k (0.1 %)	18,9	mm

x	målt	status
0,5	0,440	
1,5	0,440	ok
2,5	0,380	ok
4	0,310	ok
6	0,230	ok
8	0,130	ok
10,5	0,060	ok
13,5	0,040	ok
16,5		



Beregning av C_0 og D

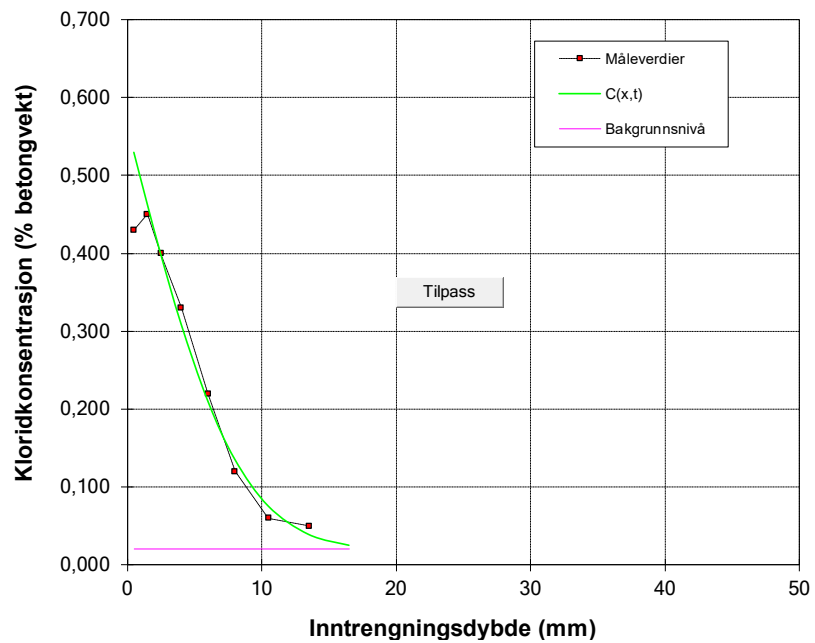
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 2C-K2/G Miljø

2012-01-09 ss

Ekspontert tid	2184	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,563	% betong
D	2,63	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9961	
Inntrengning	74,2	g/m ²
k (0.1 %)	18,6	mm

x	målt	status
0,5	0,430	
1,5	0,450	ok
2,5	0,400	ok
4	0,330	ok
6	0,220	ok
8	0,120	ok
10,5	0,060	ok
13,5	0,050	ok
16,5		



Betong H – Aalb20

Beregning av C_0 og D

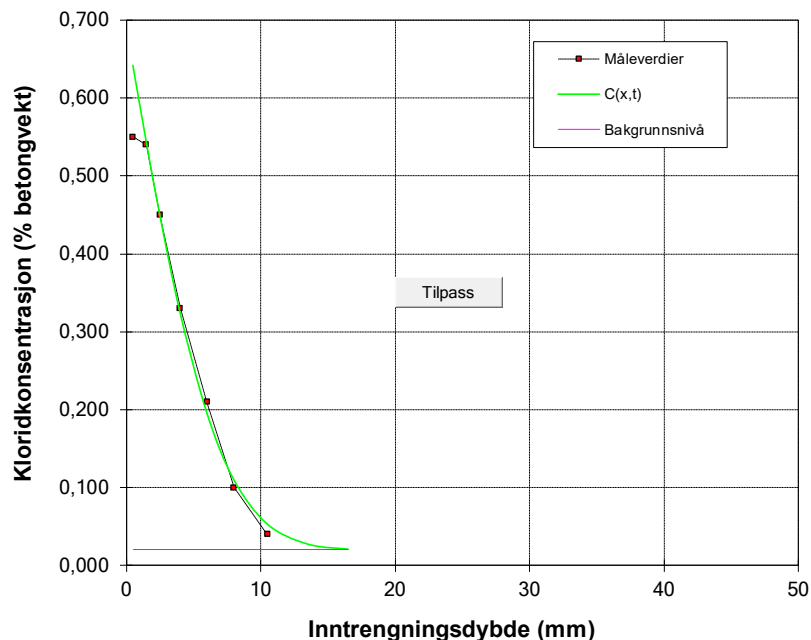
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 3A-K2/H Aalb20

2012-01-09 ss

Ekspontert tid	2184	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,692	% betong
D	1,82	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9988	
Inntrengning	77,0	g/m^2
k (0.1 %)	16,7	mm

x	målt	status
0,5	0,550	
1,5	0,540	ok
2,5	0,450	ok
4	0,330	ok
6	0,210	ok
8	0,100	ok
10,5	0,040	ok
13,5		
16,5		

Beregning av C_0 og D

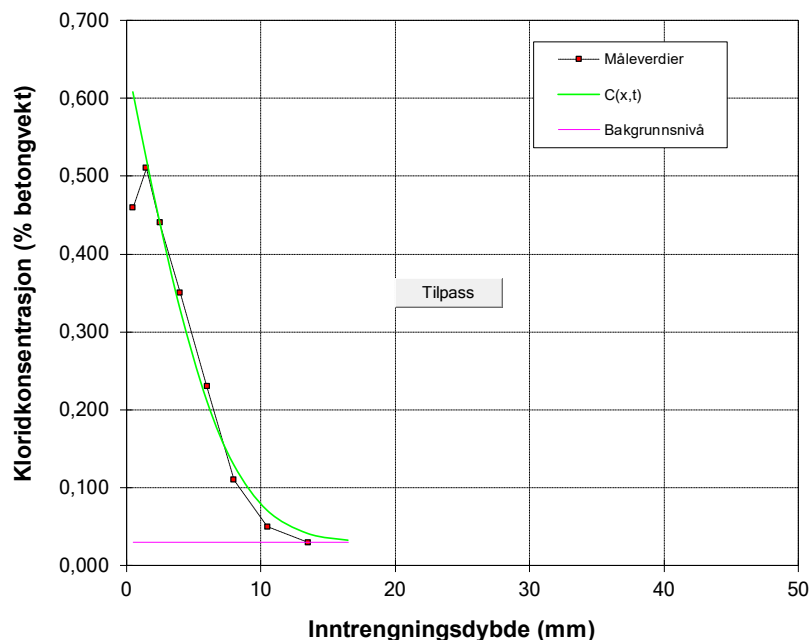
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 3B-K2/H Aalb20

2012-01-09 ss

Ekspontert tid	2184	timer
Bakgrunn	0,030	% betong
C_0	0,652	% betong
D	2,06	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9964	
Inntrengning	73,4	g/m^2
k (0.1 %)	18,2	mm

x	målt	status
0,5	0,460	
1,5	0,510	ok
2,5	0,440	ok
4	0,350	ok
6	0,230	ok
8	0,110	ok
10,5	0,050	ok
13,5	0,030	ok
16,5		



Beregning av C_0 og D

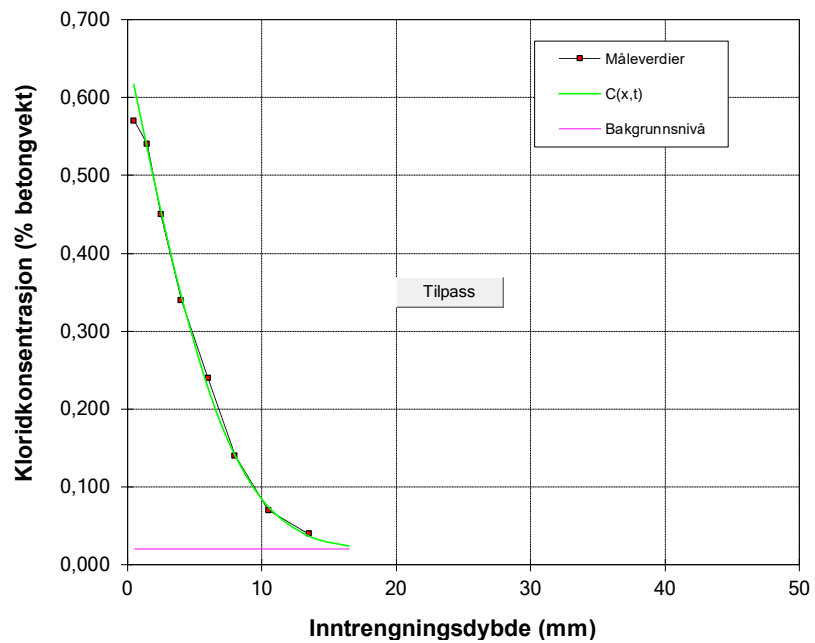
Prosjekt: Feltstasjon - sylindre fra DTI

Profil 3C-K2/H Aalb20

2012-01-09 ss

Ekspontert tid	2184	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	0,658	% betong
D	2,38	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9994	
Inntrengning	86,3	g/m^2
k (0.1 %)	18,8	mm

x	målt	status
0,5	0,570	
1,5	0,540	ok
2,5	0,450	ok
4	0,340	ok
6	0,240	ok
8	0,140	ok
10,5	0,070	ok
13,5	0,040	ok
16,5		





Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf:
firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag