

BETONGKONSTRUKSJONERS LIVSLØP

Et utviklingsprosjekt i samarbeid mellom offentlige byggherrer, industri og forskningsinstitutter



Deltakere:

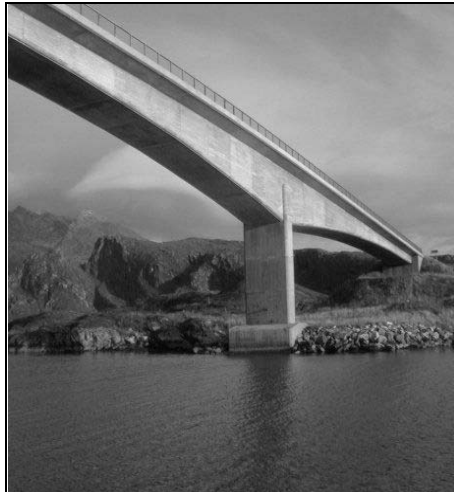
Statens vegvesen (prosjektledelse), Forsvarsbygg, NORCEM A.S, Selmer Skanska AS, Sika Norge AS, Norges byggforskningsinstitutt, NTNU, SINTEF, NORUT Teknologi as

Rapport nr. 11

Feltforsøk Sykkylven bru.

Aktivitet DP2 A4

Prosjektet er støttet av BA-programmet i Norges forskningsråd



BETONGKONSTRUKSJONERS LIVSLØP

Rapport nr. 11

Feltforsøk Sykkylven bru

Aktivitet DP2 A4

Utgiver:

Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Postadresse: Teknologidivisjonen
Postboks 8142 Dep
0033 OSLO
Telefon: 02030
Telefaks: 22 07 38 66

FORFATTER(E):

Carlsen, J.E., Selmer Skanska AS

INTERN RAPPORT NR.

GRADERING

Åpen

ANTALL SIDER OG BILAG

12+9+30

RAPPORTNR./ ISBN.:

82-91228-16-7

DATO

November 2006

PROSJEKTLEDERE:

Finn Fluge og Bernt Jakobsen

KORT SAMMENDRAG

Rapporten gir resultater fra kloridmålinger utført på prøvestykker fremstilt av samme betong som ble benyttet på Sykkylven bru. Prosjektet skal danne grunnlaget for vurdering av hvilken betydning den maksimale herdetemperaturen har for inntrengningen av klorider i betongen.

Forsøk ble utført både på brustedet og i Selmers betonglaboratorium på Kjeller. Det ble både på brustedet og i laboratoriet støpt ut tre prøvestykker som ble gitt maksimale temperaturer under herdningen på henholdsvis 85 °, 50 ° og 20°C.

Etter avsluttet herdning ble prøvestykkene lagret i sjøvann. Kloridinnholdet i betongen skal, ved planlagte eksponeringstidspunkt, måles i ulike dybder fra betongoverflaten. Det kan foreløpig ikke trekkes endelige konklusjoner fra prosjektet.

STIKKORD	NORSK	ENGLISH
	Kloridinntrengning	Chloride ingress
	Herdetemperatur	Curing temperature
	Overflatebehandling	Surface treatment

Rapport	Nr. 11	Feltforsøk Sykkylven bru.
Prosjekt		Betongkonstruksjoners livsløp Et utviklingsprosjekt i samarbeid mellom offentlige byggherrer, industri og forskningsinstitutter.
Aktivitet	DP2 A4	Vedlikeholds- og oppgraderingsmetoder Vedlikeholdsmetoder Feltforsøk Sykkylven bru
Deltagere		Statens vegvesen (prosjektledelse), Forsvarsbygg, NORCEM A.S, Selmer-Skanska AS Sika Norge AS Norges byggforskningsinstitutt, NTNU, SINTEF, NORUT Teknologi as Prosjektet er støttet av BA-programmet i Norges forskningsråd ISSN 1502-2331 ISBN 82-91228-16-7 50 eksemplarer trykt av Statens vegvesen, Teknologivdelingen © Statens vegvesen 2006
Adresse		Vegdirektoratet, Teknologivdelingen Postboks 8142 Dep N-0033 Oslo, Norway
Telefon		+ 47 02030
Telefax		+ 47 22 07 38 66
Emneord		Kloridinntrengning Herdetemperatur Overflatebehandling
Key words		Chloride ingress Curing temperature Surface treatments

FORORD

Fokus er i løpet av de senere årene flyttet fra bygging av nye konstruksjoner over mot forvaltning hvor det legges større vekt på problemstillinger knyttet til drift, vedlikehold og gjenbruk av eksisterende konstruksjoner.

Prosjektet "Betongkonstruksjoners livsløp" er knyttet opp mot denne typen utfordringer som en samlet bygg- og anleggsbransje står overfor. Kravene til bygg- og anleggskonstruksjoner er at de skal være funksjonelle og kostnadseffektive. Offentlige byggherrer forvalter og vedlikeholder et stort antall konstruksjoner som skal møte samfunnets krav til:

- sikkerhet
- kvalitet/økonomi
- miljø

Det ble de siste årene av 90-tallet lagt ned et betydelig arbeid i prosjektet "Bestandige betongkonstruksjoner". Av resultatene fra dette prosjektet og erfaringene fra prosjektet "OFU Gimsøystraumen" fremgår det klart at beslutningen om å bygge bestandige betongkonstruksjoner må tas tidlig i planleggingsfasen og at det er behov for enkelt å kunne verifisere prosjekteringsforutsetningene.

"Betongkonstruksjoners livsløp" bygger videre på forannevnte prosjekter. Hovedvekten er lagt på klart formulerte forskningsoppgaver som dels konkretiserer eksisterende kunnskap og dels fyller hull i kunnskapsgrunnlaget. Aktivitetene er valgt innenfor en ramme som omfatter alle faser fra planlegging til riving og gjenbruk.

Prosjektets hovedmålsetning har vært:

Kostnadseffektive og miljøgunstige betongkonstruksjoner

med følgende delmål:

- Identifisere hovedparametre i levetidsmodellene og kalibrere dem mot felterfaringer
- System for vurdering av vedlikeholdstiltaks levetid
- System for instrumentell overvåking av betongkonstruksjoners tilstandsutvikling
- Kunnskapsformidling gjennom normarbeid, kurs og internasjonale nettverk

Prosjektets sluttprodukter er:

- Grunnlag for veiledninger og regler for levetidsprosjektering
- Akseptkriterier for bedømmelse av betongkonstruksjoners bestandighet
- Datagrunnlag til bruk i standardiseringsarbeid og som inngangsdata til europeisk nettverksarbeid
- Kunnskap og kompetanse knyttet til sensorteknologi, måleteknikk, "intelligent" instrumentell overvåking, katodisk beskyttelse etc., hvor industripartnerne gis mulighet til å utnytte resultatene kommersielt

Prosjektet har bestått av flere større og mindre aktiviteter gruppert i følgende delprosjekter:

- DP1. Levetidsprosjektering
 - A. Datainnsamling
 - B. Levetidsmodeller
- DP2. Vedlikeholds- og oppgraderingsmetoder
 - A. Vedlikeholdsmetoder
 - B. Oppgraderingsmetoder
 - C. Rustfri armering
- DP3. Måleteknikk

Aktivitetene i prosjektet er basert på enkeltforslag fra prosjektdeltakerne. Hvor aktivitetene hadde fellestrekk, kunne levere resultater til, eller benytte resultater fra andre aktiviteter ble dette identifisert ved oppstarten av prosjektet og nødvendig koordinering foretatt. Ellers er aktivitetene styrt meget selvstendig.

Prosjektet startet høsten 1999 og ble avsluttet høsten 2001. Prosjektet har vært støttet av BA-programmet i Norges forskningsråd med NOK 1 mill i hvert av årene 1999 og 2000.

I tillegg til støtten fra Norges forskningsråd har det vært ytet en betydelig egeninnsats fra deltakerne i form av personalinnsats og kjøp av FoU-tjenester. Prosjektkostnadene per 31-12-00 var NOK 7,25 mill, hvorav NOK 2,7 mill var benyttet til kjøp av FoU-tjenester fra forskningsinstitutter og NOK 0,5 mill fra konsulent. I år 2001 ble det kjøpt tjenester for NOK 1,7 mill som i sin helhet ble finansiert av prosjektdeltagerne. Samlede prosjektkostnader ved avslutningen av prosjektet er ca. NOK 9 mill.

Prosjektet har hatt følgende deltakere:

Statens vegvesen
Forsvarsbygg
NORCEM A.S
Selmer Skanska AS
NTNU
SINTEF
Sika Norge AS
Norges byggforskningsinstitutt
NORUT Teknologi as

I tillegg har prosjektet samarbeidet med Det Norske Veritas og ARMINOX, som alle har bidratt med egeninnsats.

Det er knyttet to dr. gradsstudenter til prosjektet.

Prosjektet mottok i juni 2000 et 3 års dr.grad stipendium. Stipendiat ble tilsatt 01-01-2001.

Prosjektet har vært ledet av Vegdirektoratet. Prosjektledelsen, som har bestått av Finn Fluge Vegteknisk avdeling, Vegdirektoratet og Bernt Jakobsen, Aadnesen a.s, har rapportert til en styringskomite som har bestått av representanter fra prosjektdeltakerne. Styringskomiteen har vært samlet to ganger årlig eller ved behov og har fastlagt mål og hovedstrategier.

SUMMARY

In investigations run for measuring chloride ingress in concrete, the maximum curing temperature has been among the main parameters. The results from these tests indicate that high maximum curing temperature not necessarily is unfavourable with respect to chloride penetration into concrete.

However, because the results mainly are based on tests on light weight aggregate (LWA) concrete, it is desirable also to run supplementary tests which comprise normal density (ND) concrete. The contractor Selmer AS got the contract to construct the Sykkylven bridge which gave them the opportunity to run the additional tests mentioned above. The concrete works started on the site in 1999. Parallel tests on chloride penetration were made on concrete specimens cured under conditions with varying maximum curing temperatures. There were also run tests at the contractors concrete laboratory at Kjeller.

On the site three concrete blocks with dimensions $b/l/h = 700/220/500$ mm were cast. Maximum curing temperature was for the three specimens 85° , 50° and 20°C , respectively. After 140 days curing the specimens were subjected to chloride exposure. Chloride profiles were obtained ultimo September 2000, after 160 days of exposure.

At the concrete laboratory three 150 mm concrete cubes were manufactured. The maximum curing temperature were the same as for the test specimens cast at the site. After 28 days of curing the cubes were immersed in sea water of 20°C . Chloride concentrations at different depths from the concrete surface were recorded 28 days and 355 days after exposure.

The results of the investigation have been evaluated against the following two hypotheses:

1. A high maximum curing temperature gives concrete with a relatively higher chloride diffusion coefficient D and a lower chloride concentration on the surface C_s , than concrete with a lower curing temperature and the same time of exposure.
2. For a concrete structure with a given concrete cover to the reinforcement and a given critical chloride content, hypothesis 1 implies that the maximum curing temperature will have limited influence on the time to onset of reinforcement corrosion.

The report gives some preliminary results from the investigation. With a few exceptions the results support hypothesis 1 above. Hypothesis 2 cannot be properly evaluated before the tests, after sufficiently long exposure time, give basis for reliable estimates for the α -parameter. At present it is too early to draw firm conclusions.

RAPPORTOVERSIKT

vi

- Rapport nr.1:** TITTEL: Felldata for kloridinitiert armeringskorrosjon.
Sammenstilling og kvalitetsvurdering av tilgjengelige data.
Aktivitet: DP1 A1
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.
Intern rapport nr. 2197.
Forfattere: Skjølsvold, O., Jacobsen, S., Lahus, O., Lindgård, J.,
Hynne, T.
ISSN 1502-2331
ISBN 82-91228-04-3
Sider: 12+9+7 vedlegg + CD-ROM
Dato: Desember 2002
- Rapport nr. 2:** TITTEL: Laboratoriedata for kloridinitiert armeringskorrosjon.
Aktivitet: DP1 A1
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.
SINTEF. Rapport nr. STF22 A00732.
Forfattere: Hynne, T. og Lindgård, J.
ISSN 1502-2331
ISBN 82-91228-07-8
Sider: 13+35+16 vedlegg
Dato: Januar 2003
- Rapport nr. 3:** TITTEL: Gimsøystraumen bru. Spesialinspeksjon 1992-
kloridprofiler. Vurdering av kloridbelastning og
diffusjonskoeffisient
Aktivitet: DP1 A1
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.
Intern rapport nr. 2196.
Forfattere: Skjølsvold, O.
ISSN 1502-2331
ISBN 82-91228-08-6
Sider: 14+18+3 vedlegg+CD-ROM
Dato: Januar 2003
- Rapport nr. 4:** TITTEL: Kloridinntrengning i ressursvennlig kvalitetsbetong.
Aktivitet: DP1 A2
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.
NORCEM rapport
Forfattere: Kjellsen, K.O. og Skjølsvold, O.
ISSN 1502-2331
ISBN 82-91228-09-4
Sider: 14+16+13 vedlegg
Dato: Januar 2003

- Rapport nr. 5:** TITTEL: Statistisk beregning av levetid for betongkonstruksjoner utsatt for kloridinntrengning.
Aktivitet: DP1 B1
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. SINTEF. Rapport nr. STF22 A01613.
Forfattere: Hynne, T., Leira, B.J., Carlsen, J.E. og Lahus, O.
ISSN: 1502-2331
ISBN: 82-91228-10-8
Sider: 14+59+3 vedlegg
Dato: Februar 2003
- Rapport nr. 6:** TITTEL: Dimensjoneringsformat for kloridbestandighet.
Aktivitet: DP1 B1
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. SINTEF. Rapport STF22 A02601.
Forfattere: Leira, B.J.
ISSN: 1502-2331
ISBN: 82-91228-11-6
Sider: 14+36+ 1 vedlegg
Dato: Februar 2003
- Rapport nr. 7:** TITTEL: Pålitelighetsmetodikk ved bruk av FDV og levetidsberegninger.
Aktivitet: DP1 B2
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. Aas-Jakobsen. Rapp 6943-01.
Forfattere: Larsen, R.M.
ISSN: 1502-2331
ISBN: 82-91228-12-4
Sider: 14 + 67
Dato: Februar 2003
- Rapport nr. 8:** TITTEL: Effekt av reparasjon på levetid: Eksempelstudie fra Gimsøystraumen.
Aktivitet: DP1 B3
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. SINTEF. Rapport nr. STF22 A01607.
Forfattere: Hynne, T. og Leira, B.J.
ISSN: 1502-2331
ISBN: 82-91228-13-2
Sider: 12 + 22 + 7 vedlegg
Dato: Oktober 2006

- Rapport nr. 9:** TITTEL: Bestandighet og levetid av reparerte betongkonstruksjoner.
Aktivitet: DP2 A2
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. NORUT Teknologi as rapport NTAS F2001-36.
Forfattere: Arntsen, B.
ISSN: 1502-2331
ISBN: 82-91228-14-0
Sider: 14 + 20
Dato: Oktober 2006
- Rapport nr. 10:** TITTEL: Restlevetid – Kai Sjursøya.
Aktivitet: DP2 A3
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. Selmer Skanska AS, rapport nr. B 01-01.
Forfattere: Carlsen, J.E.
ISSN: 1502-2331
ISBN: 82-91228-15-9
Sider: 12 + 15 + 7 vedlegg
Dato: November 2006
- Rapport nr. 11:** TITTEL: Feltforsøk Sykkylven bru.
Aktivitet: DP2 A4
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. Selmer Skanska AS, rapport nr. B 01-02
Forfattere: Carlsen, J.E.
ISSN: 1502-2331
ISBN: 82-91228-16-7
Sider: 12 + 9 + 30
Dato: Desember 2006
- Rapport nr. 12:** TITTEL: Strengthening Prestressed Concrete Beams with Carbon Fiber Polymer Plates.
Aktivitet: DP2 B1
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. NTNU, Institutt for konstruksjonsteknikk.
Forfattere: Takacs, P.F. og Kanstad, T.
ISSN: 1502-2331
ISBN: 82-91228-17-5
Sider:
Dato:

- Rapport nr. 13:** TITTEL: Forsterking av betongsøyler med karbonfiberrev.
Aktivitet: DP2 B2
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.
SINTEF. Rapport nr. STF22 A00718.
Forfattere: Thorenfeldt, E.
ISSN: 1502-2331
ISBN: 82-91228-18-3
Sider:
Dato:
- Rapport nr. 14:** TITTEL: Forankringskapasitet av CFAP-bånd limt til betong.
Aktivitet: DP2 B2
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.
SINTEF. Rapport nr. STF22 A01618.
Forfattere: Thorenfeldt, E.
ISSN: 1502-2331
ISBN: 82-91228-19-1
Sider:
Dato:
- Rapport nr. 15:** TITTEL: Nonlinear Finite Element Analysis of Deteriorated and Repaired RC Beams
Aktivitet: DP2 B3
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.
NORUT Teknologi as rapport NTAS F2001-31.
Forfattere: Sand, B.
ISSN: 1502-2331
ISBN: 82-91228-20-5
Sider:
Dato:
- Rapport nr. 16:** TITTEL: Styrkeberegning ved korrosjonsskader.
Aktivitet: DP2 B3
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.
SINTEF. Rapport nr. STF22 A01619.
Forfattere: Stemland, H.
ISSN: 1502-2331
ISBN: 82-91228-21-3
Sider:
Dato:

- Rapport nr. 17:** TITTEL: Korrosjonsegenskaper for rustfri armering.
Aktivitet: DP2 C1
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.
NTNU, Institutt for konstruksjonsteknikk.
Rapport R-9-01.
Forfattere: Vennesland, Ø.
ISSN 1502-2331
ISBN 82-91228-22-1
Sider:
Dato:
- Rapport nr. 18:** TITTEL: Heftforhold for rustfritt armeringsstål.
Aktivitet: DP2 C2
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.
NTNU rapport.
Forfattere: Hofsøy, A., Sørensen, S.I. og Markeset, G.
ISSN 1502-2331
ISBN 82-91228-24-8
Sider:
Dato:
- Rapport nr. 19:** TITTEL: Service Life Design of Concrete Structures
Aktivitet: DP1 B4
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.
Forfattere: Helland, S., Maage, M., Smeplass, S., Fluge, F.
ISSN 1502-2331
ISBN 82-91228-25-6
Sider:
Dato:
- Rapport nr. 20:** TITTEL: SLUTTRAPPORT
Aktivitet: -
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.
Forfattere: Fluge, F. og Jakobsen, B.
ISSN 1502-2331
ISBN 82-91228-26-4
Sider:
Dato:

INNHOLDSFORTEGNELSE**FORORD**

iii

SUMMARY

v

RAPPORTOVERSIKT

vi

INNHOLDSFORTEGNELSE

xi

1. SAMMENDRAG

xii

2. RAPPORT – innhold utgjøres av følgende vedlegg

Selmer Skanska rapport B01-02, Mars 2001

Carlsen, J.E.

”Feltforsøk Sykkylven bru”.

1. SAMMENDRAG

I tidligere utførte forsøk for å bestemme inntrengningen av klorider i betong har maksimal herdetemperatur vært en av parametrene. Resultater fra disse forsøkene indikerer at høyere maksimal temperatur ikke entydig synes å ha en ugunstig effekt på betongens motstand mot kloridinntrengning. Forsøkene det vises til er det NFR støttede FoU-prosjektet "Lettkon" fra 1999 som blant annet omfattet lettbetongen i bruene over Stolmasundet og Raftsundet. Andre forsøk er "Lightcon" fra 1996 og "Ressursvennlig betong" fra 1998 som tar for seg normalbetong.

Fordi disse resultatene hovedsakelig er basert på undersøkelser av lettbetong er det et uttrykt ønske om også å gjennomføre forsøk som omfatter normalbetong. Selmers oppdrag med bygging av Sykkylven bru var en egnet anledning til å få utført forsøk med normalbetong. Betongarbeidene startet opp i 1999. Det ble i den forbindelse satt i gang forsøk for å måle kloridinntrengningen i prøvestykker støpt av brubetong og som under herdningen fikk ulike maksimaltemperaturer.

Forsøk ble utført både på brustedet og i Selmers betonglaboratorium på Kjeller. Prosjektet skal danne grunnlaget for vurderingen av hvilken betydning den maksimale herdetemperaturen har for kloridinntrengningen.

På brustedet ble det støpt ut 3 klosser med målene $b/l/h = 700/220/500$ mm. Maksimal herdetemperatur var for de tre klossene henholdsvis 85° , 50° og 20°C . Etter ca. 140 døgns herdning ble prøvestykkene utplassert for klorideksponering. Kloridmålinger for å bestemme kloridprofilene i betongen ble utført ultimo september 2000 etter 160 døgns eksponering.

I laboratoriet ble det støpt tre 150 mm terninger. Maksimal herdetemperatur for terningene var også her henholdsvis 85° , 50° og 20°C . Terningene ble etter 28 døgns lagret neddykket i sjøvann med temperatur 20°C . Kloridmålinger ble utført etter 28 og 355 døgns eksponering.

Resultatene fra undersøkelsene skal prøves mot følgende to hypoteser:

1. Høy maksimaltemperatur i herdefasen gir betong med relativt høyere diffusjonskoeffisient D og lavere overflatekonsentrasjon C_s enn betong med lavere herdetemperatur og samme eksponeringstid.
2. For en betongkonstruksjon med gitt armeringsoverdekning og gitt kritisk kloridnivå medfører hypotese 1 at maksimaltemperaturen under herdningen har begrenset betydning for hvor lang tid det vil ta før armeringskorrosjon kan inntre.

Rapporten gir foreløpige resultater fra undersøkelsene. Med noen unntak underbygger resultatene hypotese 1. Hypotese 2 er vanskeligere å etterprøve da en slik vurdering forutsetter at det foreligger kloridprofiler som er bestemt etter en så lang eksponeringstid at pålitelige verdier for α -faktoren finnes. Det er for tidlig å trekke endelige konklusjoner.

EN RAPPORT FRA SELMER SKANSKA'S BETONGTEKNOLOGIAVDLING

Prosjekt: Betongkonstruksjoners livsløp (SVV) DP2 A4: Feltforsøk, Sykkylven bru	Rapportnummer : B 01-02
	Dato : 09.03.2001
	Antall sider/vedlegg : 9 / 30
Oppdragsgiver : SVV	Oppdragsgivers ref.: Finn Fluge
Saksbehandler / forfatter : Jan Erik Carlsen	Ansvarlig : Steinar Helland

Sammendrag :

Rapporten gir resultater fra kloridmålinger som er gjort på prøvestykker fra samme betong som ble brukt i Sykkylven bru. Prøvestykkene er støpt ved årsskiftet 1999-2000, og eksponert på to steder: ved brua og i laboratorium. På hvert sted er det støpt tre prøvestykker med forskjellig maksimal herdetemperatur: 20°, 50° og 85° C. Prøvestykkene utsettes nå for klorider, og det tas kloridprofiler ved økende eksponeringstid. Prosjektet skal gi grunnlag for vurdering av maksimal herdetemperturs betydning for kloridinntrengning.

Det er foreløpig ingen konklusjoner fra prosjektet.

Stikkord på norsk :	Keywords in English :
Kloridinntrengning Herdetemperatur Overflatebehandling	

INNHold		Side
1	INNLEDNING	1
2	RESEPT OG UTFØRELSE	2
2.2	Utførelse	
2.2.1	Klossene på Sykkylven	
2.2.2	Terningene på laboratoriet	
3	RESULTATER	4
3.1	Kloridprofiler	
3.2	Hypoteser	
3.3	Konklusjon	

REFERANSER

VEDLEGG:

Skisse av klossene I, II og III, Beregnet temperaturhistorie til klossene de første 96 timer, Registrerte temperaturer i klossene de første 16 timer	VEDLEGG 1
Terningenes herdetemperaturer, (Betongens isoterme varmeutvikling)	VEDLEGG 2
Klossene på Sykkylven: kloridprofiler	VEDLEGG 3
Terningene på laboratoriet: kloridprofiler	VEDLEGG 4
Data for kloridprofilene, Beregning av α og D_α	VEDLEGG 5

1 INNLEDNING

I flere tidligere forsøk med kloridinntrengning er det gjort kloridmålinger på prøvestykker som, blant flere variabler, også har hatt varierende maksimal herdetemperatur. Resultatene fra disse forsøkene indikerer at den høyere maksimale herdetemperaturen ikke entydig er ugunstig for betongkonstruksjonen med hensyn til senere kloridinntrengning. Det siste store forsøket om dette er fra det NFR-støttede FoU-prosjektet "Lettkon" fra 1999, som bl.a. omhandlet forsøk på lettbetong fra bruene over Stolmasundet og Raftsundet. Andre forsøk er "LightCon" fra 1996, også med lettbetong, og "Ressursvennlig betong" fra 1998 med normalvektbetong.

Siden indikasjonene hovedsakelig kommer fra forsøk med lettbetong, er det ønskelig å få mer erfaring med normalvektbetong. Selmers oppdrag med Sykkylven bru var en egnet anledning til flere forsøk med normalvektbetong. I 1999 ble betongarbeidene med Sykkylven bru startet opp. I forbindelse med dette bruprojektet blir det nå gjort forsøk med kloridinntrengning på betongprøvestykker som har hatt forskjellige maksimale herdetemperaturer. Det ble satt i gang forsøk både på brustedet og i Selmers betonglaboratorium.

På brustedet er det støpt 3 klosser med målene $b/l/h=700/220/500$ mm. De tre klossene har hatt maksimal herdetemperatur på henholdsvis ca. 85°, 50° og 20° C. Etter ca. 140 døgn herding ble klossene utplassert for klorideksponering. Det ble tatt kloridprofiler ultimo september 2000, og eksponeringstiden var da 160 døgn.

På Selmers betonglaboratorium på Kjeller ble det støpt 3 terninger med sidekanter 150 mm. De tre terningene har også hatt maksimal herdevarme på henholdsvis ca. 85°, 50° og 20° C. Etter 28 døgn herding ble terningene plassert neddykket i innendørs kar med sjøvann ved ca. 20° C. Det er tatt kloridprofiler av terningene ved to eksponeringstider, ved 28 døgn og ved 355 døgn.

Forsøkene skal fortsette i flere år.

Merk: Alle kloridnivåer er angitt som % Cl⁻ av betongvekt.

2 RESEPT OG UTFØRELSE

2.1 Resept

Betongresepten som er benyttet i brua, i klossene på brustedet og i terningene på betonglaboratoriet er vist i tabell 1. Det ble sendt tilslag og sement fra Sykkylven til laboratoriet for at betongen i prøvestykkene skulle være likest mulig.

Anleggsement	371
Silika	18,5
Sand	9985
Pukk	904
P-stoff	3
SP-stoff	3
Vann totalt	163
v/c+2s	0,40

Tabell 1 Resepter for Sykkylven bru, mengder i kg/m³

2.2 Utførelse

2.2.1 Klossene på Sykkylven

Klossene ble støpt i kasser av 15 mm finér. Kassene for kloss I (85° C) og kloss II (50° C) ble isolert med 50 mm styrofoam, mens kassen for kloss III (20° C) var uisolert. Klossene ble armert med Ø12 mm # c/c 100 mm sentrisk i klossene, med ca. 50 mm overdekning. Det var innstøpt 250 W elektriske oppvarmingselementer, Ø15 mm lengde 40 mm, i klossene som skulle benyttes for at temperaturen under herding av klossene skulle komme opp i de respektive maksimumstemperaturer.

Klossene har en 15 mm vertikal sliss midt på forsiden. På forsidens venstre halvdel er det horisontale slisser : kloss I har 1, kloss II har 2 og kloss III har 3 horisontale slisser. Forsidens halvdel med de horisontale slissene har fått påført SIKA Conservado 44 etter avforskaling, mens resten av klossenes overflate er ubehandlet. Se VEDLEGG 1.

Det var innstøpte temperaturfølere i klossene for å kunne registrere temperaturen under herding, én føler ved forskaling, og én føler midt i klossen. De registrerte temperaturene i klossene under de første 16 timer av herdingen er vist i VEDLEGG 1. Ved en feiltakelse ble temperaturregistreringen stoppet etter 16 timer. Klossene ble ikke ytterligere oppvarmet v.h.a. de innstøpte oppvarmingselementene. Med bakgrunn i temperaturregistreringene i de første 16 timene, og med basis i registrert herdevarmeutvikling fra laboratorieforsøket (Se VEDLEGG 2), er det utført en varmeberegning som simulerer temperaturene i klossene i midten og ved forskalingen i de første 96 timer. Dette er vist i VEDLEGG 1.

Klossene ble støpt 23.11.1999, og de ble oppbevart på land med forskalingen intakt, ca. 100 m fra sjøen, i ca. 140 døgn før utplassering. Klossene ble plassert i sjøen på 2 meters dyp, og lå slik i 160 døgn, til 26.9.2000. Klossene ble så tatt på land, og det ble boret kloridprofiler, et profil fra hver halvdel av forsidene (behandlet og ubehandlet halvdel) på klossene. Disse kloridprofilene er gitt i denne rapporten. Klossene ble deretter plassert på land, ved brua på østside av fjorden, nærmest mulig sjøen, og allikevel i god nok avstand fra sjøen til å kunne komme til på alle kanter av klossene for fremtidig prøvetaking av kloridprofiler. Ved høyvann vil sjøen nesten nå opp til klossene, og i dårlig vær vil klossene bli oversprøytet.

2.2.2 Terningene på laboratoriet

Det ble støpt tre 150 mm terninger på laboratoriet den 16.2.2000. Straks etter utstøping ble hver av terningene, med form, plassert i hvert sitt herdekar :

20°C-terning:

Formen med terning ble plassert i et herdekar hvor vanntemperaturen var konstant 20° C.

85°C-terningen:

Formen med terning ble plassert i et herdekar hvor vanntemperaturen ble styrt av temperaturen i en herdekasse, som er en isolerte finerkasser hvor det er plassert 5,5 liter betong fra den samme blandingen som de utstøpte terningene. Innstøpte varmeelementer i de 5,5 liter med betong ble benyttet for at temperaturen i herdekassene, etter den naturlige temperaturøkning p.g.a. herdevarmen, kom opp i de ønskede 85°C. Temperaturforløpet i herdekassen og herdekaret er vist i VEDLEGG 2.

50°C-terningen:

For 50°C-terningen ble samme prosedyre benyttet som for 85°C-terningen, men temperaturforløpet i herdekaret og terningen fulgte ikke temperaturen i herdekasse i det første døgnet. Derfor ble temperaturen etter 24 timer hevet v.h.a. det innstøpte varmeelementet. Temperaturene er vist i VEDLEGG 2.

Etter 28 døgn herding i ferskvann ble terningene lagt i kar med sjøvann. Karet står innendørs, med temperatur ca. 20° C.

3 RESULTATER

3.1 Kloridprofiler

Resultatene i denne rapporten er gitt som kloridprofiler, med tilhørende beregnede verdier for det ytre kloridnivå i profilet, C_s , og kloriddiffusjonskoeffisienten D /1,2/.

Uttak av støv for kloridprofilene, samt bestemmelse av kloridinnholdet i dette støvet, utføres i henhold til Selmers prosedyrer. Beregning av C_s og D utføres med Selmer's program KLO.EXE, basert på Fick's 2. lov om diffusjon.

Alle kloridprofiler i prosjektet, i felt og på laboratorium, er samlet i VEDLEGG 3, 4 og 5. De beregnede data C_s og D fra kloridprofilene er vist i tabell 2.

Maksimal herdetemperatur :			85°		50°		20°		Snitt	
	Eksp. døgn		C_s	D	C_s	D	C_s	D	C_s	D
Terninger i laboratoriet	28	*)	0,10	198	0,14	202	0,09	272	0,11	224
Terninger i laboratoriet	355	*)	0,09	29	0,16	39	0,11	22	0,12	30
Klosser ved brua, ubehandlet	160	*)	0,12	79	0,12	73	0,15	69	0,13	74
Klosser ved brua, behandlet	160		0,06	116	0,07	177	0,09	81	0,08	125
			α	D_α	α	D_α	α	D_α		
Beregnet α og D_α med $\beta=0,20$			0,57	48	0,57	50	0,82	35		
Beregnet α og D_α med $\beta=0$			0,69	30	0,64	41	0,57	26		

*) Kun resultater fra ubehandlede prøvestykkene er benyttet ved beregningene av α og D_α

Tabell 2 Beregnede verdier for C_s og D , samt α og D_α /1,2/

I tillegg til C_s og D fra de enkelte kloridprofiler, er det i tabell 2 også vist beregnede verdier for α og D_α . Generelt vil den målte kloriddiffusjonskoeffisienten D minke med økende klorideksponeringstid, og α gir uttrykk for hvor raskt D minker. D_α tilsvarer diffusjonskoeffisienten D etter 1 års eksponeringstid. Ved estimering av fremtidig kloridinntrengning er det nødvendig å benytte en fast verdi for D , og da kan D_α benyttes, sammen med α . Beregningene av α og D_α er utført med KLO.EXE, og utskrifter av beregningene er vist i VEDLEGG 5. α og D_α er beskrevet i /1,2/. I tabellen er α og D_α nå kun tatt med som en indikasjon, i det de er beregnet på bakgrunn av kloridprofilene fra både klosser og terninger innenfor hver av temperaturkategoriene. Senere, når det foreligger kloridprofiler ved lengre eksponeringstider, skal slike beregninger av α og D_α utføres for hvert enkelt prøvestykke.

I innledningen er det nevnt at tidligere forsøk indikerer at høy maksimal herdetemperatur ikke

entydig er ugunstig for betongens senere motstand mot kloridinntrengning. Resultatene fra de tidlige forsøkene tyder nemlig på at høyere maksimal herdetemperatur gir relativt høyere D og lavere C_s for kloridprofilene fra en gitt eksponeringstid. Prøvestykker med lavere maksimal herdetemperatur vil tilsvarende få kloridprofiler med relativt lavere D og høyere C_s . For vurdering av hvilket kloridnivå som opptrer i en viss dybde (les: ved armeringen) etter en viss tid (les: levetiden) vil både høy D og høy C_s være ugunstig, og dermed gir både høy og lav maksimal herdetemperatur fordeler og ulemper.

3.2 Hypoteser

På bakgrunn av det ovenstående er det utformet to hypoteser som resultatene i denne undersøkelsen skal prøves mot:

Hypotese 1 :

Høy maksimal herdetemperatur gir relativt høyere D og lavere C_s enn lav maksimal herdetemperatur med samme eksponeringstid.

Hypotese 2 :

For en gitt konstruksjon med gitt armeringsoverdekning og gitt kritisk kloridnivå, vil hypotese 1 medføre at den maksimale herdetemperatur har redusert betydning for hvor lang tid det går før evt. armeringskorrosjon er mulig.

I fortsettelsen av dette prosjektet vil hypotese 1 lett kunne etterprøves ved å vurdere C_s og D fra de enkelte kloridprofiler ved samme eksponeringstid, i forhold til maksimal herdetemperatur.

En første, foreløpig vurdering av resultatene kan gjøres i mot hypotese 1. Fra tabell 2 er det plukket ut de resultatene som understøtter hypotese 1, og dette er vist i tabell 3.

Maksimal herdetemperatur :			85°		50°		20°			
	Eksp. døgn		C_s	D	C_s	D	C_s	D		
Terninger i lab.	28		0,10	198	0,14	202	0,09	272		
Terninger i lab.	355		0,09	29	0,16	39	0,11	22		
Klosser ved brua, ubehandlet	160		0,12	79	0,12	73	0,15	69		
Klosser ved brua, behandlet	160		0,06	116	0,07	177	0,09	81		
Beregnet α og D_α med $\beta=0,20$										
Beregnet α og D_α med $\beta=0$										

Tabell 3 Utvalgte profiler hvor C_s og D passer med hypotese 1

Resultatene som ikke passer med hypotese 1 er i tabell 3 skrevet svakere. Det omfatter alle resultatene fra 28 døgns eksponering på terningene i laboratoriet, og det er greit å godta, idet kloridprofilene med lenger eksponeringstid veier tyngre. Det er også nødvendig å se bort fra kloridprofilet fra 355 døgns eksponering på terningen med 50°C maksimal herdetemperatur. Denne terningens temperaturhistorie er spesiell, siden hele temperaturhevingen fra 20° til 50° C ble gjort kunstig hele 24 timer etter blanding. Kanskje det også senere vil være riktig å se bort fra kloridprofilene fra denne terningen?

Resultatene i tabell 3 underbygger i hovedsak hypotese 1.

Hypotese 2 er mer komplisert å vurdere, og den kan ikke etterprøves skikkelig før prosjektet har kloridprofiler fra lang nok eksponeringstid til å ha funnet pålitelige verdier for α . Likeledes vil vurderingen av resultatene i forhold til hypotese 2 være avhengig av hvilken armeringsdybde som velges.

3.2 Konklusjon

Det er foreløpig for tidlig å trekke konklusjoner med basis i de kloridmålingene som fram til nå er tatt. Det vil bli tatt oppfølgende kloridmålinger på alle prøvestykkene, og om et par års tid kan målingene gi bedre grunnlag for vurderinger.

REFERANSER

1. Maage M., Helland S., Poulsen E., Vennesland Ø. and Carlsen J.E.:
"Service Life Prediction of Existing Concrete Structures Exposed to Marine Environment."
ACI Materials Journal, Vol. 93, No. 6, Nov.-Dec. 1996

 2. Maage M., Helland S. Carlsen J. E. "Chloride penetration into concrete with lightweight aggregates." Brite EuRam project BE96-3942,
CUR P.O.Box 420, NL- 2800 AK Gouda, The Netherlands, May 1999.
- Rapporten kan også lastes ned fra www.sintef.no/bygg/sement/elcon/

VEDLEGG 1

Klossene på Sykkylven:

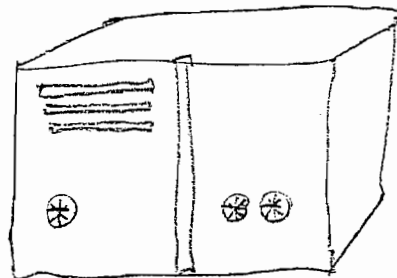
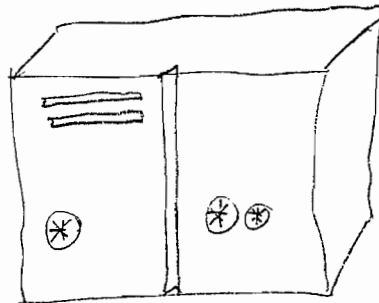
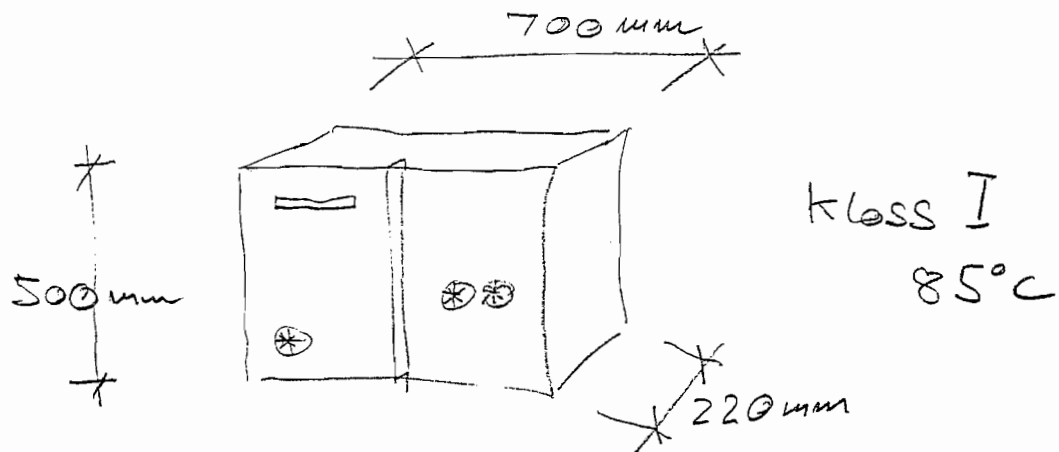
Skisse av klossene I, II og III

Beregnet temperaturhistorie til klossene de første 96 timer.

Registrerte temperaturer i klossene de første 16 timer.

Sykkyven Bru, Klosser

V1



Alle klossene har like mål

— || : Dette markerer 15mm slisser

⊗ Disse flater er behandlet med
Sika Conservad 44

⊗⊗ Disse flater, samt resten av klossene er
ubehandlet.

Selmer ASA

Betongteknologiavdelingen

-----d-----m-----år

Filnavn: SYKKYL85

Utskrift-dato: 09.03.2001

Oppdrag: Sykkylven, beregning for 85°C kloss III.

--S-----l-----m-----e-----r-----A-----S-----A-----

Temperaturutvikling i betong, forutsetninger : (M, 1x)

Resept (Q,a,t): ny

(Q_uend:362kJ/kg alfa:1.500 tau: 8.00)

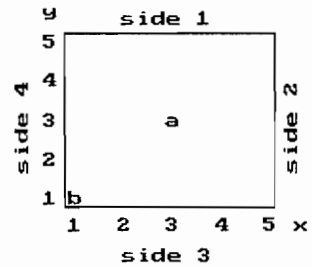
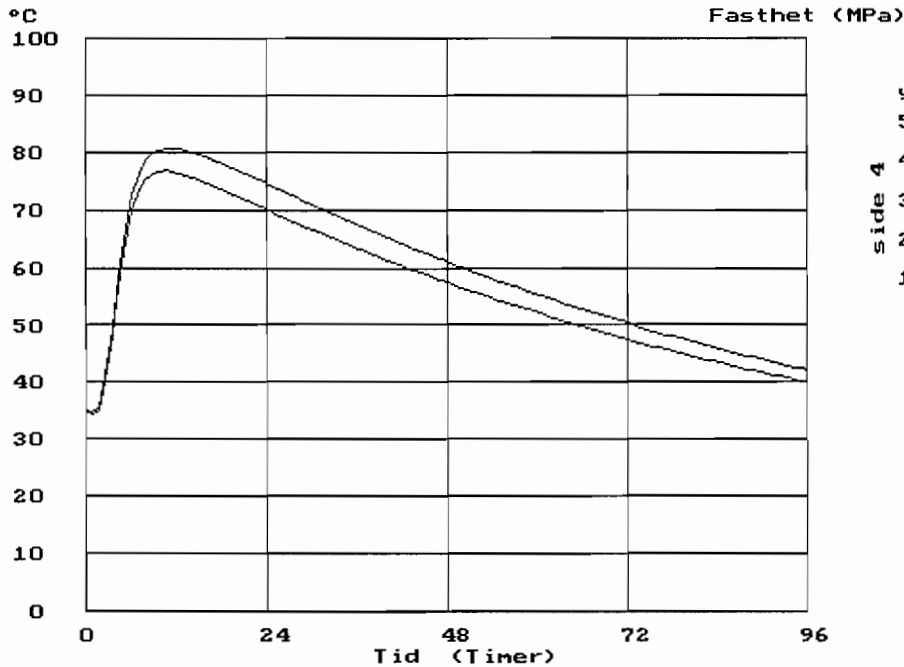
- sement+silika kg/m3 : 390.0
- P-innhold (0.00%) kg/m3 : 0.00 (retard= 0.0h)
- temp. v/ utstøping °C : 35.0

Tverrsnitt: Firkantet tverrsnitt, l*h : 0.70 0.22 m

O m g i v e l s e F o r s k a l i n g

nr.	Vind m/s	Temp °C	Lngd m	dim mm	Lambda W/mC	l/R W/m²C	T e k s t
1	0.0	15.0	0.70	50	0.040	0.70	50 mm Isopor
2	0.0	15.0	0.70	50	0.040	0.70	50 mm Isopor
3	0.0	15.0	0.70	50	0.040	0.70	50 mm Isopor
4	0.0	15.0	0.70	50	0.040	0.70	50 mm Isopor

Betong: k= 7.00kJ/hmC, eg.v.= 2400kg/m3, v.kap. c= 1.10kJ/kgC



Kurve for punkt nr:
 x y = tegn
 3 3 = a
 1 1 = b

Selmer ASA

Betongteknologiavdelingen

-----d--m---år

Filnavn: SYKKYL50

Utskrift-dato: 09.03.2001

Oppdrag: Sykkylven, beregning for 50°C kloss II.

--S-----l-----m-----e-----r-----A---S---A--

Temperaturutvikling i betong, forutsetninger : (M, 1x)

Resept (Q,a,t): ny

(Q_uend:314kJ/kg alfa:2.000 tau: 6.00)

- sement+silika kg/m3 : 390.0
- P-innhold (0.00%) kg/m3 : 0.00 (retard= 0.0h)
- temp. v/ utstøping °C : 12.0

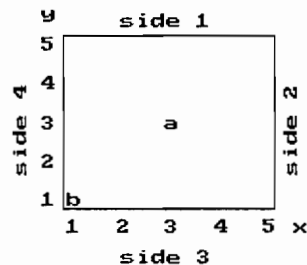
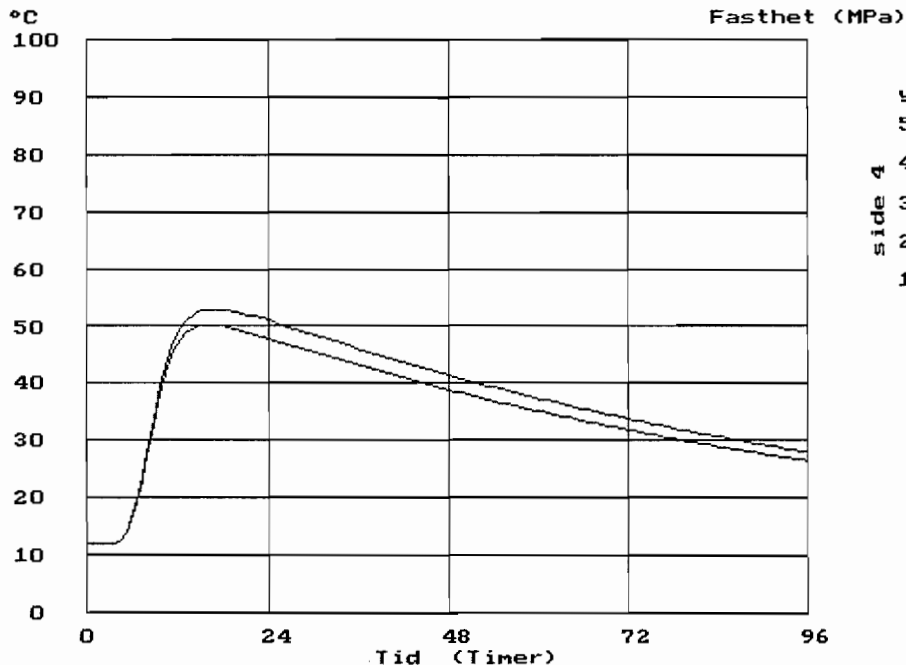
Tverrsnitt: Firkantet tverrsnitt, l*h : 0.70 0.22 m

Omgivelse F o r s k a l i n g

Side Vind Temp Lngd dim Lambda l/R T e k s t

nr.	m/s	°C	m	mm	W/mC	W/m ² C	T e k s t
1	1.0	10.0	0.70	50	0.040	0.74	50 mm Isopor
2	1.0	10.0	0.22	50	0.040	0.74	50 mm Isopor
3	1.0	10.0	0.22	50	0.040	0.74	50 mm Isopor
4	1.0	10.0	0.22	50	0.040	0.74	50 mm Isopor

Betong: k= 7.00kJ/hmC, eg.v.= 2400kg/m3, v.kap. c= 1.10kJ/kgC



Kurve for punkt nr:
 x y = tegn
 3 3 = a
 1 1 = b

Selmer ASA

Betongteknologiavdelingen

Filnavn: SYKKYL20

Utskrift-dato: 08.03.2001

Oppdrag: Sykkylven, beregning for 20°C kloss III.

--S-----e-----l-----m-----e-----r-----A-----S-----A--

Temperaturutvikling i betong, forutsetninger : (M, 1x)

Resept (Q,a,t): C55 MA

(Q_uend:314kJ/kg alfa:1.501 tau:16.17)

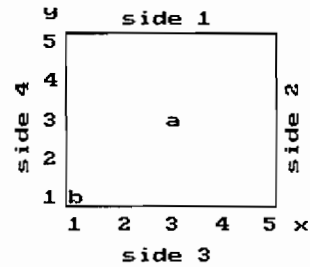
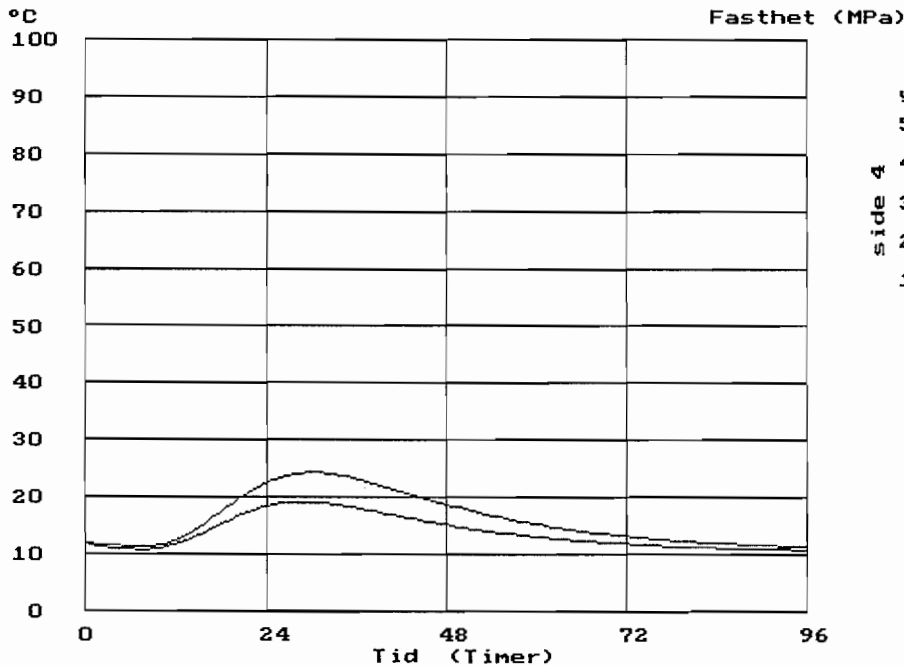
- sement+silika kg/m3 : 390.0
- P-innhold (0.00%) kg/m3 : 0.00 (retard= 0.0h)
- temp. v/ utstøping °C : 12.0

Tverrsnitt: Firkantet tverrsnitt, l*h : 0.70 0.22 m

Omgivelse F o r s k a l i n g

Side nr.	Vind m/s	Temp °C	Lngd m	dim mm	Lambda W/mC	1/R W/m²C	T e k s t
1	3.0	10.0	0.70	15	0.130	5.77	Forskaling: Finér 15 mm
2	3.0	10.0	0.70	15	0.130	5.77	Forskaling: Finér 15 mm
3	3.0	10.0	0.70	15	0.130	5.77	Forskaling: Finér 15 mm
4	3.0	10.0	0.70	15	0.130	5.77	Forskaling: Finér 15 mm

Betong: k= 7.00kJ/hmC, eg.v.= 2400kg/m3, v.kap. c= 1.10kJ/kgC

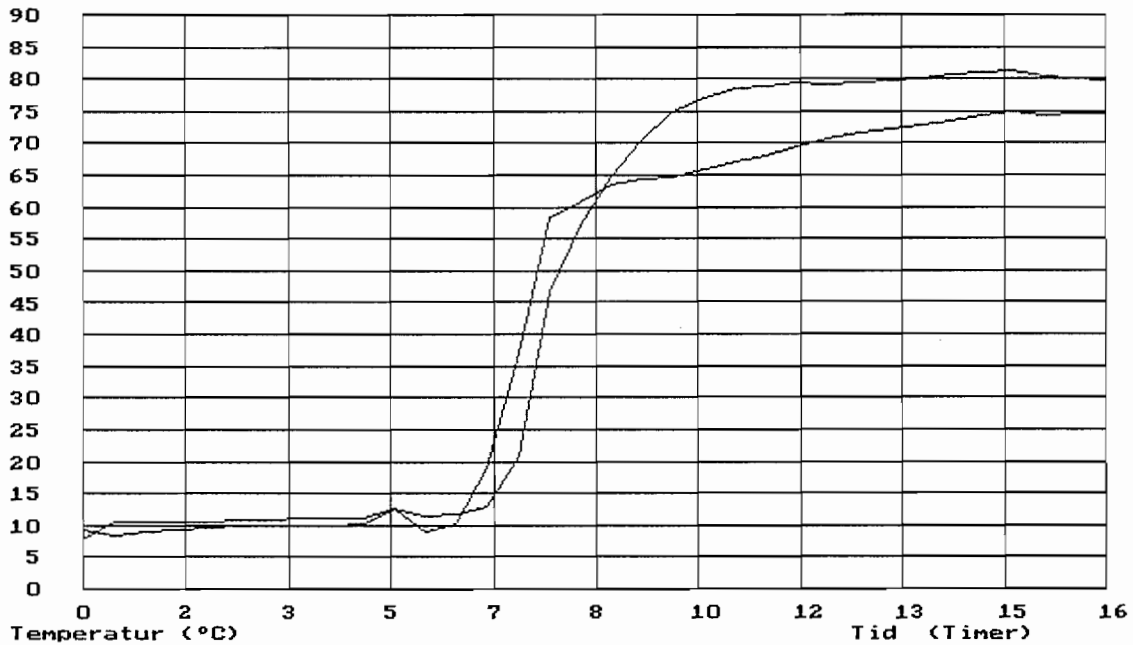


Kurve for punkt nr:
 x y = tegn
 3 3 = a
 1 1 = b

Temperaturutvikling (°C) for kanal nr :

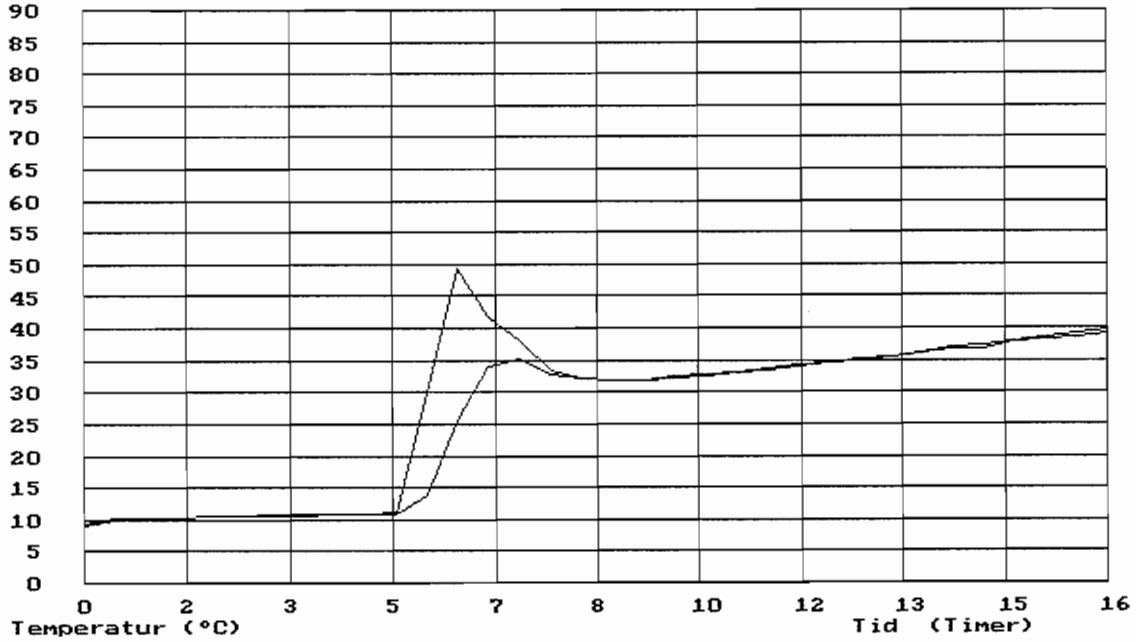
5: Kloss 85°C, Kasse 1, i midten

6: Kloss 85°C, Kasse 1, ved kant



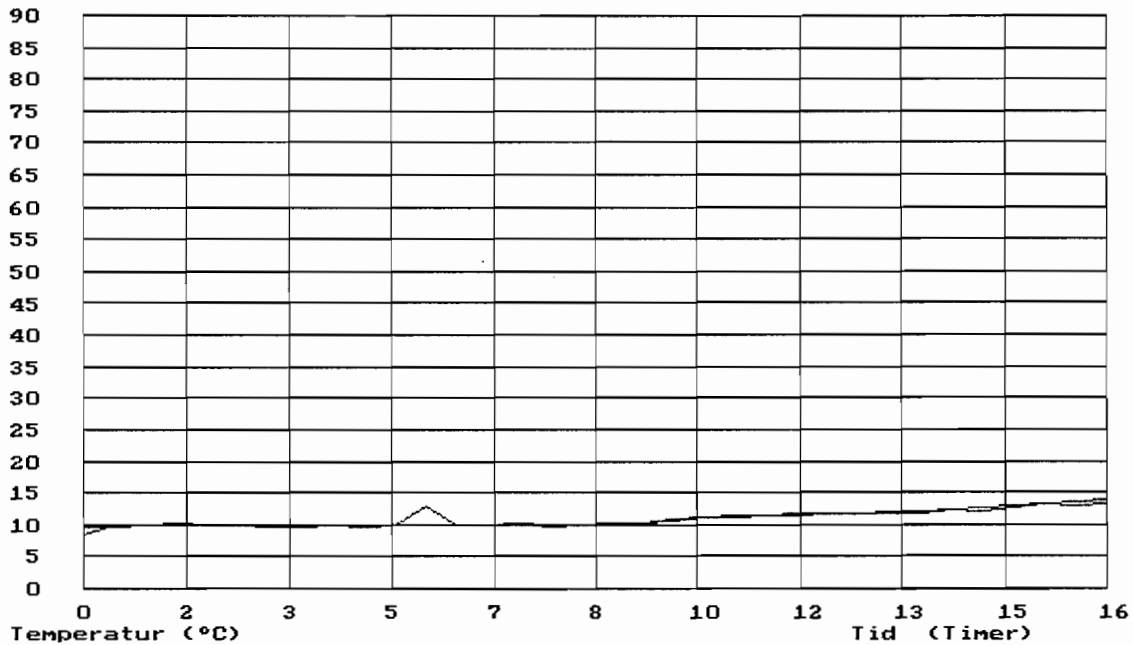
Temperaturutvikling (°C) for kanal nr :

- 3: Kloss 50°C, Kasse 2, i midten
- 4: Kloss 50°C, Kasse 2, ved kant



Temperaturutvikling (°C) for kanal nr :

- 1: Kloss 20°C, Kasse 3, i midten
- 2: Kloss 20°C, Kasse 3, ved kant



VEDLEGG 2

Terningene på laboratoriet:

Terningenes herdetemperaturer.

(Betongens isoterme varmeutvikling)

Selmer ASA

Betongteknologiavdelingen

Filnavn: SYKKYLV3

Utskrift-dato: 07.03.2001

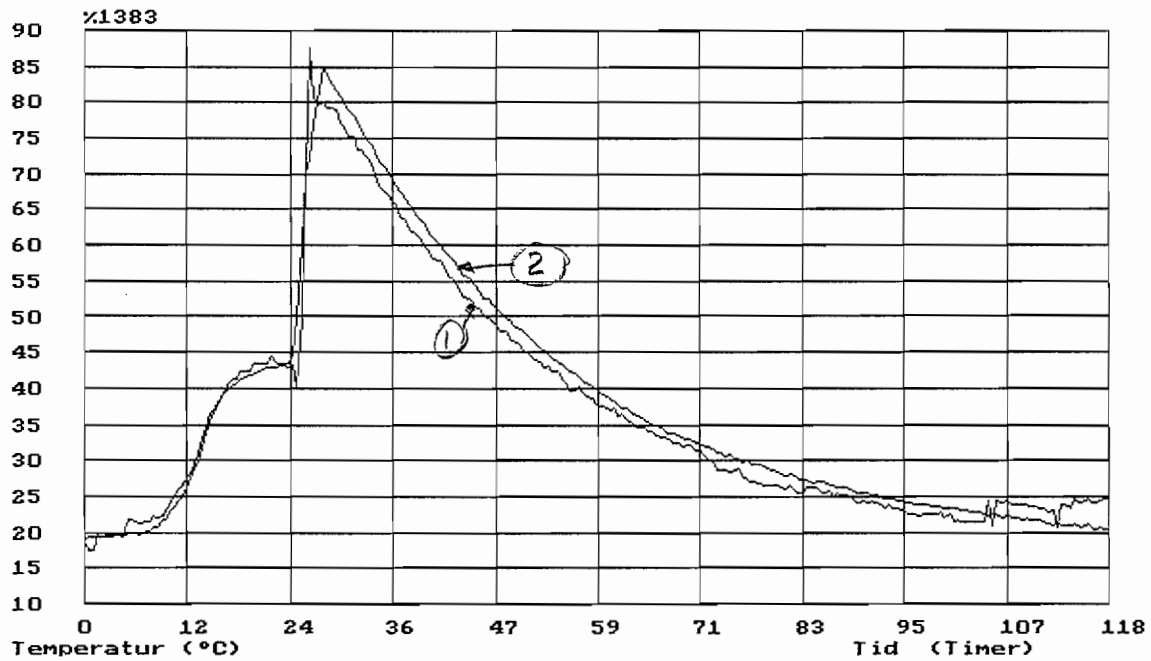
Oppdrag: SVV, Bet.konstr. livsløp, Lab.prøver Sykkulven bru

2100,liten 8-kanaler

Temperaturutvikling (°C) for kanal nr :

1: Kasse for styring av 80° herdekar

2: Herdekar 80°C



Selmer ASA

Betongteknologiavdelingen

Filnavn: SYKKYLV3

Utskrift-dato: 07.03.2001

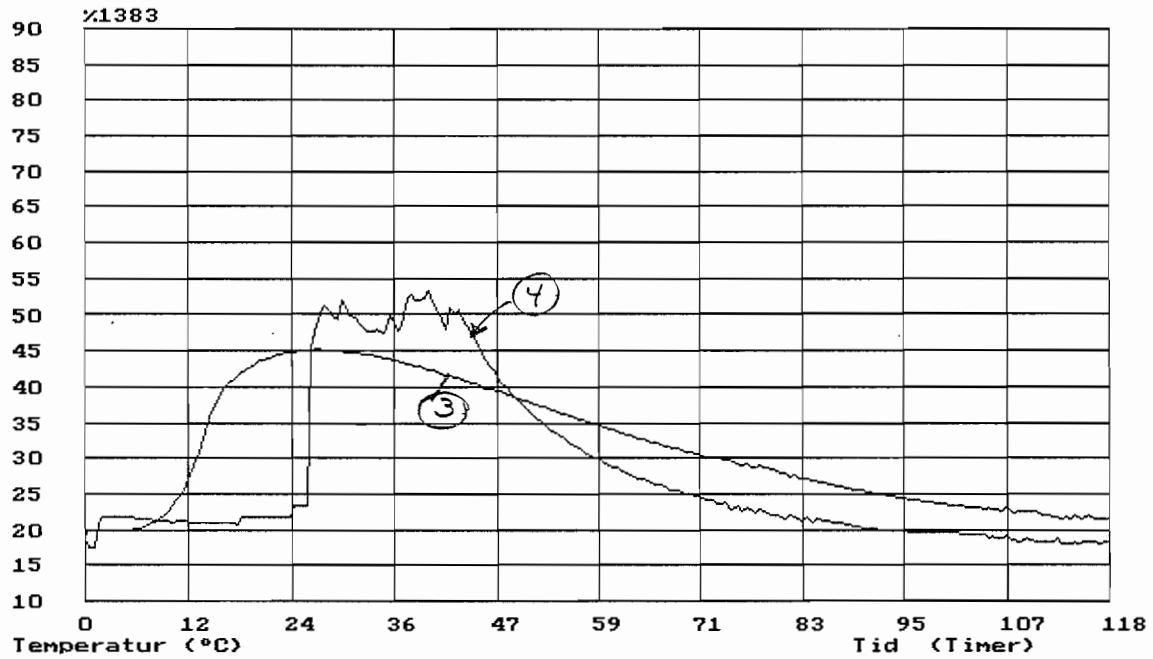
Oppdrag: SVV, Bet.konstr. livsløp, Lab.prøver Sykkulven bru

2100,liten 8-kanaler

Temperaturutvikling (°C) for kanal nr :

3: Kasse for styring av 50° herdekar

4: Herdekar 50°C



Selmer ASA

Betongteknologiavdelingen

-----d--m---år

Filnavn: SYKKYLV3

Utskrift-dato: 07.03.2001

Oppdrag: SVV, Bet.konstr. livsløp, Lab.prøver Sykkulven bru

2100,liten 8-kanaler

Isoterm varmeutvikling for kanal nr.:

3 : Kasse for styring av 50° herdekar

(Hast.funk: A=26000, B=1300)

KurvePunktSett for kanal nr:

(a:avkjøl.tall S:sem+si/m3)

k.nr.3

a: 0.0305

S/m3: 390

Dens:2450

Quend:315

alfa:1.50

tau: 16.6

tid0: 0.0

Tid Q

1.0 0

7.4 10

8.8 20

10.7 40

13.2 80

15.5 120

19.5 160

28 200

42 240

66 280

1000 314

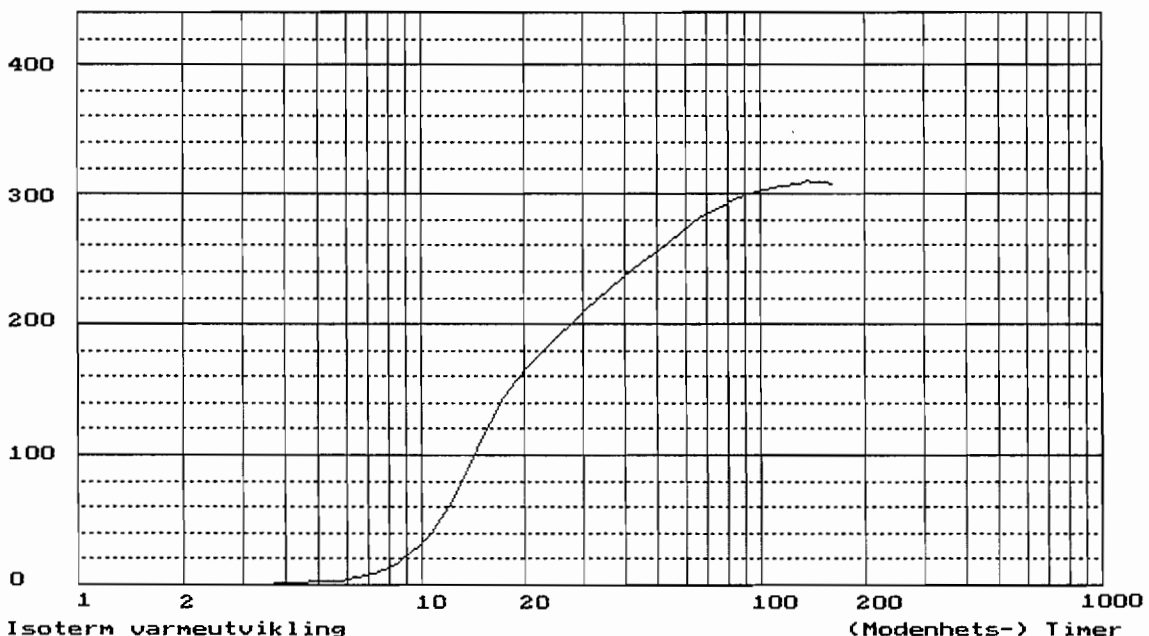
Avbindingstid, basert på økning 12,5 kJ/kgSement fra trend:

8.6

Retardasjon, basert på 40% av 168 M.h.timers varmeutvikling:

0

kJ/kg



VEDLEGG 3

Klossene på Sykkylven :

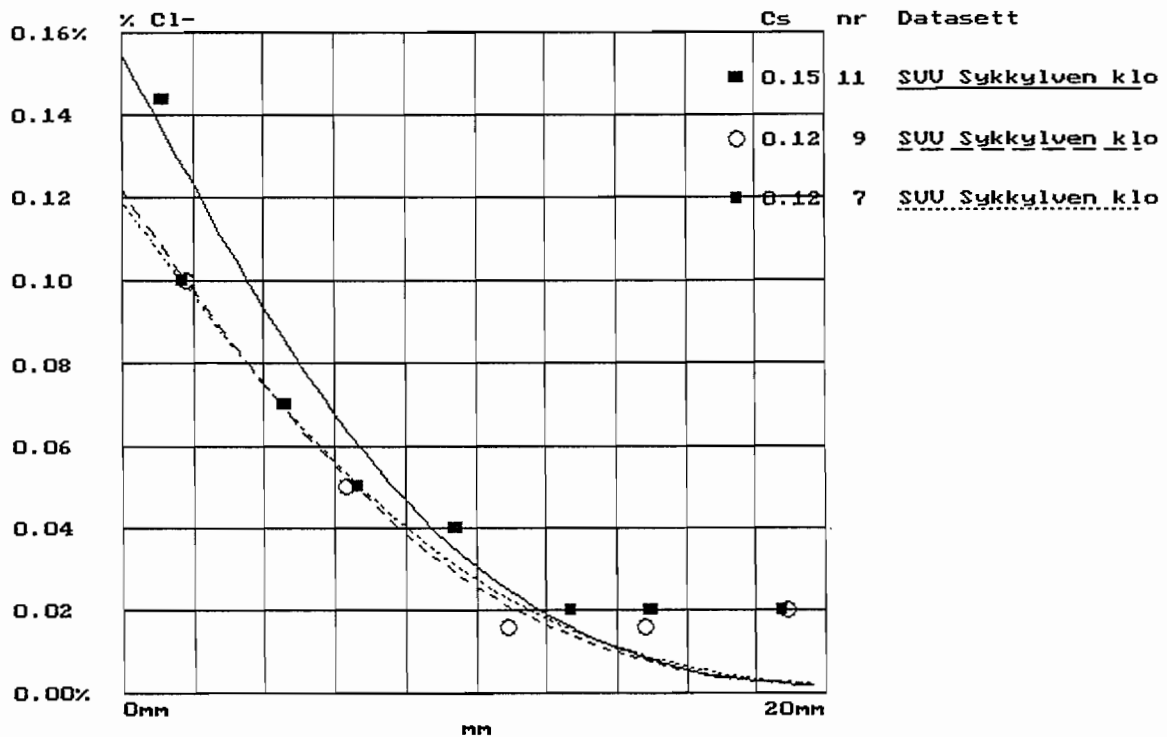
Kloridprofiler

Flere datasett på samme figur:

nr	Datasett	dager	% Alder	Cs	mm ² /år
7	SVV Sykkylven kloss I 85° u/	160	0.12	0.12	79
9	SVV Sykkylven klossII 50° u/	160	0.12	0.12	73
11	SVV Sykkylven klo.III 20° u/	160	0.15	0.15	69

Datasett ovenfor er sortert etter nr.

Datasett nedenfor er sortert etter Cs :

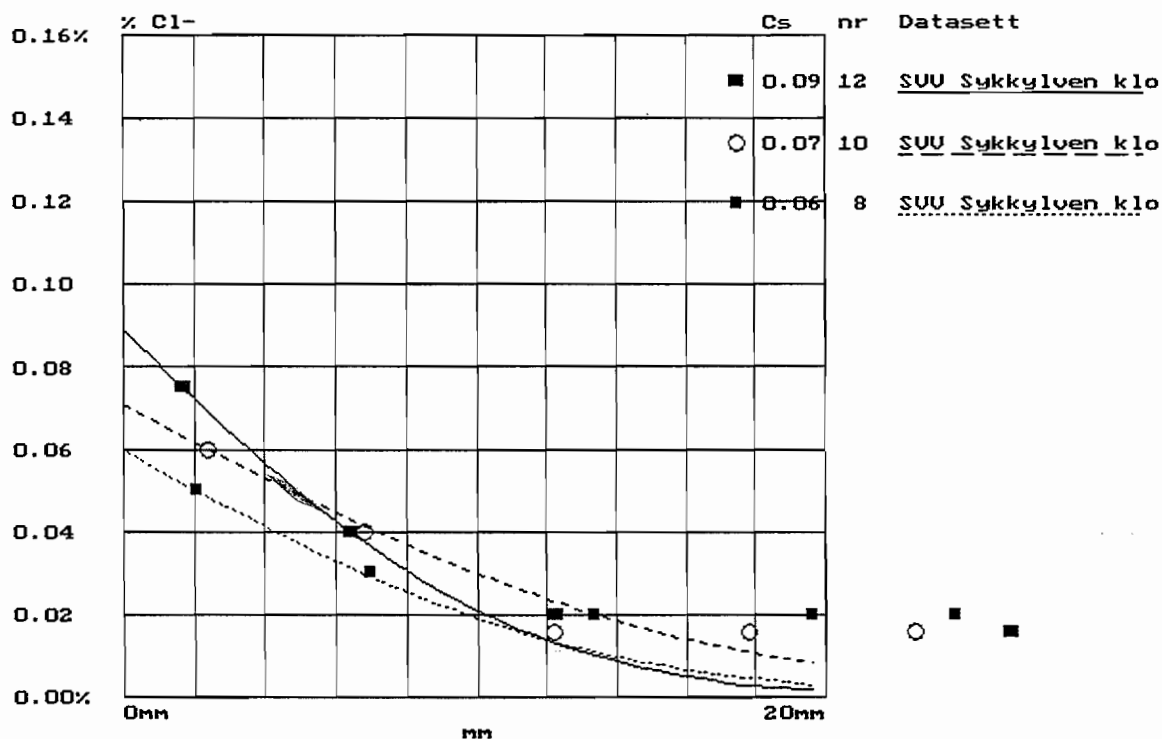


Flere datasett på samme figur:

nr Datasett	dager Alder	%	Cs	mm ² /
				år D
8 SVV Sykkylven kloss I 85° med conservado, 160d	160	0.06	116	*. **
10 SVV Sykkylven klossII 50° med conservado, 160d	160	0.07	177	
12 SVV Sykkylven klo.III 20° med conservado, 160d	160	0.09	81	

Datasett ovenfor er sortert etter nr.

Datasett nedenfor er sortert etter Cs :

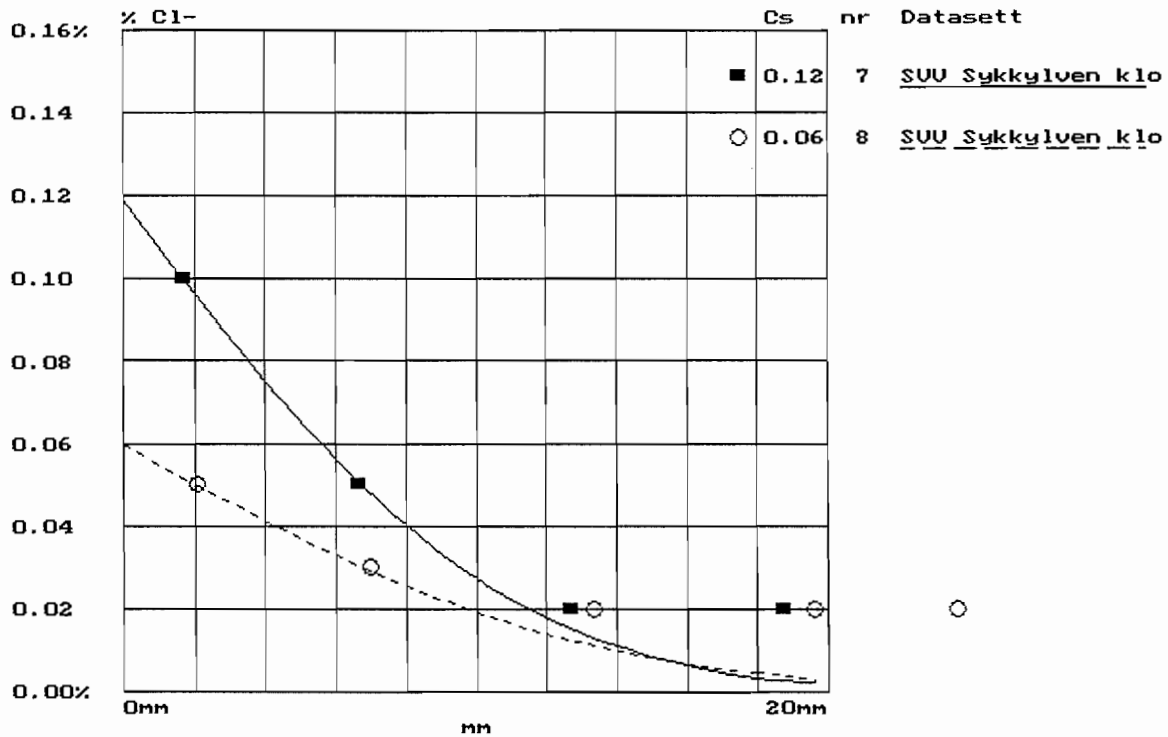


Flere datasett på samme figur:

nr Datasett	dager	% Cs	mm ² /år
7 SVV Sykkylven kloss I 85° u/ conservado, 160d	160	0.12	79
8 SVV Sykkylven kloss I 85° med conservado, 160d	160	0.06	116

Datasett ovenfor er sortert etter nr.

Datasett nedenfor er sortert etter Cs :

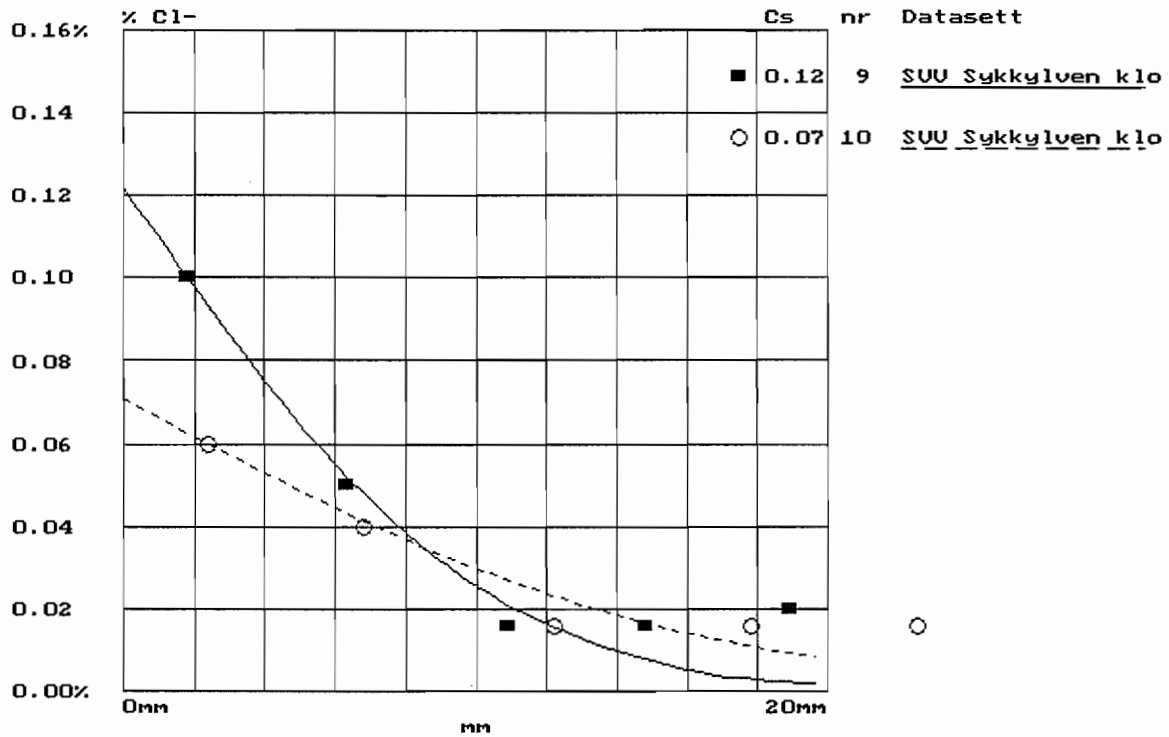


Flere datasett på samme figur:

nr Datasett	dager	% Alder	Cs	mm2/år	D
9	160	0.12	73		
10	160	0.07	177		

Datasett ovenfor er sortert etter nr.

Datasett nedenfor er sortert etter Cs :

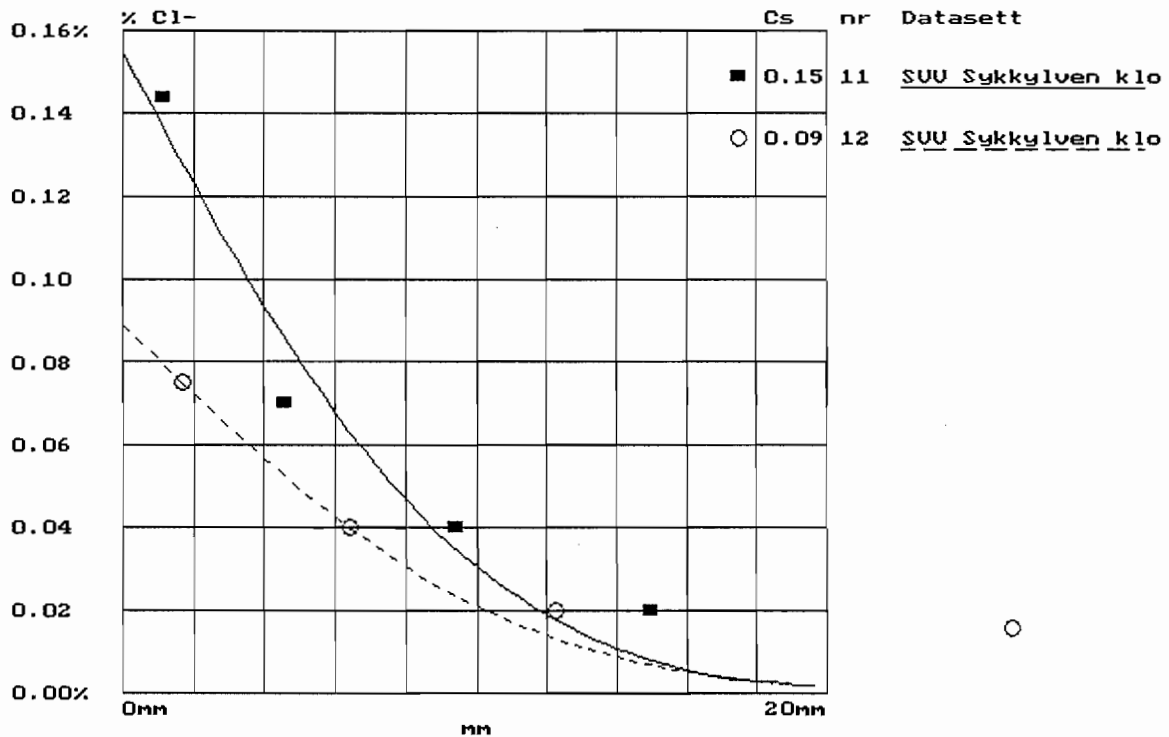


Flere datasett på samme figur:

nr Datasett	dager	% Cs	mm ² /år
11 SVV Sykkylven klo.III 20° u/ conservado, 160d	160	0.15	69
12 SVV Sykkylven klo.III 20° med conservado, 160d	160	0.09	81

Datasett ovenfor er sortert etter nr.

Datasett nedenfor er sortert etter Cs :



VEDLEGG 4

Terningene på laboratoriet :

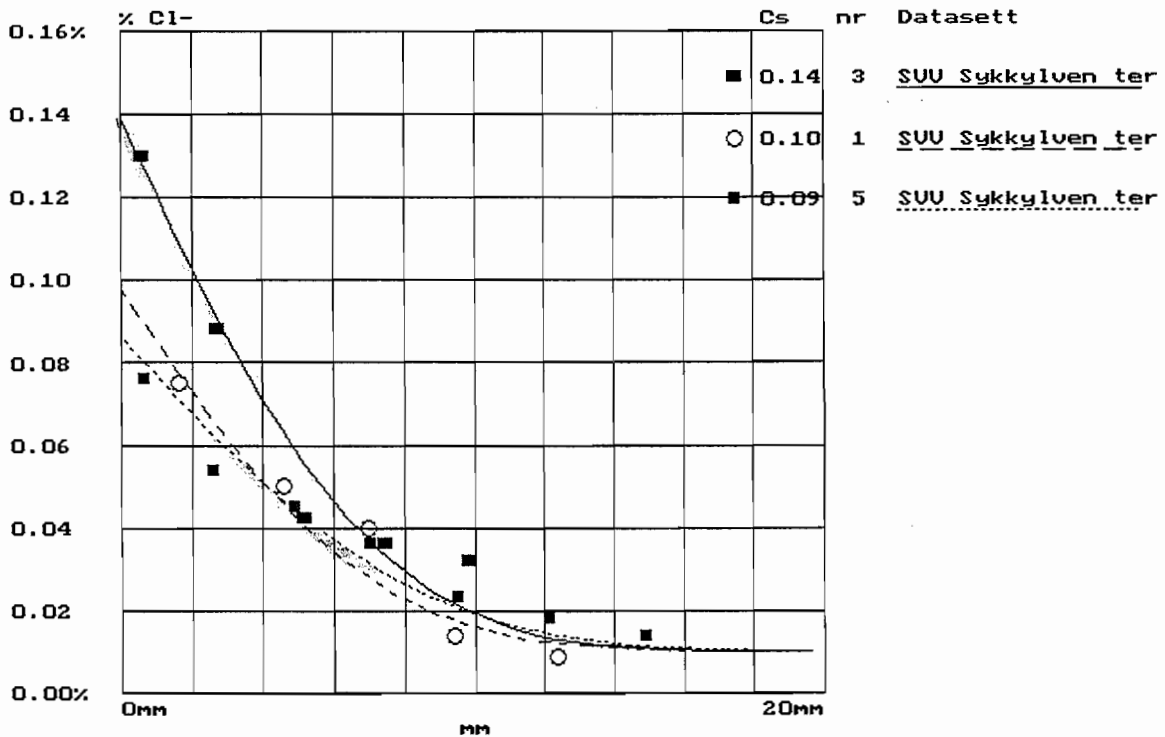
Kloridprofiler

Flere datasett på samme figur:

nr Datasett	dager	Alder	%	Cs	D	mm ² /
						år
1 SVV Sykkylven terning 85°C,	28d		28	0.10	198	
3 SVV Sykkylven terning 50°C,	28d		28	0.14	202	
5 SVV Sykkylven terning 20°C,	28d		28	0.09	272	

Datasett ovenfor er sortert etter nr.

Datasett nedenfor er sortert etter Cs :

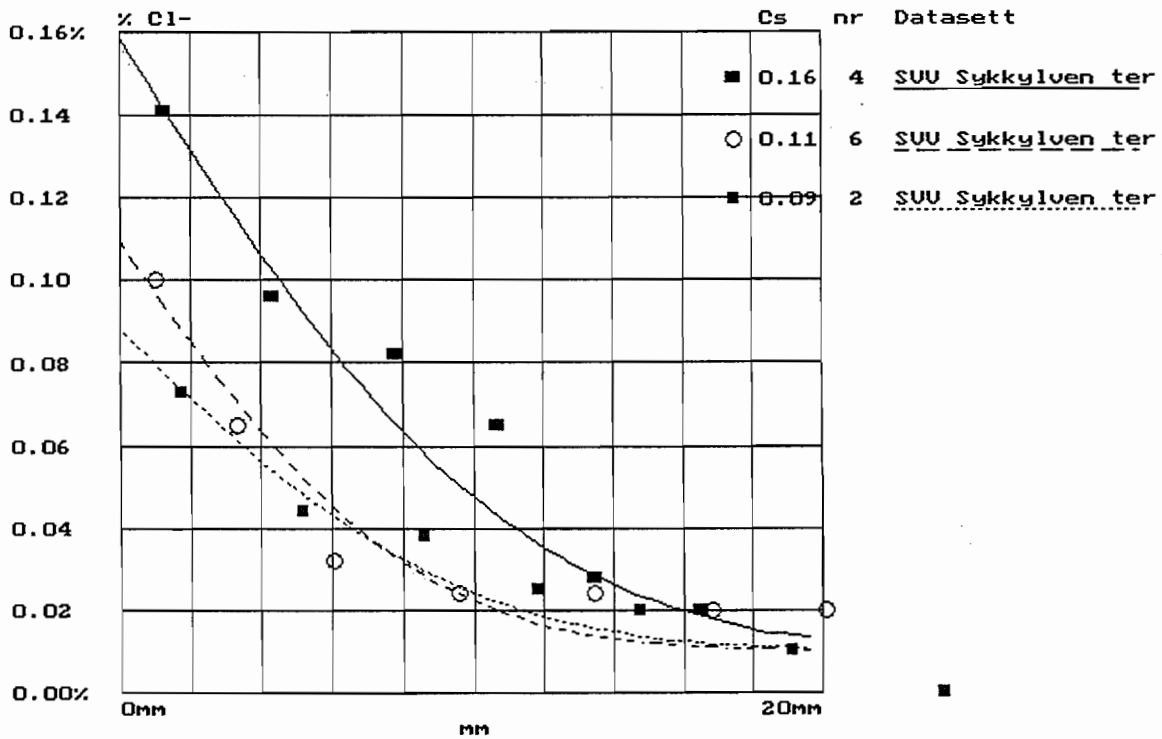


Flere datasett på samme figur:

nr Datasett		dager	%	mm ² / år
		Alder	Cs	D
			*. **	
2	SVV Sykkylven terning 85°C,	355	0.09	29
4	SVV Sykkylven terning 50°C,	355	0.16	39
6	SVV Sykkylven terning 20°C,	355	0.11	22

Datasett ovenfor er sortert etter nr.

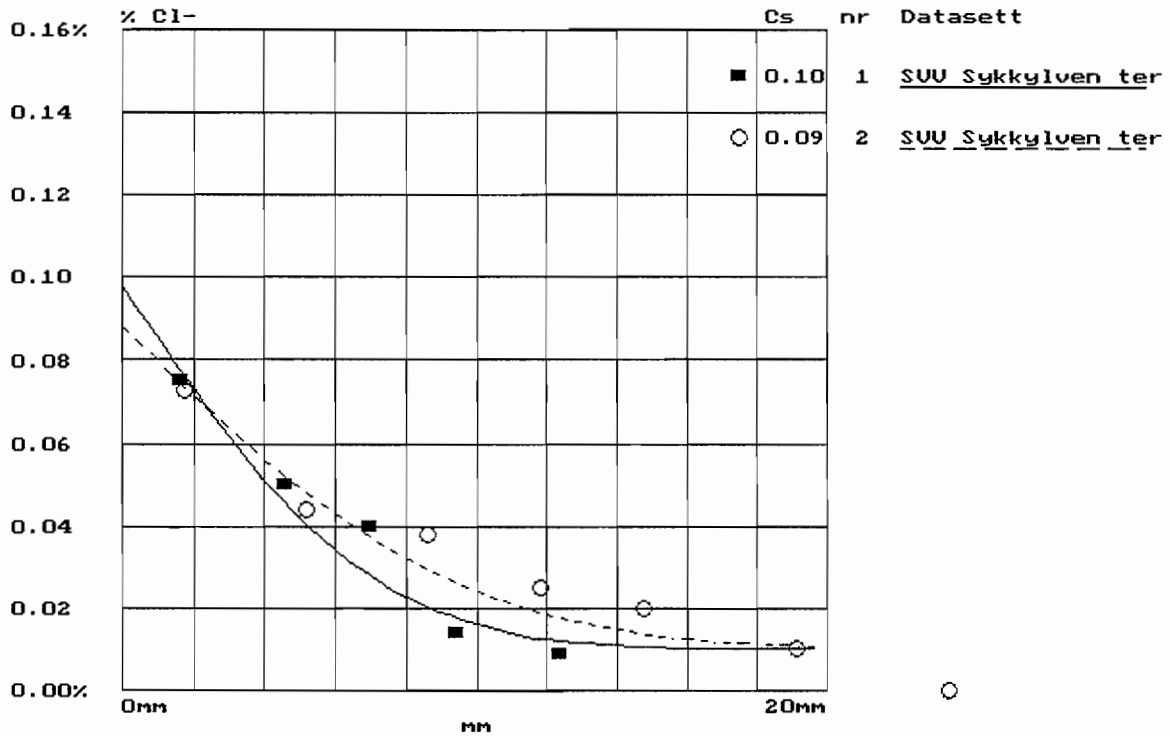
Datasett nedenfor er sortert etter Cs :



Flere datasett på samme figur:

nr Datasett	dager	Alder	mm ² /år	
			% Cs	D
1 SVV Sykkylven terning 85°C, 28d	28	0.10	198	
2 SVV Sykkylven terning 85°C, 355d	355	0.09	29	

Datasett ovenfor er sortert etter nr.
Datasett nedenfor er sortert etter Cs :

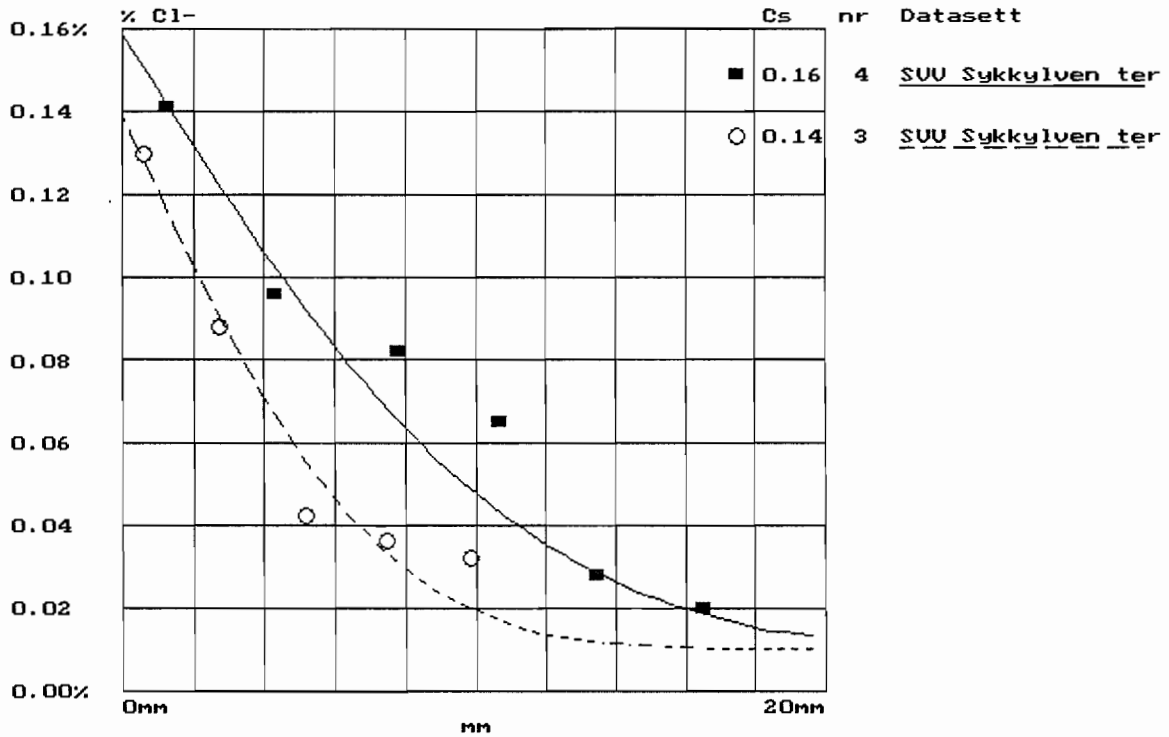


Flere datasett på samme figur:

nr Datasett	dager	%	mm ² /	
			Alder	D
3 SVV Sykkylven terning 50°C, 28d	28	0.14	202	
4 SVV Sykkylven terning 50°C, 355d	355	0.16	39	

Datasett ovenfor er sortert etter nr.

Datasett nedenfor er sortert etter Cs :

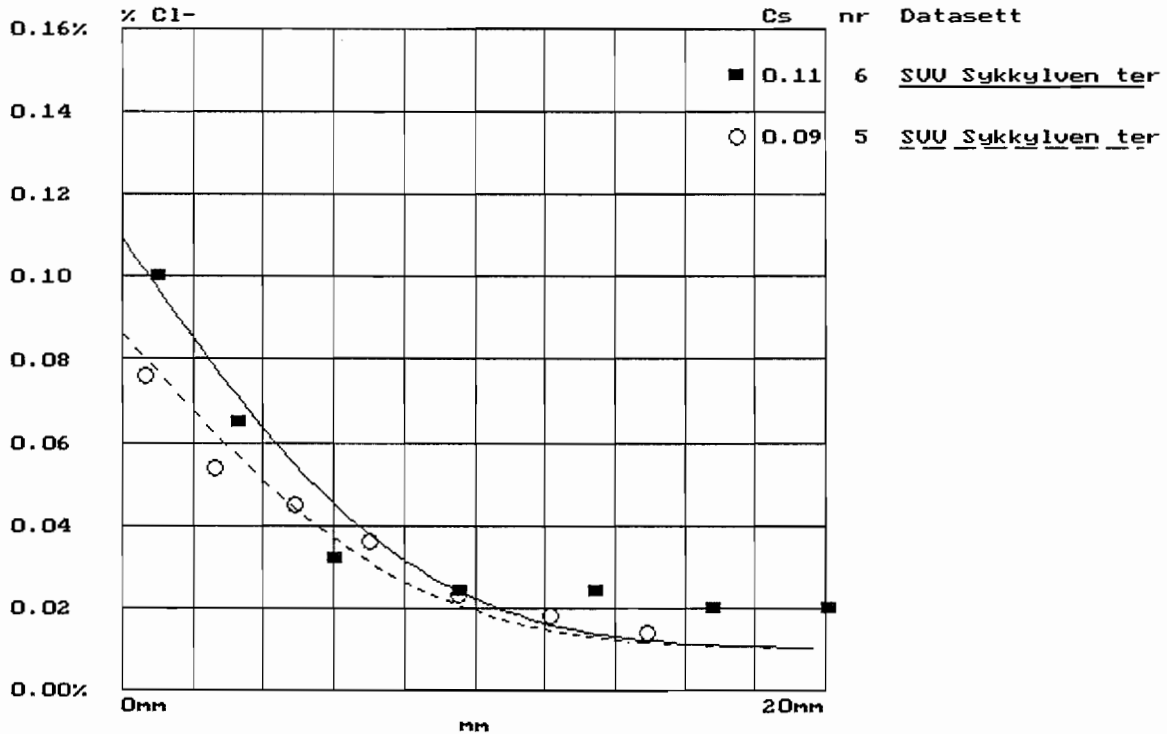


Flere datasett på samme figur:

nr Datasett	dager	% Cs	mm ² / år D
5 SVV Sykkylven terning 20°C, 28d	28	0.09	272
6 SVV Sykkylven terning 20°C, 355d	355	0.11	22

Datasett ovenfor er sortert etter nr.

Datasett nedenfor er sortert etter Cs :



VEDLEGG 5

Klossene på Sykkylven og
terningene på laboratoriet :

Data for kloridprofiler

Beregning av α og D_α

OVERSIKT OVER DATASETTENE.

Kun 9 punkter er tatt med her.

Nr.	Datasettnavn	beta		Herde	max.	Ci	Eksp. dager	mm2/år	
		mm	mm	tid0	Cm			Cs	D
		%Cl	%Cl	%Cl	%Cl	%Cl	%Cl	%Cl	%Cl
1	SVV Sykkylven terning	85°C,		28d	:				
		0.00	28	0.08	0.01	28	0.10	198	
		1.6	4.6	7.0	9.4	12.4			
		0.08	0.05	0.04	0.01	0.01			
2	SVV Sykkylven terning	85°C,		355d	:				
		0.00	28	0.07	0.01	355	0.09	29	
		1.7	5.2	8.6	11.8	14.8	19.1	23.5	
		0.07	0.04	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	
3	SVV Sykkylven terning	50°C,		28d	:				
		0.00	28	0.13	0.01	28	0.14	202	
		0.6	2.7	5.2	7.4	9.9			
		0.13	0.09	0.04	0.04	0.03			
4	SVV Sykkylven terning	50°C,		355d	:				
		0.00	28	0.14	0.01	355	0.16	39	
		1.2	4.3	7.8	10.7	13.5	16.5		
		0.14	0.10	0.08	0.07	0.03	0.02		
5	SVV Sykkylven terning	20°C,		28d	:				
		0.00	28	0.08	0.01	28	0.09	272	
		0.7	2.6	4.9	7.0	9.5	12.2	15.0	
		0.08	0.05	0.05	0.04	0.02	0.02	0.01	
6	SVV Sykkylven terning	20°C,		355d	:				
		0.00	28	0.10	0.01	355	0.11	22	
		1.1	3.3	6.1	9.6	13.5	16.8	20.1	
		0.10	0.07	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	
7	SVV Sykkylven kloss I	85° u/		conservado,	160d	:			
		0.00	140	0.10	0.00	160	0.12	79	
		1.7	6.6	12.7	18.7				
		0.10	0.05	0.02	0.02				
8	SVV Sykkylven kloss I	85° med		conservado,	160d	:			
		0.00	140	0.05	0.00	160	0.06	116	
		2.1	7.0	13.4	19.6	23.7			
		0.05	0.03	0.02	0.02	0.02			
9	SVV Sykkylven klossII	50° u/		conservado,	160d	:			
		0.00	140	0.10	0.00	160	0.12	73	
		1.8	6.3	10.9	14.8	18.9			
		0.10	0.05	0.02	0.02	0.02			
10	SVV Sykkylven klossII	50° med		conservado,	160d	:			
		0.00	140	0.06	0.00	160	0.07	177	
		2.4	6.8	12.2	17.8	22.5			
		0.06	0.04	0.02	0.02	0.02			

Selmer ASA

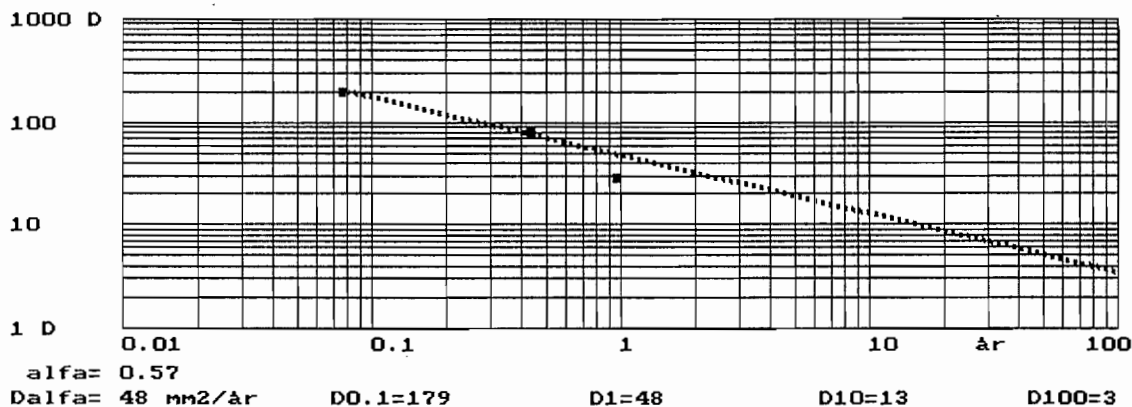
Betongteknologiavdelingen

-----d---m---år
Filnavn: SYKKYLV Utskrift-dato: 09.03.2001
Oppdrag: SVV "Livsløp", Sykkylven, bru/lab-prøver 20,50,85°C

tid0 : "herdetid"/ dager før klorideksponering
tid : antall dager med klorideksponering
beta: $(tid0/28)^{beta}$, for å kompensere for om tid0 <> 28d
alfa : $(tid)^{alfa}$ for å minimere Std.avvik for Dalfa
D : dif.ko.(mm²/år): uten hens. til beta og alfa, begge=0
Dalfa: dif.ko.: $(tid0/28)^{beta} \cdot tid^{alfa}$ (^ betyr:opphøyet)

Nr. Datasett		tid0	tid	D	Dalfa
1	SVV Sykkylven terning 85°C,	28d	28	198	47
2	SVV Sykkylven terning 85°C,	355d	28	29	29
7	SVV Sykkylven kloss I 85° u/ conse	140	160	79	69

Beregning: Gitt beta =0.20 beregnet alfa=0.57
Dalfa.middel=Dα=48 m/std.avvik=20 (=42%)



Selmer ASA

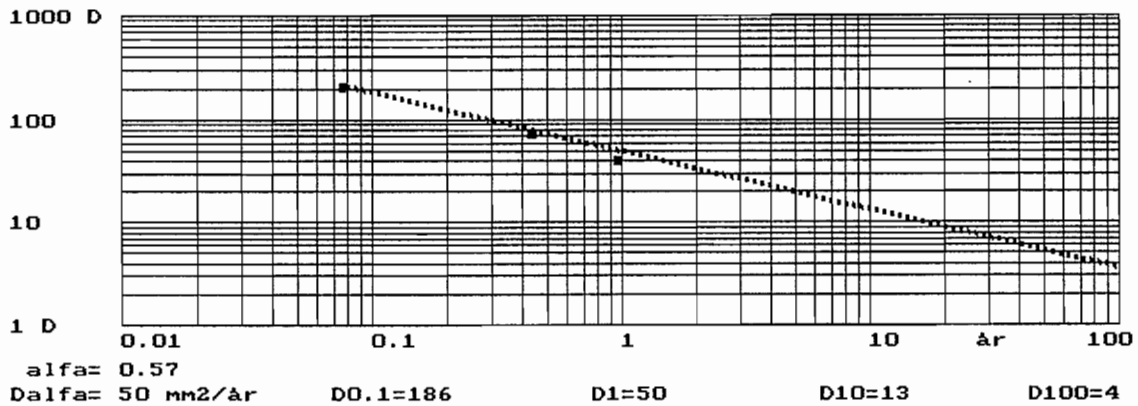
Betongteknologiavdelingen

-----d--m---år
Filnavn: SYKKYLV Utskrift-dato: 09.03.2001
Oppdrag: SVV "Livsløp", Sykkylven, bru/lab-prøver 20,50,85°C

tid0 : "herdetid"/ dager før klorideksponering
tid : antall dager med klorideksponering
betta: $(tid0/28)^{betta}$, for å kompensere for om tid0 <> 28d
alfa : $(tid)^{alfa}$ for å minimere Std.avvik for Dalfa
D : dif.ko.(mm²/år): uten hens. til betta og alfa, begge=0
Dalfa: dif.ko.: $(tid0/28)^{betta} \cdot tid^{alfa}$ (^ betyr:opphøyet)

Nr.	Datasett	tid0	tid	D	Dalfa
3	SVV Sykkylven terning 50°C, 28d	28	28	202	48
4	SVV Sykkylven terning 50°C, 355d	28	355	39	39
9	SVV Sykkylven klossII 50° u/ conse	140	160	73	64

Beregning: Gitt betta =0.20 beregnet alfa=0.57
Dalfa.middel=Dα=50 m/std.avvik=12 (=25%)



Selmer ASA

Betongteknologiavdelingen

-----d--m---år

Filnavn: SYKKYLV

Utskrift-dato: 09.03.2001

Oppdrag: SVV "Livsløp", Sykkylven, bru/lab-prøver 20,50,85°C

tid0 : "herdetid"/ dager før klorideksponering

tid : antall dager med klorideksponering

betta: $(tid0/28)^{betta}$, for å kompensere for om tid0 <> 28d

alfa : $(tid)^{alfa}$ for å minimere Std.avvik for Dalfa

D : dif.ko.(mm²/år): uten hens. til betta og alfa, begge=0

Dalfa: dif.ko.: $(tid0/28)^{betta} \cdot tid^{alfa}$ (^ betyr:opphøyet)

Nr. Datasett		tid0	tid	D	Dalfa
5	SVV Sykkylven terning 20°C, 28d	28	28	272	33
6	SVV Sykkylven terning 20°C, 355d	28	355	22	22
11	SVV Sykkylven klo.III 20° u/ conse	140	160	69	49

Beregning: Gitt betta =0.20 beregnet alfa=0.82
Dalfa.middel=Dα=35 m/std.avvik=14 (=39%)

