

OPPSUMMERING MEDLEMSMØTE/EKSKURSJON

Gruppe:	NB/NFB-Stavanger
Tema:	<p>Vanntette betongkonstruksjoner Prosjektering og utførelse av vanntette betongkonstruksjoner krever gode valg slik at de faktisk blir vanntette i brukstilstand. Vanntette betongkonstruksjoner kan være så mangt; alt fra svømmebassenger, damanlegg, senkekasser, bruksrom/kjeller med vanntrykk, vannbehandlingsanlegg, betongplattformer osv, osv.....</p> <p>Denne kvelden hadde vi utfordret Kjell Tore Fosså til å snakke litt rundt vanntetthet av betongkonstruksjoner fra et teoretisk ståsted, med bakgrunn i sine erfaringer med offshore-konstruksjoner. I tillegg holdt Maren Iren Kvia et innlegg om sine erfaringer med kvalitetssikring og utførelse av vanntette betongkonstruksjoner på det nye vannbehandlingsanlegget til Ivar på Langevatn.</p> <p>Kjempegøy med all time high deltagelse! Hva var årsaken til den høye deltagelsen? Tja, kanskje en kombinasjon av følgende faktorer: vi traff på temaet, fin ballanse rundt temaet med å gå fra det teoretiske til det praktiske i agendaen, vi var tidlig ute med annonseringen på nett og brukte Facebook aktivt.</p>
Dato/Tid:	20. februar 2018
Sted:	Kanalsletta 4, Forus, Stavanger
Foredragsholder(e):	<ol style="list-style-type: none"> 1) Kjell Tore Fosså - Manager Concrete Technology / Proff II, Kvaerner 2) Maren Iren Kvia – QA koordinator/kontrollleder, Kruse Smith Entreprenør
Antall deltagere:	60 + 2 foredragsholdere = 62
Referat:	<p>Gjennomføring av det åpne møtet ble gjort etter følgende regi:</p> <p>Kl. 15:00 – 15:15 Matbit og drøs Kl. 15:15 – 15:25 Innledning v/Kristin Eikemo Kl. 15:25 – 16:00 Vanntetthet av betongkonstruksjoner fra et teoretisk ståsted v/Kjell Tore Fosså Kl. 16:00 - 16:15 Pause Kl. 16:15 – 16:50 Kvalitetssikring og utførelse av vanntette betongkonstruksjoner på Langevatn v/Maren Iren Kvia</p> <p>Se vedlagte presentasjoner</p>

Utfyllt av:
Kristin Eikemo

Dato:
25.02.2018

Norsk Betongforening

Åpent faglig møte i Stavanger

Kanalsletta 4 20.02.2018 - 20.02.2018

Deltaker

Navn	Fra	Sted
Ask Kjetil Hannisdal	Procon Rådgivende Ingeniører AS	STAVANGER
Askø Einar	Total Betong AS	BRYNE
Aspøy Sondre		STAVANGER
Birkeland Arne Mong	Procon Rådgivende Ingeniører AS	STAVANGER
Birkeland Torstein		SANDNES
Bjerkelo Harald	Kruse Smith Entreprenør AS	STAVANGER
Edland Rune	Sola Betong AS	TANANGER
Eiane Jon Halvar	Dimensjon Rådgivning AS	STAVANGER
Eide Mari Bøhnsdalen	Kruse Smith Entreprenør AS	STAVANGER
Eikemo Kristin	Kruse Smith Entreprenør AS	STAVANGER
Finnesand Geir	Sandnes & Jærbetong AS	SANDNES
Firman Halvor		HAFRSFJORD
Fjeld Bernt	Sola kommune	SOLA
Førland Frode	Veidekke Entreprenør AS	KLEPP STASJON
Gabrielsen Arne	Boye og Waage & Co AS	STAVANGER
Gabrielsen Even	Kruse Smith Entreprenør AS	STAVANGER
Garea Manuel	Velde Betong AS	SANDNES
Gramstad Tor Magne	Jærentreprenør AS	VARHAUG
Gravdal Gerhard	Total Betong AS	BRYNE
Grindhagen Ole	Implenia Norge AS Region Vest	NESTTUN
Gusevik Sven Trond	Sandnes & Jærbetong AS	SANDNES
Halleland Robert	Kruse Smith Entreprenør AS	STAVANGER
Handeland Tor Helge	Block Berge Bygg AS	KLEPP STASJON
Helle Nils Magnar	Profinova AS	STAVANGER
Iversen Einar	Total Betong AS	SANDNES
Jenssen Dag Nikolai		STAVANGER
Knutsvik Jan Inge	Procon Rådgivende Ingeniører AS	STAVANGER

Norsk Betongforening

Konstantynowicz Sylwia	Backup Byggpersonell AS	STAVANGER
Koziel Andrzej	Østraadt Rør AS	SANDNES
Kristensen Lill Tove	Stavanger kommune	STAVANGER
Kvamme André	Østraadt Rør AS	SANDNES
Kverneland Trond	Norconsult AS	STAVANGER
Kvia Tor Magne	Sandnes & Jærbetong AS	SANDNES
Lerbrekk Oddgeir	Total Betong AS	BRYNE
Liland Geir Åge	Total Betong AS	BRYNE
Lunder Håvard	Core Technology AS	STAVANGER
Lundgård Glenn	Sola Betong AS	TANANGER
Moksnes Jan	Moksnes Jan Consulting	HAFRSFJORD
Mujica Hernaiz Hernan M.	Velde Betong AS	SANDNES
Nevland Stian	Total Betong AS	BRYNE
Nilsen Thomas	Procon Rådgivende Ingeniører AS	STAVANGER
Nordal Kjersti Ingeborg	Procon Rådgivende Ingeniører AS	STAVANGER
Pedersen Audun	Con-Form AS	HAFRSFJORD
Pilch-Brzozowska Maria Helena	Stiftelsen Kontrollrådet	OSLO
Sele Kjetil	VA-Tek AS	KLEPP STASJON
Sinnes Nils Aadne	Bjørn Hansen AS	SOLA
Skjæveland Trond	Sola Betong AS	TANANGER
Skrettingland Kenneth	Jærentreprenør AS	VARHAUG
Solberg Espen	SV Betong AS	SANDNES
Steira Joakim	SV Betong AS	SANDNES
Strand Terje	Kruse Smith Entreprenør AS	STAVANGER
Suleskard Jan Einar		KONGSBERG
Sundvor Morten	Sandnes & Jærbetong AS	SANDNES
Ueland Edvin	Jærentreprenør AS	VARHAUG
Wick Svein Ottar		HAFRSFJORD
Wiig Kjell	Block Berge Bygg AS	KLEPP STASJON
Woll Terje	Procon Rådgivende Ingeniører AS	STAVANGER
Øglend Arnfinn	Total Betong AS	BRYNE
Aarseth Martine	Kruse Smith Entreprenør AS	STAVANGER
Aass Simen	Kruse Smith Entreprenør AS	STAVANGER

Norsk Betongforening

Antall deltakere: 60

Foreleser

Navn	Fra	Sted
Fosså Kjell Tore	Kvæerner AS Lokasjon Stavanger	STAVANGER
Kvia Maren Iren	Kruse Smith Entreprenør AS	STAVANGER

Antall deltakere: 2

Total

Antall deltakere: 62

ÅPENT FAGLIG MØTE

Stavanger, 20. februar 2018

Vanntette betongkonstruksjoner

NB norsk
betongforening

Regional medlemsgruppe Stavanger



Program:

Kl. 15:00 – 15:30

Matbit og drøs

Kl. 15:30 – 16:20

Vanntetthet av betongkonstruksjoner fra et teoretisk ståsted

v/Kjell Tore Fosså - Manager Concrete Technology / Proff II, Kvaerner

Kl. 16:20 - 16:30

Kaffepause

Kl. 16:30 – 17:00

Kvalitetssikring og utførelse av vanntette betongkonstruksjoner på Langevatn

v/Maren Iren Kvia – QA koordinator/kontrollleder, Kruse Smith Entreprenør

- Meld inn kandidater til Betongtavla innen **31. mai 2018**
<http://www.betong.net/komiteer/betongtavlen/>
- NB Utviklingsfond deler ut kr. 300.000,- i 2018.
Søknadsfrist 21. mai 2018.
<http://www.betong.net/komiteer/nbs-utviklingsfond/>
- <http://www.betong.net/>

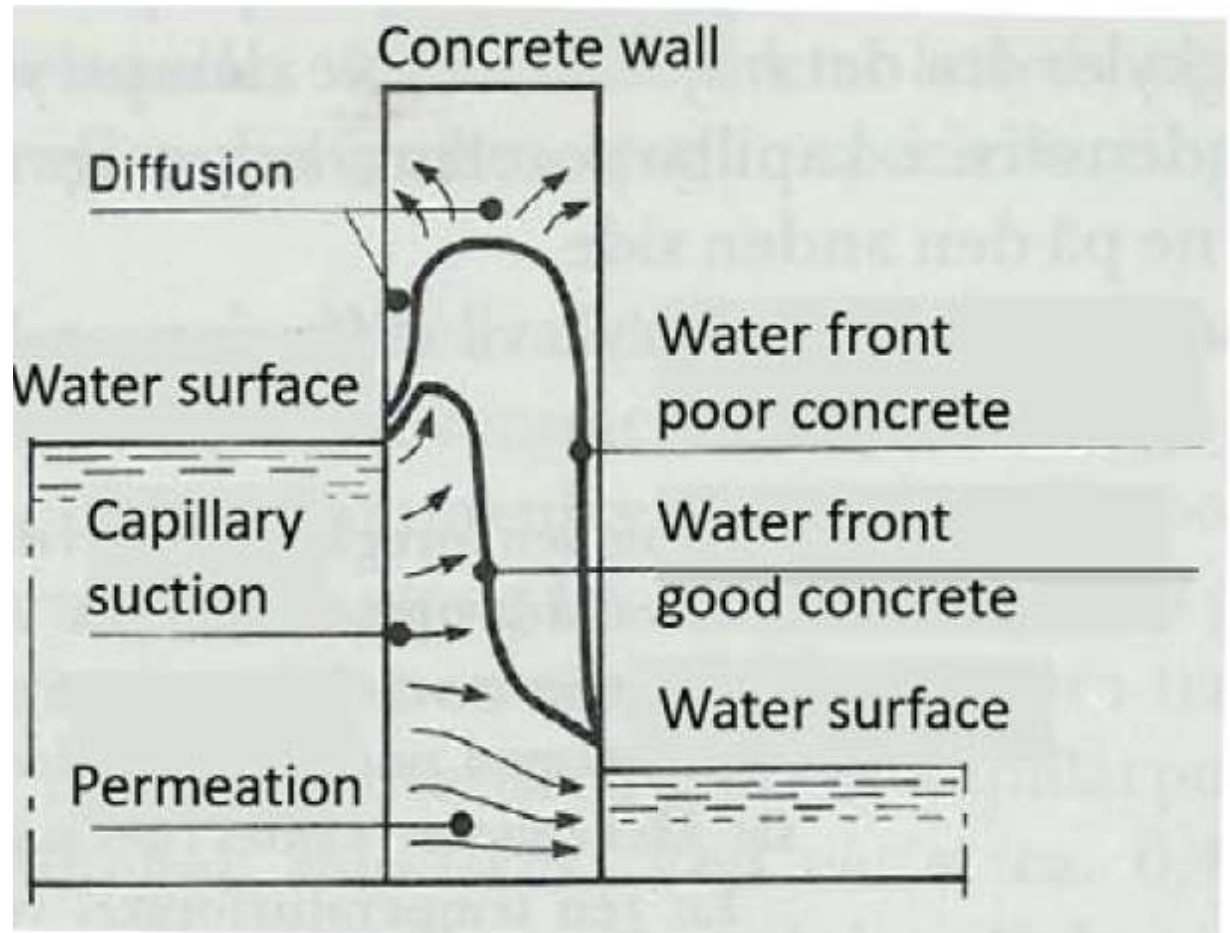
Vanntette betongkonstruksjoner

Kjell Tore Fosså

KVÆRNERTM

Hva er vanntett betong?

- > Vanntett betong betyr ingen vanngjennomgang???
- > Mekanismer:
 - > Diffusjon
 - > Kapillære krefter
 - > Vanntrykk



Krav til tetthet ihht Prosjektering av siloer/beholder

Definisjon av tetthetsklasser i henhold til NS-EN 1992-3 + NA

Tetthetsklasse	Funksjonskrav	Krav til rissviddebegrensning
0	Noe lekkasje kan aksepteres, eller vanntetthet er ikke relevant.	Forutsetter at rissviddene begrenses som angitt i NS-EN 1992-1-1 + NA, det vil si i samsvar med kravet for hver enkelt eksponeringsklasse.
1	Små lekkasjer kan aksepteres. Delvis nedfuktede overflater kan aksepteres.	Tillater gjennomgående riss, med beregnet rissvidde, w_{k1} , begrenset av forholdet mellom hydrostatisk trykk (antall meter vannsøyle), h_D , og tverrsnittstykkelsen, h , se fig. 22. Rissviddekravet er satt med en forventning om at rissene tettes ved naturlige utfellingseffekter etter kort tids eksponering for vann.
2	Minimale lekkasjer. Overflater skal framstå som tørre.	Tillater ikke gjennomgående riss (forårsaket av strekkspenninger i hele betongtverrsnittet i brukssituasjonen), og setter krav til minste trykksonehøyde.
3	Ingen form for lekkasje aksepteres.	Forutsetter bruk av spesielle tiltak, for eksempel spennarmering eller bruk av kontinuerlig, tett membran.

- Tetthetsklasse 1-3: Rissvidde w_{k1}
 - 0,2mm dersom forholdet $h_D/h \leq 5$
 - 0,05mm dersom $h_D/h \geq 35$
- Tetthetsklasse 2-3: Trykksone X_{min}
 - Settes lik den minste av 50mm og $0,2h$
 - Spennarmering?

Tabell 7.1N – Anbefalte verdier av w_{max} (mm)

Eksponeringsklasse	Armerte konstruksjonsdeler og forspente konstruksjonsdeler med spennarmering uten kontinuerlig samvirke	Forspente konstruksjonsdeler med spennarmering med kontinuerlig samvirke
	Tilnærmet permanent lastkombinasjon	Ofte forekommende kombinasjon
X0, XC1	0,4 ¹	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2 ²
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		Trykkavlastning
<p>MERKNAD 1 For eksponeringsklassene X0 og XC1 har rissvidden ingen påvirkning på bestandigheten, og denne grensen er satt for å gi et generelt sett akseptabelt utseende. Hvis det ikke er gitt betingelser for utseende, kan denne grensen utvides.</p> <p>MERKNAD 2 For disse eksponeringsklassene påvises i tillegg at det ikke oppstår trykkavlastning under tilnærmet permanente lastkombinasjoner.</p>		

Prosjektering – allmenne regler

› NS-EN 1992-1-1 + NA

- › Det nasjonale tillegget til prosjekteringsstandarden NS-EN 1992-1-1 + NA gir følgende anbefaling: Armeringsmengden i vegger og plater der det legges særlig vekt på tetthet, bør minst være det dobbelte av minimumsarmeringen angitt i standarden.

NA.9.2.1.1 Minste og største armeringsareal

NA.9.2.1.1(1) Minimumsarmering $A_{s,min}$ bestemmes av uttrykket

$$A_{s,min} = 0,26(f_{ctm}/f_{yk})b_t d \geq 0,0013 b_t d \quad (\text{NA.9.1N})$$

Bestemmelsen gjelder for bjelker og plater. Der det i plater legges særlig vekt på tetthet bør minimumsarmeringen være minst dobbelt så stor.

Verdien av $A_{s,min}$ reduseres ikke for sekundære konstruksjonsdeler.

NA.9.2.1.1(3) Største armeringsareal $A_{s,max}$ settes lik $0,04A_c$.

NS-EN 206 – Betong spesifikasjon

NA.5.5.3 Motstand mot vanninntrenging

NA.5.5.3(1) Vanntett betong skal ha velgraderte tilslag av egnede materialer, et masseforhold lavere enn 0,50 og ubetydelig vannutskillelse.

Det samlede tilslaget bør inneholde minst 8 masseprosent materialer som passerer en sikt med en siktstørrelse på 0,25 mm dersom det ikke treffes andre tiltak for å oppnå tilfredsstillende tetthet, f.eks. ved økning av sementinnholdet, anvendelse av luftinnførende tilsetningsstoff eller tilsetningsmaterialer.

MERKNAD NS-EN 12390-8 angir en metode for måling av vanninntrengning der prøvingsresultatet angis som største vanninntrengningsdybde. Prøvingsmetoden kan gi relativt store variasjoner i vanninntrengningsdybden. Dersom metoden benyttes, må klare og entydige samsvarskriterier være avtalt på forhånd. Normalt vil en betong med en sammensetning som beskrevet, gi tilfredsstillende tetthet mot vanninntrengning.

- > Velgradert tilslag
- > Minst 8 masseprosent under sikt 0,25mm, dvs ca 160kg finstoff i tilslaget
- > Re-sirkulært tilslag må dokumenteres for egnethet

Eksponeeringsklasse (NS-EN 206)

- > 1 Gruppe X0 Ingen risiko for korrosjon eller nedbrytning
- > 2 Gruppe XC Korrosjon framkalt av karbonatisering
- > 3 Gruppe XD Korrosjon framkalt av klorider som ikke stammer fra sjøvann
- > 4 Gruppe XS Korrosjon framkalt av klorider fra sjøvann
- > 5 Gruppe XF Fryse-/tineangrep med eller uten avisingmiddel
- > 6 Gruppe XA Kjemisk angrep
- > 7 Gruppe XA4 Kjemisk angrep fra husdyrgjødsel
- > 8 Gruppe XSA Særlig aggressivt miljø

> Vanntetthet er ikke en eksponeeringsklasse

Krav er også beskrevet i:

- › Byggforsk sitt byggdetaljblad 520.055: «Prosjektering og støping av vanntette betongkonstruksjoner» fra 2015
- › Norsk Betongforening sin publikasjon nr. 5: «Prosjektering og utførelse av betongkonstruksjoner i vann» fra 2011.
- › NS-EN 13670:2009+NA:2010 Utførelses av betongkonstruksjoner
- › Lokale forskrifter

- › Byggherre spesifikasjoner (bl. annet offshore)

Prosjekter utsatt for stort ensidig vanntrykk



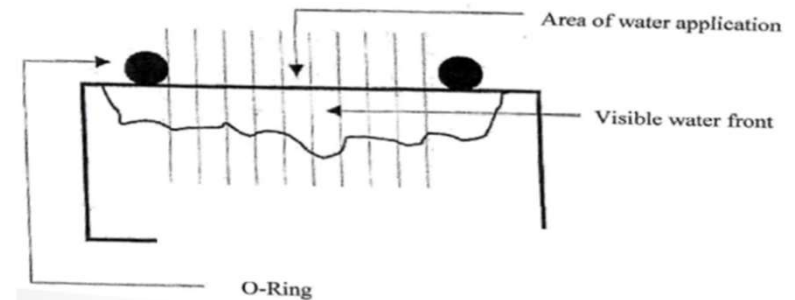
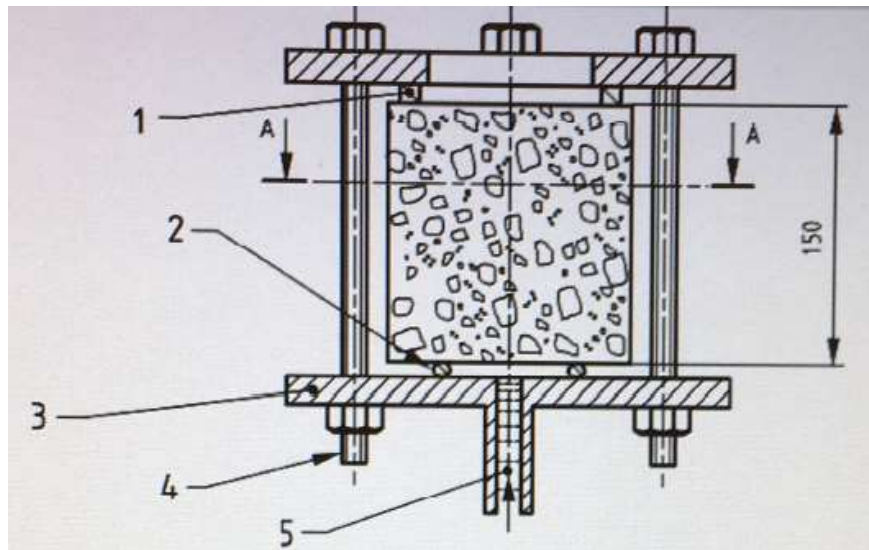
> Troll A – vanndybde 303m



Gullfaks C – vanndybde 220m

NS 3420 – Vanntett betong – utgått metode

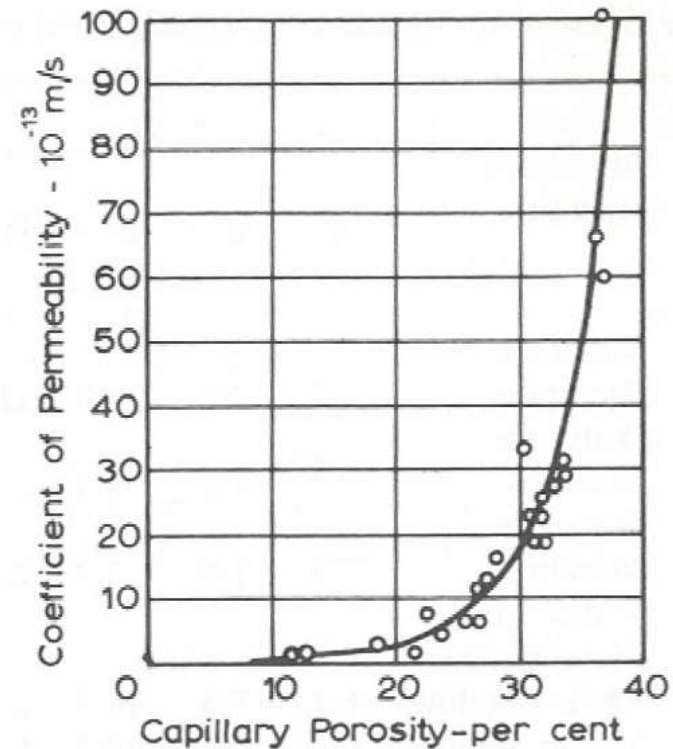
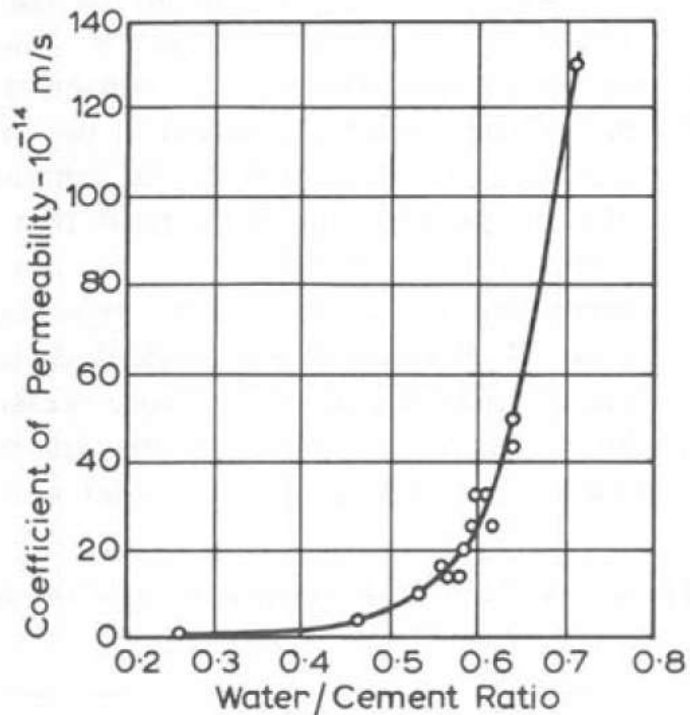
> Definisjon på vanntett betong



- > Vanntrykk på et betongprøvestykke: 0,3 / 0,5 / 0,7 MPa (24 timer på hvert nivå)
- > Dersom gjennomsnitt vannfront < 25mm → betong vanntett

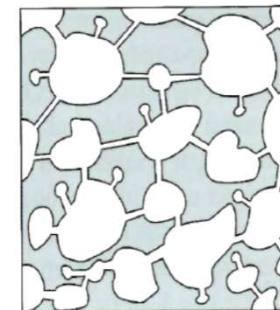
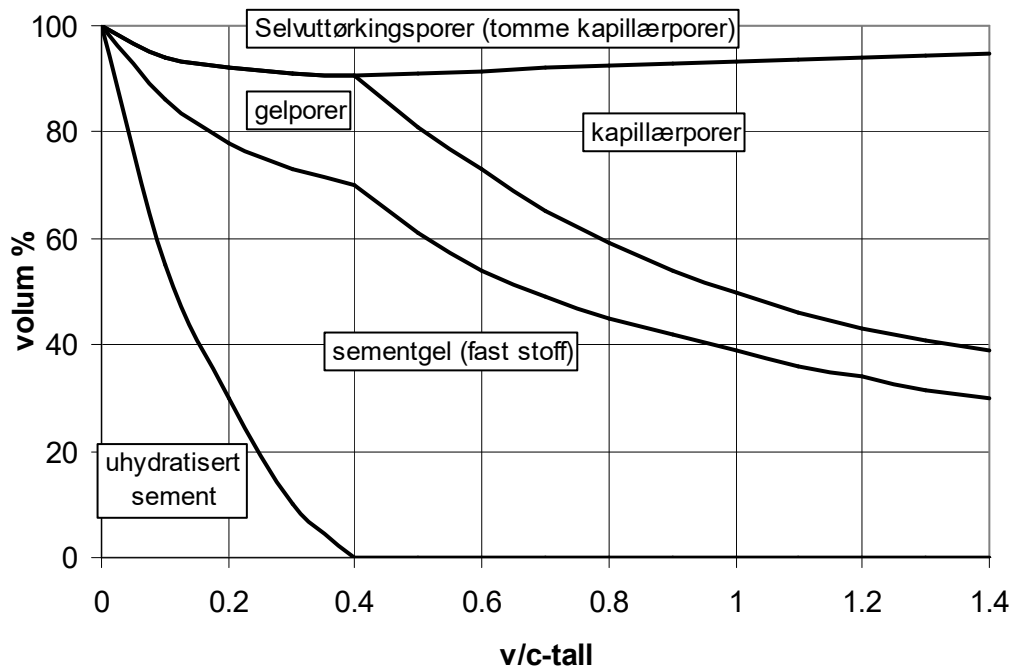
Vannpermeabilitet - mekanismer

- › Transportmekanismer for væske i betong:
 - Permeabilitet som følge av trykkforskjeller på to sider av en betongkonstruksjon
 - Kapillære mekanismer
 - Dessuten vil det bli transport av ioner i stillestående vann (i porene) som følge av ionekonsentrasjonsforskjeller innover i betongen, såkalt diffusjon.

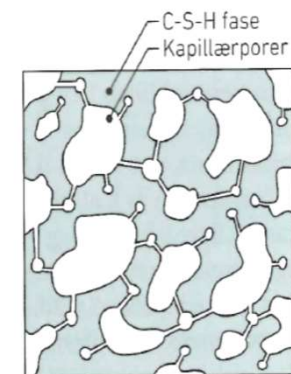


Permeabilitet

- Permeabilitet påvirkes av masseforholdet og bindemiddelet.
 - Lavere vc-tall gir lavere permeabilitet
 - Tilsatt silika og flygeaske gir lavere permeabilitet (bedre overgangssone)
 - Økt hydratisering gir lavere permeabilitet (tettere struktur, lavere kapillærporøsitet)



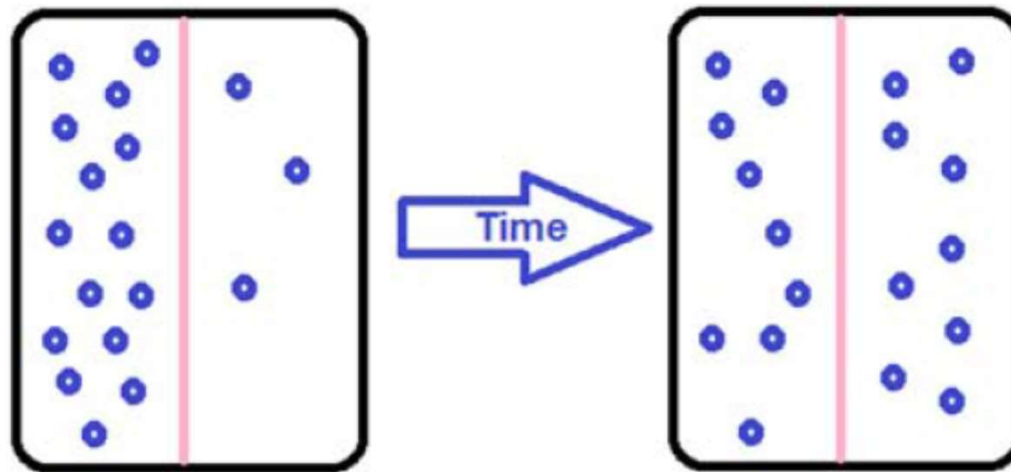
a)



b)

Diffusjon (Fick's første lov)

- > Diffusjon innebærer at likevekt. Dette innebærer at en tørr betongprøve vil gradvis få en høyere relativ fuktighet når utsatt for fuktig klima. Motsatt, en vannmettet vil gradvis bli tørrere når utsatt for f.eks tørt inneklime.

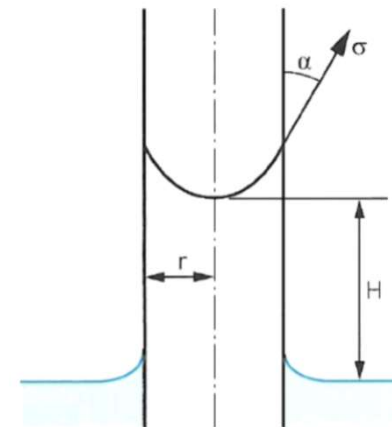
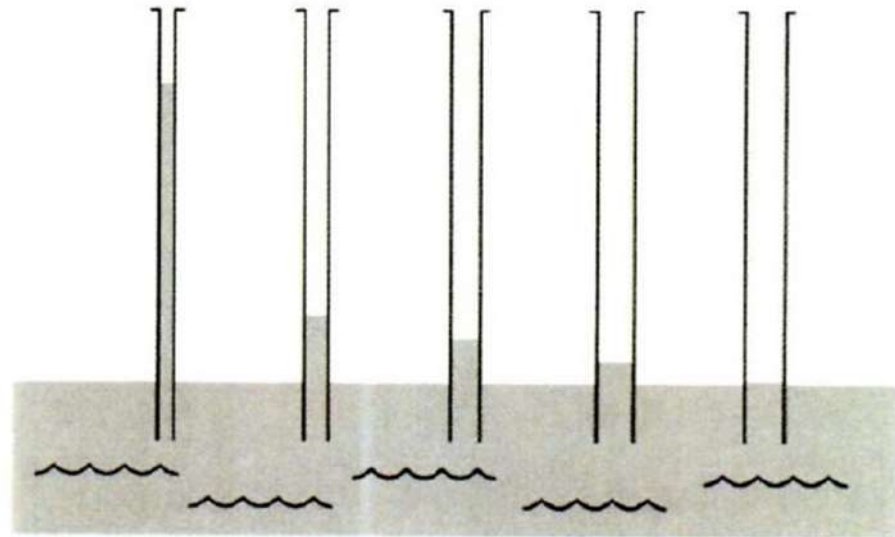


$$Q = D \frac{c_1 - c_2}{l} A t$$

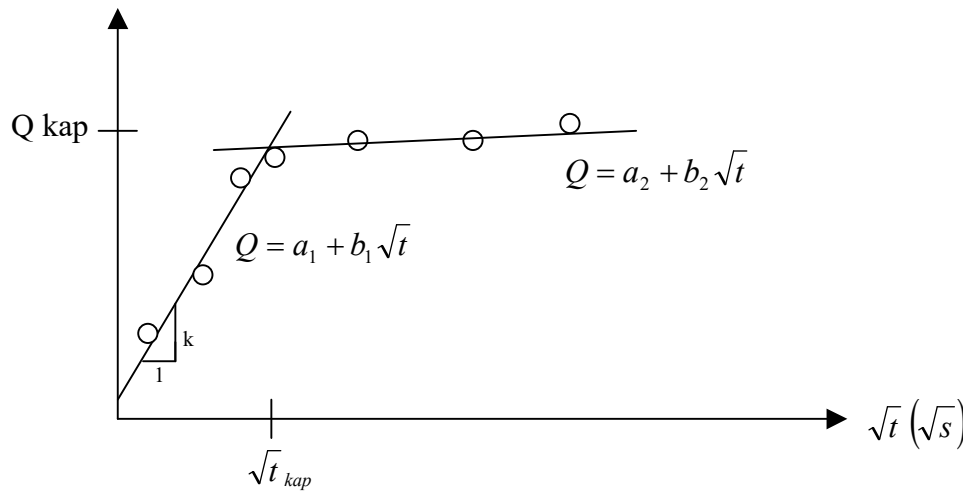
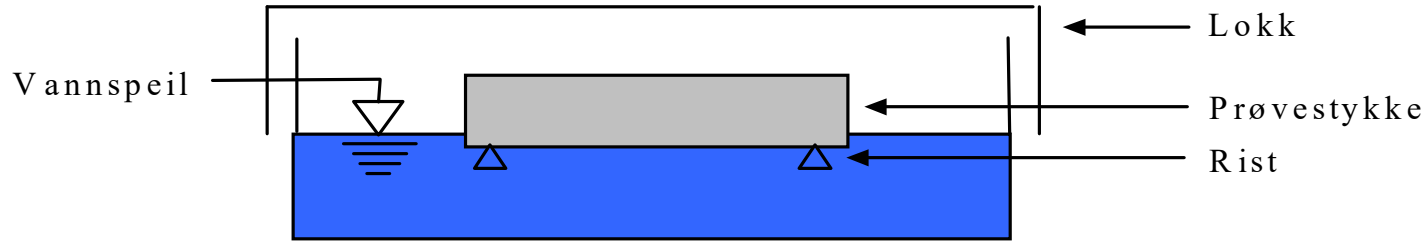
- > Q = mengde
- > D = diffusjonskoeffisient
- > $c_1 - c_2$ = konsentrasjonsgradient
- > l = tykkelsen av området
- > A = areal
- > t = tid

Kapillær suging

- Kapillær suging foregår når en betong som ikke er fullstendig mettet med vann er i kontakt med vann.
- Sugekraften er avhengig av porestørrelsen ved at finere porer gir større sugekrefter.
- Luftbobler i betongen vil bryte de kapillære effektene.



Hvordan måle vannabsorsjon (kapillærsug)



$$k = \frac{Q_{kap}}{\sqrt{t_{kap}}}$$

Formel 8.2: Kapillaritetstall [7]

Hvor: Q_{kap} = vannopptak
 t_{kap} = eksponeringstid
 k = kapillaritetstallet

Videre beregnes motstandstallet, m , som [7];

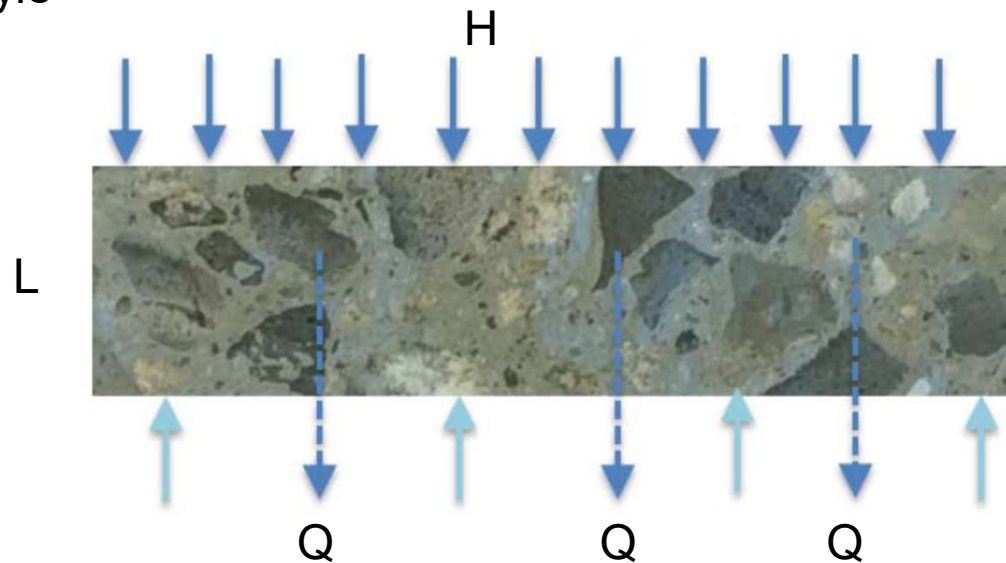
$$m = \frac{t_{kap}}{h^2}$$

Formel 8.3: Motstandstall

Betong utsatt for ensidig vanntrykk - formel

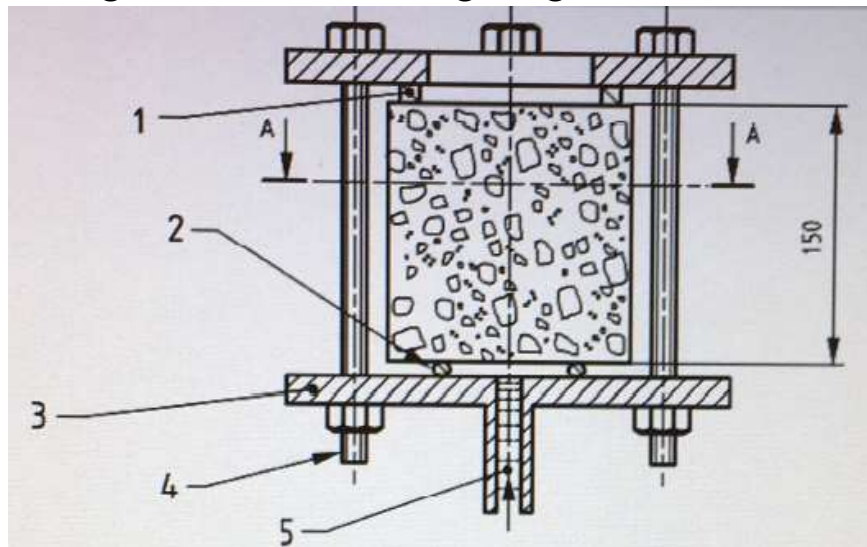
$$\text{> } K_v = \frac{Q * L}{H * A * t} \text{ m/s (d'Arcys lov)}$$

- > K_v er permeabilitetskoeffisienten
- > Q er gjennomtrengt vannmengde i m^3 i tidsperioden T
- > L er prøvestykkets høyde i meter
- > H er vanntrykk i meter vannsøyle
- > A er prøvestykkets areal i m^2
- > t er tid i sekund



Prøvemethode - vanninntrengning

- Motstand mot vanninntrengning (EN 206 pkt 5.5.3)
 - 1) Dersom motstanden til vanninntrengning på prøvsstykker skal bestemmes, så skal prøvemethode (f.eks EN 12390-8) og vurderingskriteriet være avtalt.
 - 2) Dersom ikke prøvemethode er avtalt, så kan vanninntrengningskravet spesifiseres indirekte i krav til betong sammensetning.
-
- En 12390-8 Prøving av vanninntrengning



Utførelse

- › Fokus må være på:
 - Betong med høyt matriksinnhold (silika/flygeaske)
 - Lav varmeutvikling dersom tykke tvversnitt
 - God støpelighet i betongen og unngå støpefeil
 - Systematisk vibrering/komprimering
 - Gode herdebetingelser

- Tette støpeskjøter
 - sandblåses/høytrykkspyles, fortanning
 - Injeksjonslange, water stop, svellebånd
- Planlegg for tette rørgjennomføringer (water stop / injeksjonslange)
- Unngå riss

- Kvalitetsoppfølging – utvidet kontroll

Betongteknologi

	“Standard”	Vanntett
Sement, kg/m ³	350	300
Silica fume, kg/m ³		27
Fly ash, kg/m ³		100
Sand, kg/m ³	940	940
Stein, kg/m ³	945	940
SP, l/m ³ ***	1	2,5
Wb	0.50	0.45 ?
Slump,cm	22	24

Støpeskjøt

- › Sandblåst eller høytrykkspylt støpeskjøt
- › Injeksjonslange/water stop / svelleband på innsiden av armeringen.
- › Fortanning kan også vurderes
- › Epoxy på støpeskjøt - trykkside

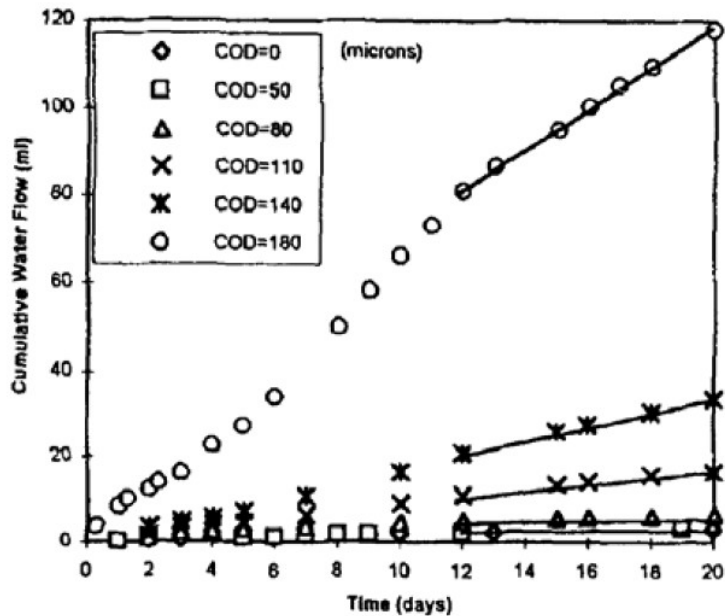


Rør-gjennomføring med “waterstop”

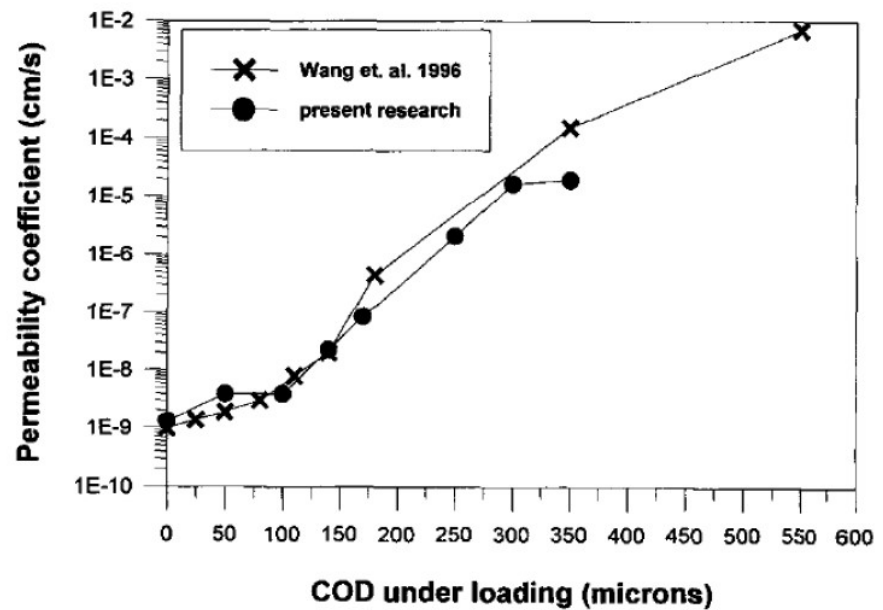


Unngå riss – kan påvirke vanntetthet

Vanngjennomgang i betong med riss



› Vanngjennomgang over tid ved forskjellig rissvidder, Wang et al 1997



› Permeabilitetskoeffisient over rissvidde, Aldea et a. 1999

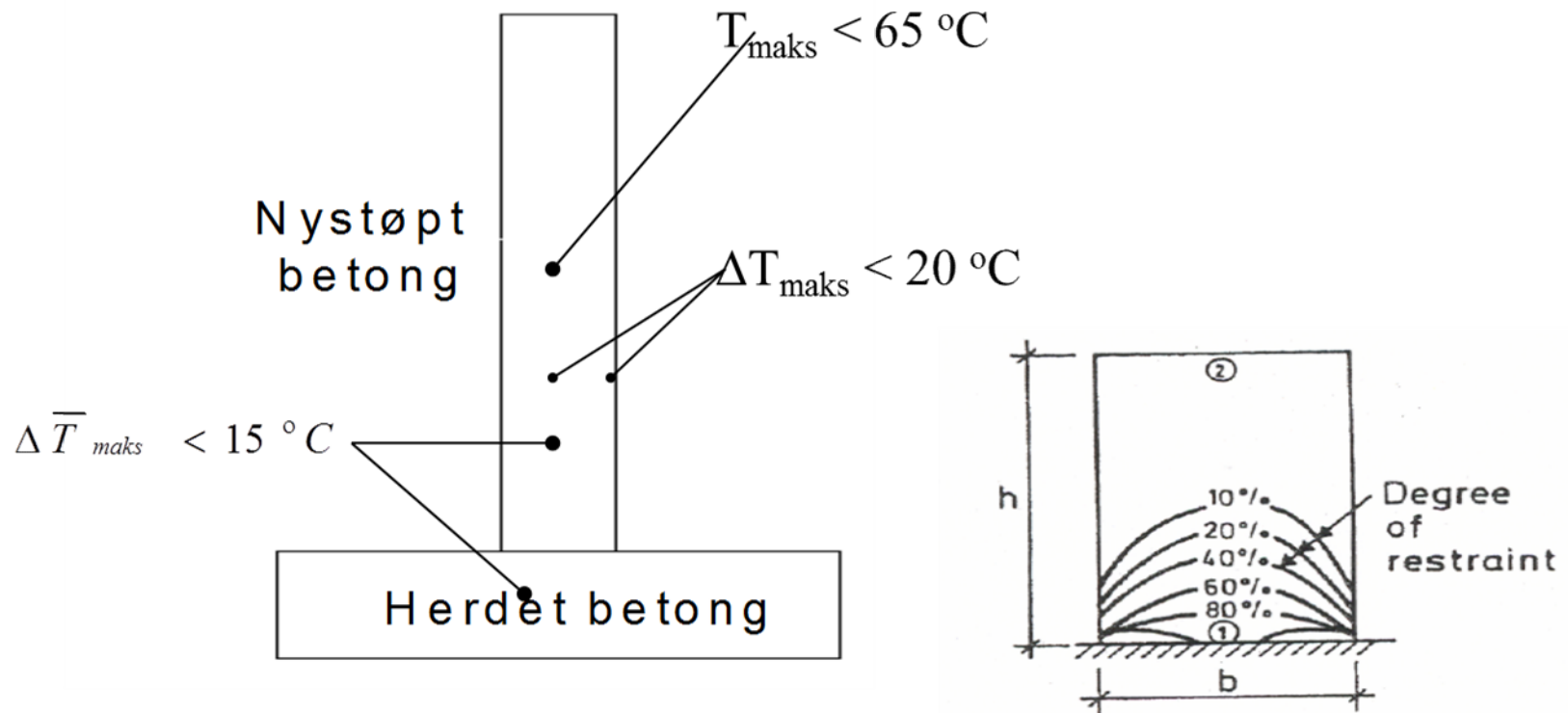
Utførelse – vanntette konstruksjoner

- › Unngå opprissing pga fastholding
 - Temperaturforskjeller i herdefasen og driftsfasen
 - Autogent svinn
 - Uttørkingssvinn
- › Volumendring
 - Temperaturforløp under herding gir volumendring
 - Autogen deformasjon
 - Uttørkingssvinn
- › Temperaturforløp under herdefasen
- › **Strategi: Mindre varmeutvikling gir mindre rissfare**

Unngå riss – kan påvirke vanntetthet

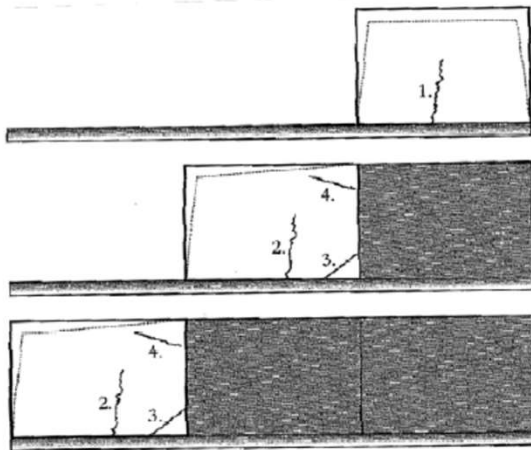
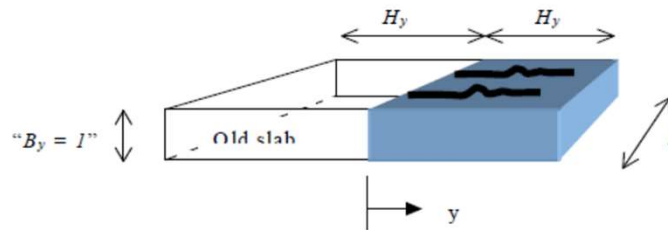
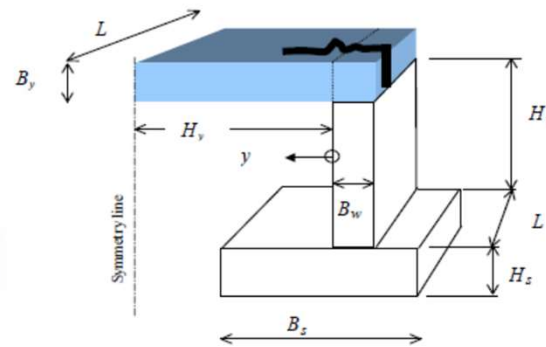
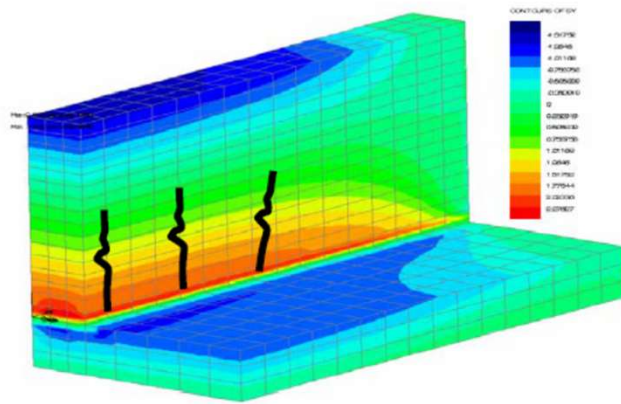
Riss kan oppstå som følge av manglende herdetiltak, uttørking eller herdevarme.

Riss som følge av **herdevarme** i fastholdte konstruksjoner:



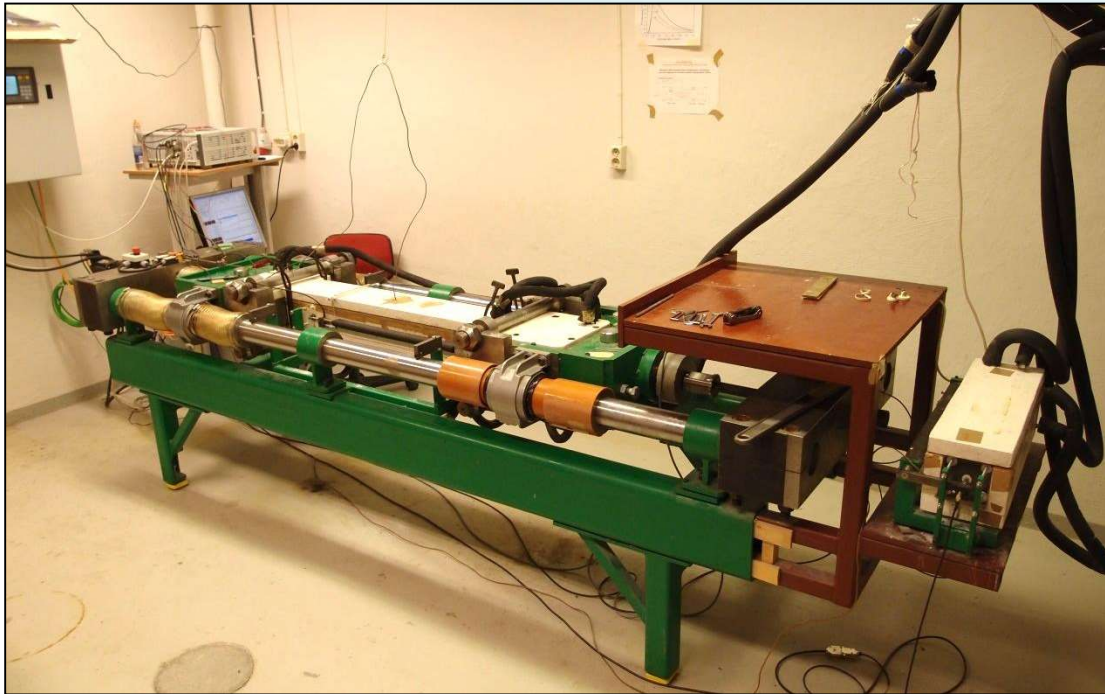
Beregning av temperaturutvikling i kritiske snitt

Ytre fastholding – alltid til stede!



For kritiske områder:
60 – 80% fastholding vanlig

Spenning – dilatasjonsrigg ved NTNU



Dilatasjonsrigg

Bygd i 1995,
oppgradert i
2009 - 2014

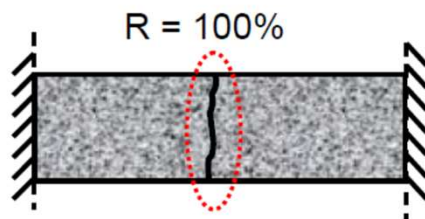
Temperatur-spenning
Prøverigg



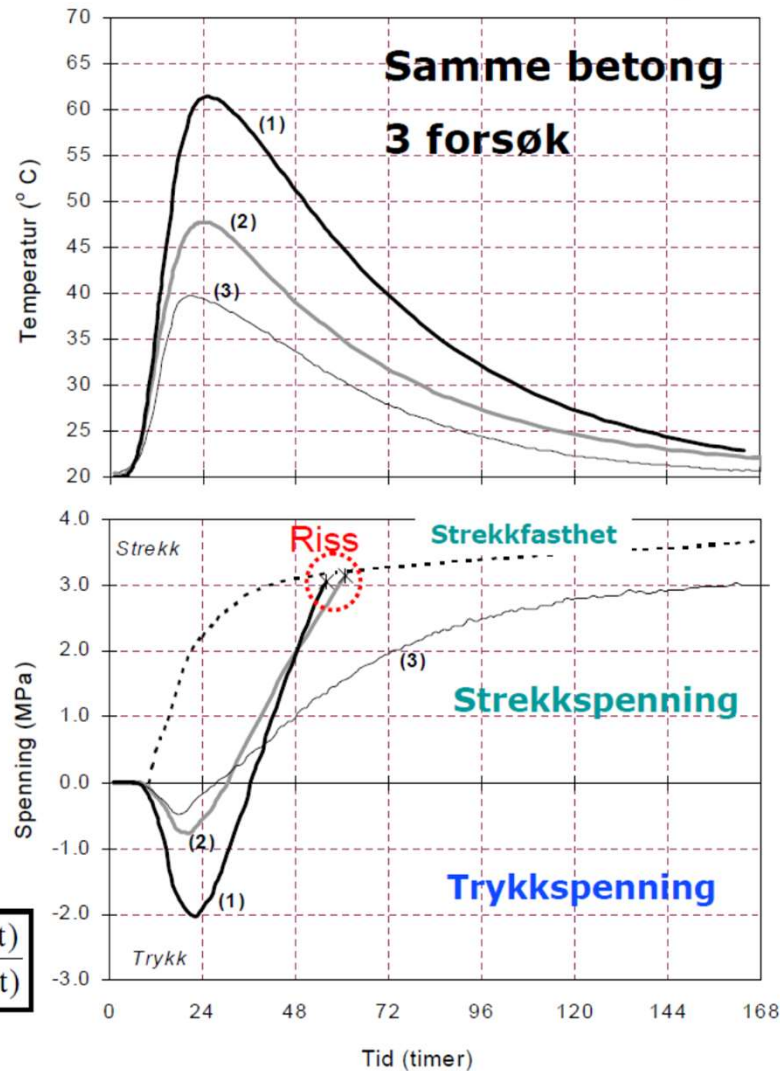
Svinn kan medføre riss (autogent + temperatur)

Eksempel:

m=0,40
Anleggsement
5% silika



$$Rissindeks(t) = \frac{Betongspenning(t)}{Strekkfasthet(t)} = \frac{\sigma(t)}{f_t(t)}$$



Kvalitetssikring og utførelse av vanntette betongkonstruksjoner på utvidelsen av Langevatn vba



NB/NFB Stavanger
Kanalsletta 4, Forus
20. februar 2018

Maren-Iren Kvia, Kruse Smith Entreprenør AS

OM PROSJEKTET:



- Langevatn VBA bygges på fra å være BRA 7300m² til å være 27600 m² BRA.
- Dagens anlegg renser i dag vannet ved hjelp av klor, alkaliske filter og UV. Anlegget blir utvidet til å også omfatte ozonering og biofiltrering av vannet. I tillegg bygges det også nytt marmorlager, kjemikaliebygg, FOU-del og adm.fløy. Produksjonskapasiteten på vannet økes fra 2500 til 3300 liter per sekund.
- Omfattende betongjobb med påregnet 30 000m³ ferdigbetong og 5500 tonn med armering.
- Byggestart for entreprisen var aug. 2015, forventet klar til testdrift høst 2018. Delt opp i 12 entrepriser, hvor Kruse Smith har hovedentreprisen. (NS 8405)





KRAV OG UTFORDRINGER I BYGGEFASEN

- Prosjektet er oppbygget som en beskrevet entreprise. RIB som i dette tilfellet var Asplan Viak hadde utarbeidet et omfattende «notat for betongarbeider» i beskrivelsen som inneholdt flere krav som måtte overholdes i forhold til byggingen av anlegget.
- Hovedgrunnen for kravene til betongen er vanntetthet. Flere bassenger i bygget skiller rent vann fra «skittent» vann. Det var derfor viktig med at det ikke kan oppstå lekkasjer mellom disse.
- Mesteparten av veggene er støpt med 400mm tykkelse. Vegger hvor vannet skal behandles med ozongass er støpt med 700mm tykkelse. Flere av veggene skal holde vanntrykk på 20 meter vannsøyle.

KRAV OG FORUTSETNINGER....

- Utarbeidelse av støpeplaner, støpetapper, støpedagbok, og varsel til byggherre minst 2 døgn før lukking av forskaling.
- Krav til utførelse av støpen med blant annet lag høyde, rør, opphold mellom støpelag, osv.
- Vanning i 4 uker...(?) Herdeklasse 4 (NS13670). Forskaling skulle stå i minst 3 døgn etter støp.
- Vanntette støpeskjøter og rundt innstøpningsgods.
- Temperaturgradient på 20 grader og maks 13 grader mot tilstøtende konstruksjoner, (bruk av kjølerør var beskrevet)
- Forskalingsduk
- Dysedekker med 96 000 dyser og tillatt avvik på 2 mm mellom hver...
- Spenningsanalyser
- Tetthetsprøvinger av hvert basseng.
- Så den vi ikke kunne gjøre noe med; det vestlandske klimaet...

SÅ HVA BLE GJORT

- Angående støpeplaner, etapper, dagbok og varsel til byggherre så måtte det bestemmes for en måte å løse dette på helt i starten på prosjektet.
- Støpeplanene ble laget som «hovedplaner» og mer spesifikke planer ble laget etter behov.
- Prosjektet hadde egen produksjonsplanelegger som tegnet alle støpeetapper inn på egne tegninger for oversendelse og godkjenning av RIB. Dette ble gjort i sammenheng med forskalingsplanlegging.
- Dagbok på betongarbeidene ble ført hver dag av formann på byggeplassen.
- Byggherren har stått på kopi på alle betongbestillingene til blandeverket slik at de da har fått varsel før lukking av forskaling (ca. 1500 bestillinger).
- I forhold til de kravene som var satt til utførelse av støpen så ble det laget en egen arbeidsbeskrivelse som ble godkjent av BH og RIB. Denne ble gjennomgått med alle betongarbeidere på anlegget før oppstart arbeider. Arbeidsbeskrivelsen ble kalt for «arbeidsbeskrivelse for utførelse av vanntette støpeskjøter».

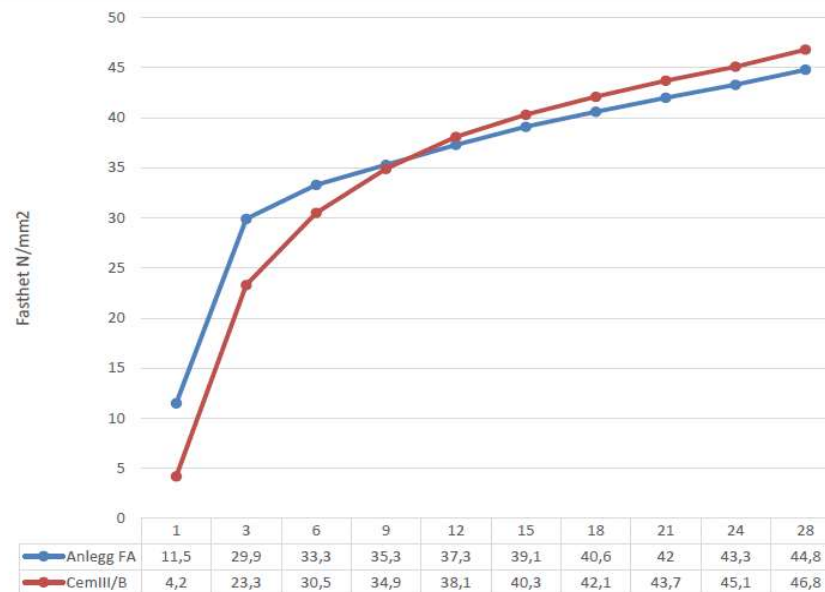
SPENNINGSANALYSER, KJØLERØR OG TEMPERATURGRADIENTER

- Spenningsanalyser kan beskrives som en avansert versjon av *Hett97*. Det viste seg at det var få personer i Norge som kunne utføre disse. Dette var en prisbærende post på 24 spenningsanalyser som betongleverandør hadde priset til KS. Til slutt fikk betongleverandør leid inn en person fra Norconsult som kunne utføre testene. Krav til *stress/strain* (*spenning*) i en analyse var satt i kontrakt til å skulle ligge på under 0,7.
- Kjølerør så vi tidlig ville bli vanskelig å få til. Store konstruksjoner og Anlegg FA gikk ikke sammen så vi visste noe måtte gjøres for å kunne oppnå beskrevet krav i spenningsanalysen.
- Etter tips fra betongleverandør besluttet Kruse Smith å støpe alle vanntette konstruksjoner med CemIII/B-sement.
- Alle konstruksjonsvarianter ble temperaturlogget og dokumentert.

CEMIII/B 42,5 N-LH/SR

- Sementen inneholder en slaggandel på 68 %.
- Importert fra Nederland.
- Ved å bruke denne sementen viste temperaturloggingene at vi aldri kom over en makstempertur i senter vegg 400 mm på 25 grader i herdeforløpet.
- Fasthetsutviklingen viste seg også å være bra på denne sementen. Snittet på 28 døgnsfastheten på en B35 ligger over 60N/mm².
- Overraskende god støpelighet, men litt lysere farge på fersk betong.
- Krevende å bruke SP-stoff til å begynne med.

	CEM III/B	ANL FA
Maksimal adiabatisk temperatur (ved 20 grader forsk betongtemperatur)	56°C	67°C
Maksimal adiabatisk temperatur økning	36°C	47°C
Maksimal temperaturgradient fra varmeste til kaldeste del av en 5 meter tykk vegg med 15°C luft temperatur uten isolering	ca. 30°C	ca. 38°C
Maksimal temperaturgradient fra varmeste til kaldeste del av en 5 meter tykk vegg med 15°C luft temperatur med 50 mm vintermatte	ca. 15°C	ca. 19°C

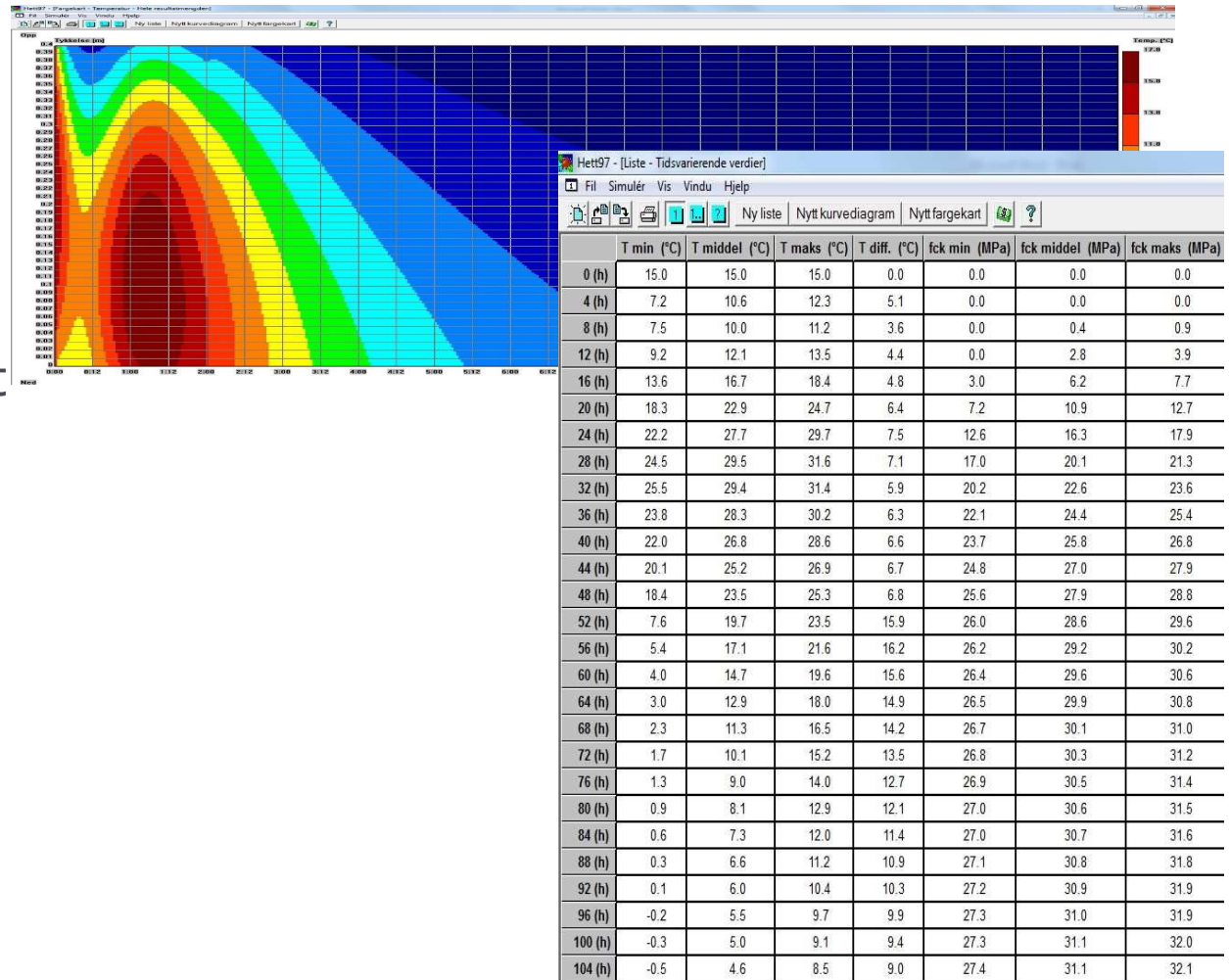


OPPFØLGING AV HERDEKLASSE 4

- I beskrivelsen stod det ordrett; «*vannkonstruksjoner skal holdes våte i minst 4 uker etter støp*». Etter samtale med RIB så påpekte de her at de ønsket at vi skulle vanne konstruksjonene i minst 4 uker etter støp, både vegger og dekker.
- Etter flere runder på dette ble det til slutt avklart at det var ok, så lenge vi overholdt krav til herdeklasse 4.



- Forskaling stod alltid minst 3 døgn.
- Herdesimuleringer av betongen ble gjort gjennom Hett97 og vi fikk da en enkel oversikt om hvor lenge herdetiltak måtte utføres.
- Resultatet ble da at vegger måtte kles med presenninger i X-antall døgn etter riving av forskaling og forskalingen isoleres på vinteren.



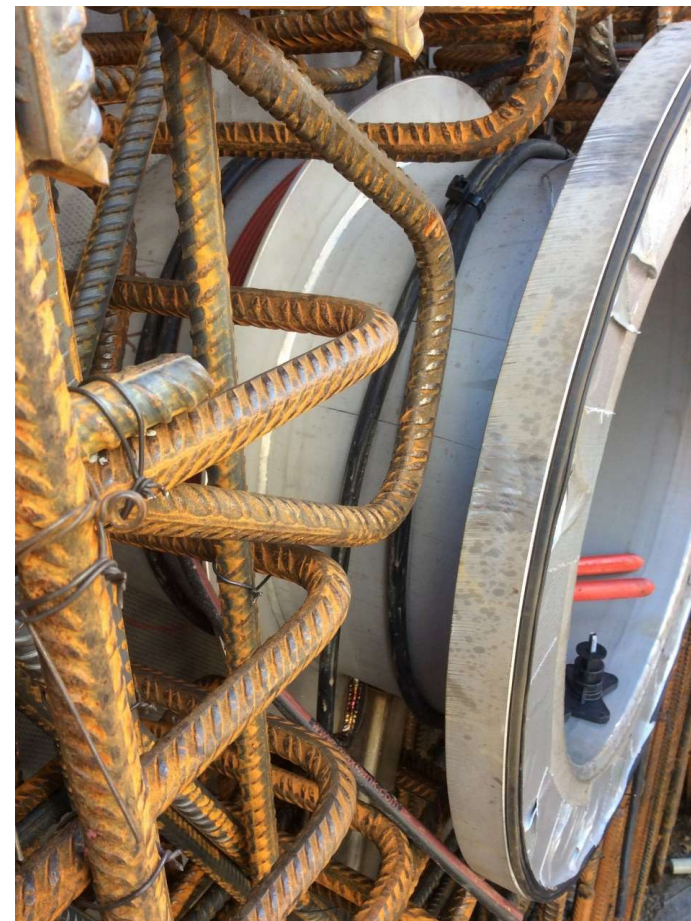


OPPFØLGING AV TEMPERATUR MOT TILSTØTENDE KONSTRUKSJONER



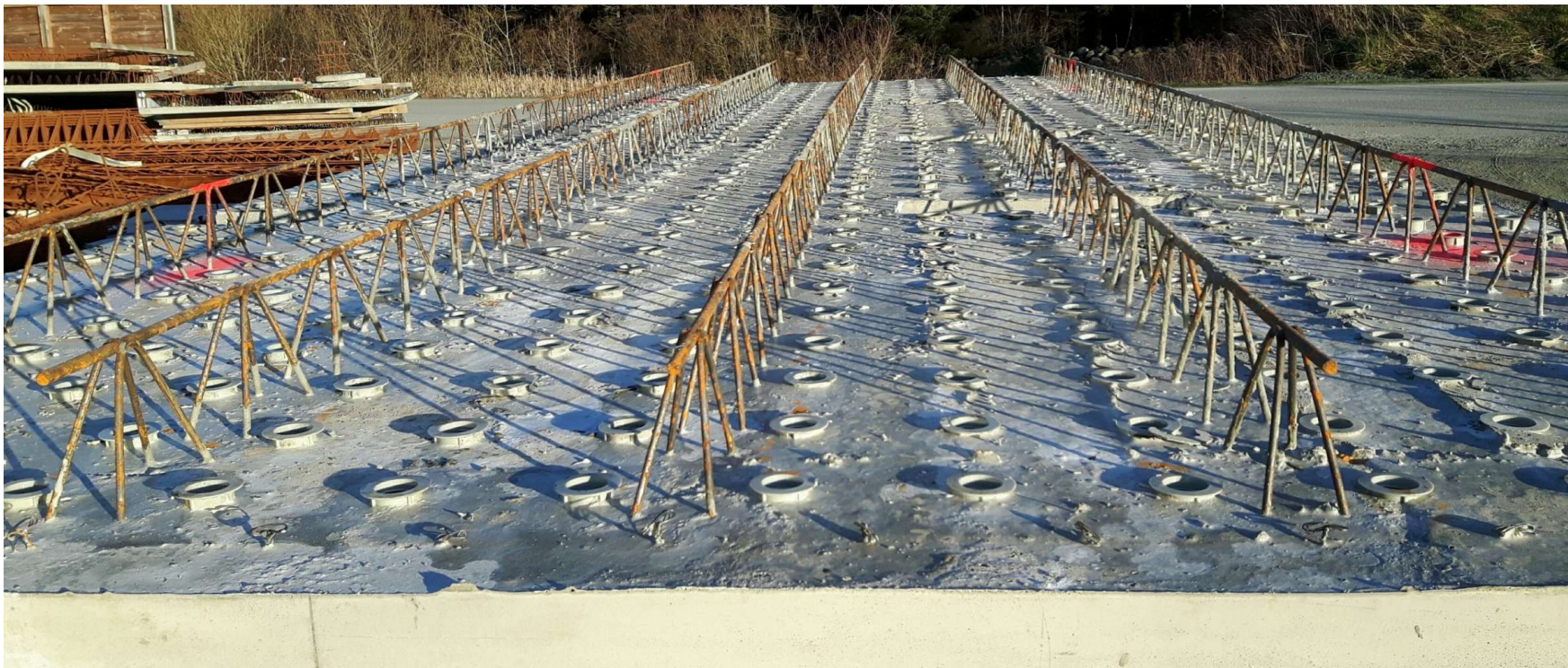
VANNTETTING AV STØPESKJØTER

- Waterstop ble støpt inn i veggskjøter og dekkeveggskjøter.
- En gyseslange ble lagt inn på hver side av waterstopen for å kunne gyse ved eventuell lekkasje.
- Alle støpeskjøter ble spyllt med høytrykk før støp.
- Svellbånd i stedet for waterstop rundt alt innstøpningsgods.
- Kontroll av alle støpeskjøter at dette var på plass før lukking. Bilde-dokumentasjon.



PLATTENDEKKER OG DYSER

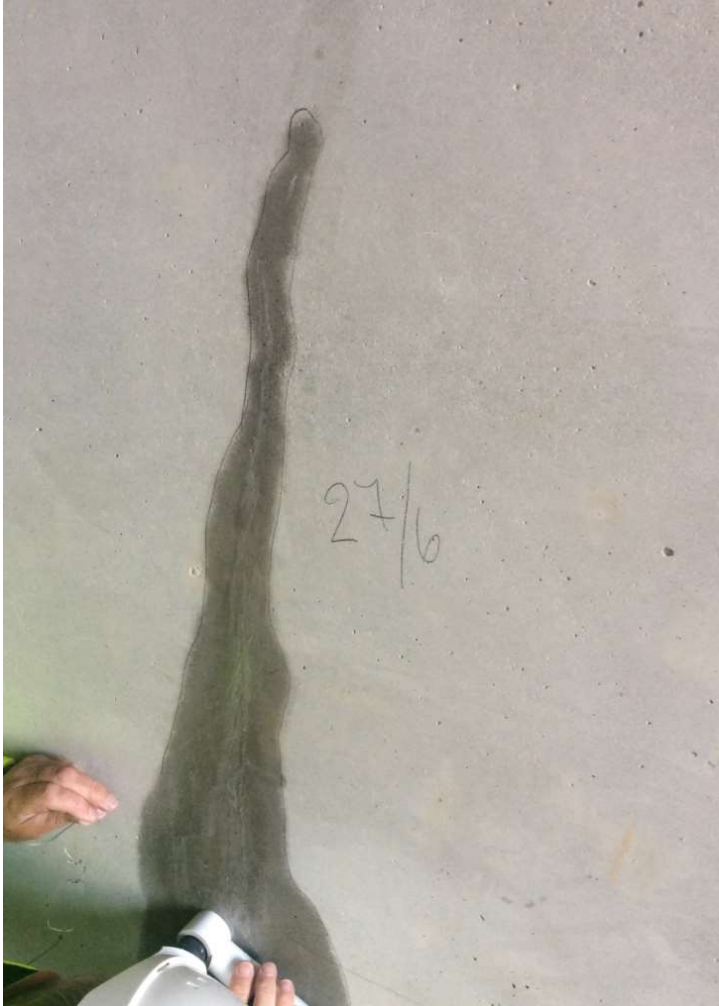
- Et tiltak som ble gjort for å minske faren for riss i dekkene var å bruke plattendekker slik at tykkelsen på støpen ble redusert. Ca. 80 % av alle dekkene i bygget er støpt med plattendekker. Totaltykkelsen på dekkene varierer fra 300-700 mm.



TETTHETSPRØVINGER OG RESULTAT TIL SLUTT

- Tetthetsprøvinger var grundig beskrevet om hvordan dette skulle utføres. Deriblant krav til 14 døgn testing i hvert basseng og maksgrense på 0,5 mm med vann som kunne minke per døgn fraregnet fordamping. Dette ble ikke utført som beskrevet da det sammen med BH ble avklart at måten det var beskrevet ikke var gjennomførbar. Det største bassenget som ble testet inneholdt 9 millioner liter vann.
- Kort fortalt ble hvert basseng fylt med vann og en gikk kontroller på hele utsiden av bassenget for å se hvor store lekkasjene var. Varigheten av testen ble bestemt av BH ut ifra hvor mye riss og lekkasjer som hadde oppstått.
- Rapport av hver test ble laget og godkjent av byggherre.
- Noen lekkasjer var det. I starten viste det seg at riss hadde oppstått ut ifra hjørner på innstøpte luker. Her kom det frem at RIB hadde underdimensjonert armeringen.
- Ellers var det også noen riss som oppstod gjennom staghull, her er det ennå uklart om eksakt grunn til rissene har oppstått, men staghullene har hær fungert som en «naturlig» rissanviser.
- Alle riss og lekkasjer har blitt utbedret med injeksjon av polyuretan og egen prosedyre er laget på dette. Der hvor det har vært lekkasje i støpeskjøter og rundt innstøpningsgods er de innstøpte injeksjonslangene brukt til injisering og tetting av lekkasjen. Alt av injeksjon er utført når bassengene har vært tomme for vann. Riss som har oppstått har blitt injisert via innborrede nipler med avstand på ca. 20 cm. En har i prosedyren sakt at trykket på injeksjonspumpen ikke skal overstige 80 bar, ut fra erfaringer som er gjort har en funnet ut at å ligge på rundt 50 bar med pumpen og den aktuelle massen fungerer best.





Takk for meg!



