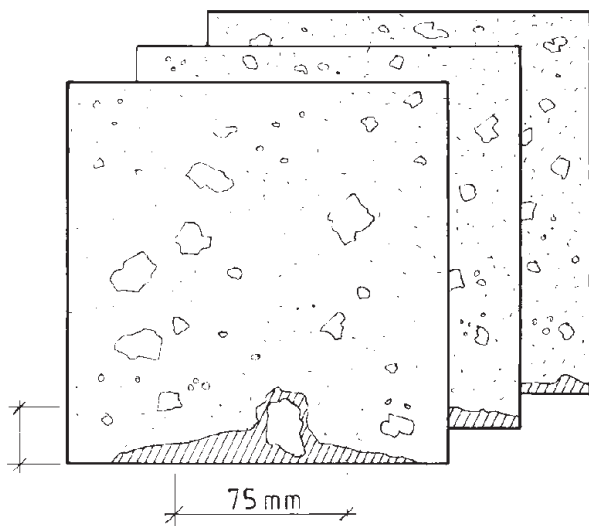


Tom Farstad

Bestemmelse av betongs vann- tetthet

NORDTEST Prosjekt 1219 – 95



BYGGFORSK

Norges byggforskningsinstitutt

Tom Farstad

Bestemmelse av betongs vann- tetthet

NORDTEST Prosjekt 1219 – 95

Prosjektrapport 292– 2000

Prosjektrapport 292
Tom Farstad
Bestemmelse av betongs vanntetthet
NORDTEST Prosjekt 1219 – 95

Emneord: betong, styrke, bestandighet, vanntetthet

ISSN 0801-6461
ISBN 82-536-0717-2

100 eks. trykt av
S.E. Thoresen as
Innmat:100 g Kymultra
Omslag: 200 g Cyclus

© Norges byggforskningsinstitutt 2000

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 123 Blindern
0314 OSLO
Tlf.: 22 96 55 55
Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 42

INNHALDSFORTEGNELSE

0. SUMMARY.....	4
1. INNLEDNING.....	5
2. PRØVESTYKKER.....	6
3. PRØVING.....	8
3.1 Trykkprøving	8
3.2 Porøsitetsprøving	8
3.3 Vanninntrengningsprøving	9
4. RESULTATER.....	9
4.1 Trykkprøving	9
4.2 Porøsitetsprøving	10
4.3 Vanninntrengningsprøving	11
5. RESULTATVURDERING.....	13
6. KONKLUSJONER.....	16
7. REFERANSER.....	17
8. VEDLEGG.....	18

0. SUMMARY

A round robin test has been performed in order to evaluate water tightness of concrete. Six Nordic laboratories participated in the tests. The tests were basically performed according to pr EN-ISO 7031 - 1994, "Testing concrete - Determination of the depth of penetration of water under pressure."

This round robin test represents a phase two of a Nordic test project, which started in 1994. In the conclusions that were made in phase one it was assumed that there might be considerable differences in observed water penetration of concrete from the field structure and laboratory cured concrete specimens. As a consequence of this, different demands should be put in documentation of tests performed on laboratory made and cured concrete test specimens and cores drilled out from the structure.

The main purposes in the phase two tests were to perform direct comparative research on cores drilled out from a field structure and on concrete specimens made on the construction site with exactly the same concrete. In addition, the effect of variations in test surface, curing conditions, time under water pressure and the specimen geometry should be investigated.

The round robin test showed small differences in depth of water penetration on specimens cured in the laboratory. All the test laboratories evaluated this concrete to be water tight according to the criteria in ENV 206.

The depth of penetration was not influenced by variation in size and geometry of laboratory cured concrete specimens.

All test laboratories evaluated test cylinders drilled out from the field structure as non-water tight according to the criteria in ENV 206.

When different surfaces were tested, specimens which were facing towards the plywood formwork and sawn surfaces showed deeper water penetration than specimens facing towards steel formwork.

When tests were performed on drilled cores in order to evaluate the effect of specimen size and size of the test area, the result showed some inconclusive behaviour probably caused by a dominant effect of variations in the testing material.

The depth of water penetration was not influenced by the time of applied pressure ranging from 24h to 72h in the performed tests.

The great variation in water penetration between cores drilled from a field structure and concrete specimens made with exactly the same concrete and cured in laboratory conditions has to be seriously considered when a concrete produced according to water tight specifications is tested. The in-situ results will depend on casting and curing conditions, in addition to the concrete quality. Specifications for on-site water intrusion maybe a way to ensure adequate casting and curing conditions.

1. INNLEDNING

Basert på de erfaringer som ble gjort i Nordtestprosjekt nr 1118 - 93 "Metoder for bestemmelse av betongs vanntetthet (fase 1)" /1/, ble det søkt om og bevilget midler fra Nordtest for å gjennomføre en fase 2.

En konklusjon/vurdering som ble gjort basert på forsøkene utført i fase 1 var at bruk av laboratoriestøpte normherdede betongprøver vil kunne gi et helt annet bilde av virkeligheten enn den som er i konstruksjonen. Det burde derfor også stilles krav til dokumentasjon av resultater på betong boret ut fra konstruksjoner i felt. Disse krav og måleresultater burde også sees i forhold til de krav som stilles for laboratoriestøpte og normherdede prøver.

Hovedmålet med undersøkelsene i fase 2 var derfor å foreta direkte sammenlikninger på betongprøver boret ut fra en konstruksjon i felt og fra prøver støpt ut med den samme betongresept og herdet i laboratoriet. I tillegg skulle effekt av variasjoner i overflate, lagringsforhold og prøvegeometri undersøkes. Detaljer for en gjennomføringen av prosjektet ble diskutert på et felles møte for prosjektdeltagerne hos VTT i Finland.

Prøvingen skulle denne gangen utføres med den samme prøvemethoden for samtlige laboratorier, pr EN - ISO 7031 - 1994, for å unngå variasjon i resultater forårsaket av ulike prøvemethoder.

Seks nordiske laboratorier har deltatt i ringforsøket. Følgende laboratorier og personer har bidratt i prosjektet:

Dansk Teknologisk Institut (DTI), Danmark	Arne Damgaard Jensen
Norsk Teknisk Byggekontroll (NOTEBY), Norge	Pål J. Gjerp
SINTEF Bygg og miljøteknikk, Norge	Tor Arne Hammer
Sveriges Provnings och Forskningsinstitut (SP), Sverige	Anders Andalen
VTT Bygnadsteknik, Finland	Hemming Paroll
Norges byggforskningsinstitutt (NBI), Norge	Tom Farstad

NBI har fungert som prosjektleder for prosjektet.

2. PRØVESTYKKER

Det ble gjort avtale med en entreprenør i Oslo om bistand ved støpearbeidene. I samråd med entreprenøren ble det valgt å foreta utstøpingen på en byggeplass i et pågående prosjekt for Vegdirektoratet. Valg av betongresept ble foretatt ut fra et ønske om en viss vanninntrengning i de senere forsøk, samtidig som at resepten skulle inngå i betongprodusentens ordinære produksjon og i entreprenørens erfaringsgrunnlag.

På byggeplassen ble det laget en veggforskaling, med dimensjonene 200x110x25 cm (l x h x b). Det ble lagt inn nettarmoring og løfteutstyr for enklere transport inn til laboratoriet. Veggens ene flate var forskalet med "vannfast" finér, mens den andre var forskalet med en stålplate.

Leverandør av betongen til byggeplass var Stange Betong AS og reseptidentifikasjon i henhold til kjøreseddel nr. 106179, var resept nr. 564 (NA, C 35, STD 24)

Betongresepten som ble benyttet er vist i tabell 2.1.

Tabell 2.1 Betongresept Stange Betong AS nr. 564

Delmateriale	Kg/m ³
Sement P 30	306
Sand 0 - 12 mm	1095
Stein 12 - 24 mm	860
P	2,4
Vann (tot)	171
V/C - tall	0,56

Støpedato for prøvene og vegg var den 10. oktober 1996. Lufttemperaturen ved støpingen var ca. 12° C. Utstøping av vegg ble foretatt av personell fra entreprenøren. Betongen ble fylt i forskaling direkte fra trommelbil og vibrert på plass. Støpearbeidet ble utført i henhold til "vanlige" rutiner og veggen ble derfor ikke gitt noen særbehandling pga. at den skulle være gjenstand for senere undersøkelser.

Støping av terninger og sylindere ble foretatt av personell fra NBI og Noteby i henhold til NS 3669. Betongen ble tømt porsjonsvis fra trommelbilen og over i en trillebår før fylling av sylinder og terningformer. Samtlige prøver ble fylt i to lag og komprimert med stikkstang ved hver fylling. Samtlige benyttede former var av stål.

Lufttemperaturen var de første døgnene etter utstøpingen nede i ca. 0 ° C.

Følgende prøver ble støpt ut:

Prøvetype	Dimensjon, mm	Antall
Sylinder	Diam. 150, Høyde 300	12
Sylinder	Diam. 100, Høyde 200	2
Terning	100 x 100 x 100	12
Terning	150 x 150 x 150	9

Av den ferske betongen ble det på byggeplass foretatt måling av temperatur og slump. Resultatene fra disse målingene er vist i tabell 2.2.

Tabell 2.2. Resultater fra måling av fersk betong

Egenskap		Resultat
Temperatur	°C	16
Synk	cm	17,5

Etter utstøpingen ble prøvestykkene dekket til med plast og vintermatter for å unngå frost i ung alder. Et døgn etter utstøpingen ble de støpte prøvene transportert tilbake til laboratoriet, hvor de ble lagret i formene under plastfolie fram til avforming 4 døgn etter utstøping. De ble deretter vannlagret frem til saging og oversendelse til de enkelte prøvelaboratorier.

Veggen ble etter utstøpingen dekket til med vintermatte. Den ble avformet etter to døgns herding og kledd med en matte av ethafoam. Seks døgn etter utstøping ble den transportert inn til NBI's laboratorium i Oslo og lagret dekket med ethafoam fram til start av prøveutboringer mandag 28. oktober, 18 døgn etter utstøping på byggeplass.

Følgende prøver ble boret ut:

Prøvediameter	Antall
80 mm	12
100 mm	14
143 mm	41

Etter utboring ble prøvene tørket av for boreslam, oppdelt i ønsket størrelse med betongsag og pakket i plast for oversendelse til det enkelte prøvelaboratoriet sammen med de støpte prøvene.

Start første serie vanninntreningsforsøk ble satt til tirsdag den 5. november, dvs. ved 25 døgns alder.

Eksakt prøvealder for den enkelte serie kunne variere noe avhengig av det enkelte laboratoriets kapasitet til å parallellkjøre vanninntreningsforsøk.

En komplett prøveoversikt er gitt i vedlegg 1, 2 og 3.

3. PRØVING

3.1 Trykkprøving

Tre av de seks 100 x 100 x 100 mm terningene som ble utstøpt, ble benyttet til å bestemme betongens trykkfasthet. I tillegg ble det foretatt trykkprøving på seks stk. utborede betongsylindere fra den støpte vegg. Dette ble foretatt for å sammenligne trykkfastheten mellom vegg og støpte prøver, samt for å registrere eventuell forskjell i trykkfasthet avhengig av hvor den utborede prøve var tatt ut på vegg. Samtlige sylindere ble før trykkprøvingen saget og planslipt til et høyde/diameter-forhold tilnærmet lik 1.

Betongens trykkstyrke og densitet ble bestemt i henhold til følgende standarder og prosedyrer:

- NS 3667 "Prøvelegemers form og mål"
- NS 3668 "Prøvelegemers trykkfasthet"
- NS 3670 "Ut boring og behandling av sylindere til å bestemme fasthet"
- NS 3673 "Densitet"
- NS 3420 "Tekniske bestemmelser"

Resultater fra prøving av trykkfasthet er vist i tabeller i kapittel 4.1.

3.2 Porøsitetsprøving

Prøving av porøsitet etter PF-metoden, ble utført på skiver saget fra de utborede kjerner og på skiver saget fra en av de støpte terningene. En beskrivelse av prøvemethoden er gitt i Nordtest prosjektrapport 571-85 /2/.

Følgende prosedyre ble fulgt ved prøvingen:

- Tre døgn tørking i tørkeskap ved 105 °C, avkjøling og veiing
- Tre døgn neddykking i vann, veiing
- Ett døgn 100 atm. vanntrykk, veiing
- Bestemmelse av volum ved veiing av prøve nedsenket i vann

Fra de registrerte vektorer beregnes følgende:

- Faststoff densitet
- Tørr densitet
- Luftinnhold (makroporer)
- Kapillær porøsitet (sugporøsitet)

Resultater fra PF-forsøkene er vist i tabeller i kapittel 4.2.

3.3 Vanninntrengningsprøving

Vanninntrengningsforsøkene ble i hovedsak utført i henhold til pr EN - ISO 7031 - 1994. For enkelte forsøksserier ble det gjort avvik fra standarden når det gjaldt prøvegeometri, fukt kondisjonering, trykkforløp og prøveflater.

Standard størrelse på o-ring var 75 mm i diameter. Avvik fra denne størrelsen er kommentert i tabeller i kapittel 4.3.

Samtlige laboratorier gjennomførte en standardprøving på støpte sylindere og på sylindere boret ut fra vegg. Disse prøveseriene ble startet ved den samme dato ved de deltagende laboratorier.

De fleste prøver boret ut fra vegg inneholdt armeringsjern. Disse var for det meste lokalisert i en avstand fra prøveflaten slik at det antas at de ikke har innvirket på prøveresultatene. Der hvor dette kan ha vært tilfelle har dette blitt tatt hensyn til ved resultatvurderingen.

4. RESULTATER

4.1 Trykkprøving

Resultatene fra prøving av betongens trykkfasthet på 100x100x100 mm støpte terninger er vist i tabell 4.1.1

Tabell 4.1.1 Resultater trykkfasthet, støpte terninger.

Prøve	Alder	Densitet	Trykkfasthet
	døgn	kg/m ³	MPa
9	28	2450	47,9
10	“	2427	49,3
11	“	2440	48,3
Middel		2439	48,5

Resultatene fra prøving av betongens trykkfasthet på utborede sylindere med diameter 100 mm er vist i tabell 4.1.2

Tabell 4.1.2 Resultater trykkfasthet, utborede sylindere med h/d-forhold lik 1.

Prøve	Alder	Densitet	Trykkfasthet
	døgn	kg/m ³	MPa
2 - 1 ¹⁾ Topp vegg	40	2353	31,0
2 - 2 ¹⁾ “	“	2374	32,2
7 Midt vegg	“	2432	39,3
9 “	“	2436	41,5
11 Bunn vegg	“	2437	41,7
13 “	“	2439	41,5
Middel		2412	37,9

¹⁾Prøve fra samme sylinder (delt i to)

4.2 Porøsitetsprøving

Resultatene fra prøving av betongens porøsitet på sagde skiver fra en støpt terning og fra utborede sylindere med diameter 100 mm er vist i tabell 4.2

Tabell 4.2. Resultater porøsitetmålinger.

Prøve	Vanninnhold i volum%			Densiteter i g/cm ³		
	Total	Sug	Luft	Tørr	Mettet	U. porer
Terning 12-Topp	18,1	14,7	3,4	2,207	2,388	2,695
Terning 12-Midt	16,2	13,3	2,9	2,261	2,422	2,695
Terning 12-Bunn	14,0	11,6	2,4	2,319	2,458	2,694
Middel	16,1	13,2	2,9	2,262	2,423	2,695
Utb. syl. 1-1 Finér	16,6	13,6	2,9	2,272	2,438	2,723
Utb. syl. 1-1 Midt	17,3	15,0	2,3	2,238	2,411	2,706
Utb. syl. 1-1 Stål	18,9	15,7	3,2	2,189	2,378	2,700
Middel (topp vegg)	17,6	14,8	2,8	2,233	2,409	2,710
Utb. syl. 8-1 Finér	15,5	13,0	2,6	2,288	2,444	2,709
Utb. syl. 8-1	14,6	12,2	2,4	2,309	2,455	2,703
Utb. syl. 8-1 Midt	15,0	12,4	2,6	2,304	2,455	2,712
Middel (midt vegg)	15,1	12,5	2,5	2,300	2,451	2,708
Utb. syl. 14-1 Finér	14,7	12,6	2,1	2,327	2,474	2,728
Utb. syl. 14-1	14,2	12,1	2,1	2,315	2,457	2,698
Utb. syl. 14-1 Midt	12,9	11,2	1,7	2,344	2,473	2,691
Middel (bunn vegg)	13,9	11,9	2,0	2,329	2,468	2,706
Utb. syl. 22-1 Finér	14,3	12,2	2,1	2,317	2,460	2,703
Utb. syl. 22-1	12,7	11,0	1,7	2,356	2,483	2,699
Utb. syl. 22-1 Midt	13,2	12,0	1,3	2,345	2,477	2,703
Middel (bunn vegg)	13,4	11,7	1,7	2,339	2,473	2,701

4.3 Vanninntreningsprøving

Resultatene fra vanninntreningsforsøkene er vist i tabell 4.3.1, 4.3.2 og 4.3.3

Tabell 4.3.1 Resultater vanninntrengning støpte prøver

LAB.	SYLINDERE Ø 150 mm				TERNINGER			
	INNTRENGNING I mm				STD. CEN INNTRENGNING I mm			
	STD. CEN		NS 3420		150x150x150m		100x100x100m	
	MAKS	MID.	MAKS	MID.	MAKS	MID.	MAKS	MID.
NBI	6	5	8	6	14	9	12	8
	10	7	9	6	19	9	17	9
	12	6	13	8	10	6	9	6
Middel	9	6	10	7	14	8	13	8
NOTEBY	13	9	11	10	13	11	16	8
	14	11	21	9	8	7	9	9
	18	14	12	11	9	8	8	4
Middel	15	11	15	10	10	9	11	7
SINTEF	15	10						
	12	10						
	26	15						
Middel	18	12						
SP	15	11						
	16	13						
	13	10						
Middel	15	11						
DTI ¹⁾	2	0						
	2	0						
	4	1						
Middel	3	0						
VTT	11	9						
	13	7						
	10	5						
Middel	11	7						

¹⁾ O-ringdiameter 100 mm

Tabell 4.3.2 Resultater vanninntrengning utborede prøver med diameter 143 mm

LAB.	SYLINDERDIAMETER 143 mm - INNTRENGNING I mm									
	STÅLFLATE				FINERFLATE				SAGFLATE	
	STD. CEN		1 D. TRYKK		TØRRLAGRET		STD. CEN		STD. CEN	
	MAKS	MID.	MAKS	MID.	MAKS	MID.	MAKS	MID.	MAKS	MID.
	56	29	60	43	44	30	56	47	59	41
NBI	45	34	49	35	34	23	55	43	55	37
	44	31	39	26	52	32	77	64	77	29
Middel	48	31	49	35	43	28	63	51	64	36
	59	50			62	40				
NOTEBY	125 ¹⁾	95 ¹⁾			52	30				
	52	40			59	40				
Middel	56	45	-	-	58	37	-	-	-	-
	22	20			40	30	60	50	94	75
SINTEF	58	55			67	55	48	45	80	65
	42	35			49	40	66	55	63	50
Middel	41	37	-	-	52	42	58	50	79	63
	32	30	60	42			46	33	26	21
SP	130 ²⁾	130 ²⁾	40	35			80	50	35	28
	54	45	60	55			38	30	40	30
Middel	43	38	53	44	-	-	55	38	34	26
	52	44							69	51
DTI ³⁾	47	45							38	34
	47	40							52	37
Middel	49	43	-	-	-	-	-	-	53	41
	45	33	38	28	95	75	48	37		
VTT	30	24	40	30	60	43	60	36		
	80	52	62	41	60	43	58	40		
Middel	52	36	47	33	72	54	55	38	-	-

¹⁾ Vanninntrengning i hele prøvens lengde forårsaket av et armeringsjern, ikke tatt med i beregning av middelverdier

²⁾ Ikke tatt med i beregning av middelverdier pga. inntrengning i sprekk/støpefeil

³⁾ O-ringdiameter 100 mm ved prøving av sagflater

Tabell 4.3.3 Resultater vanninntrengning utborede prøver med diameter 100 mm og 80 mm

LAB.	SYLINDERDIAMETER 100 mm				SYLINDERDIAMETER 80 mm			
	STD. CEN INNTRENGNING I							
	mm				mm			
	O-RING 50 mm		O-RING 75 mm		O-RING 50 mm		O-RING 75 mm	
	MAKS	MID.	MAKS	MID.	MAKS	MID.	MAKS	MID.
	40	30	46	40	35	32	31	28
NOTEBY	30	23	48	40	25	18	29	24
¹⁾	35	25	43	35	65	45	38	35
Middel	35	26	46	38	42	32	33	29
	102	95			60	50		
SINTEF	135 ²⁾	135 ²⁾			60	60		
	66	50			60	50		
Middel	101	93	-	-	60	53	-	-
			38	35			43	33
DTI			27	23			63	51
			42	37			48	39
Middel	-	-	36	32	-	-	51	41

¹⁾ O-ringdiameter 50 mm og 60 mm på prøver med 80 mm diameter

²⁾ Vanninntrengning i hele prøvens lengde

5. RESULTATVURDERING

Trykkfasthet

Resultatene fra trykkfasthetsprøvingen viser at for støpte normherdede prøver, tilfredsstillende betongen en kvalitet C 45. For prøver boret ut fra vegg er det en viss variasjon i prøveresultatet. Følgende trykkfastheter ble målt:

Topp av vegg	31,0 og 32,2 MPa
Midt på vegg	39,3 og 41,5 MPa
Bunn av vegg	41,7 og 41,5 MPa

Fasthetene er sylindrefasthet med høyde/diameter-forhold lik 1.

Prøver tatt fra konstruksjonen tilfredsstillende kravene til bestilt fasthetsklasse.

Prøver boret ut fra veggens topp har lavere fasthet enn prøver som er tatt ut fra midt og bunn av vegg. Det er ingen variasjon mellom veggens midt og bunn mht. trykkfasthet. Forskjellene i trykkfasthet topp - midt/bunn er stor ($\approx 25\%$). Årsakene til dette er variasjon i luftinnhold og sugporøsitet. Spredningen får imidlertid ikke konsekvenser for rapportens konklusjoner mht. vanninntrengning.

Porøsitet

Basert på den nominelle resept med et sementinnhold på 306 kg/m³ og et vannsementtall på 0,56, er teoretisk beregnet sugporøsitet på ca. 12 vol-%. Følgende midlere sugporøsiteter ble målt:

Terning	13,2 vol-%
Topp av vegg	14,8 vol-%
Midt på vegg	12,5 vol-%
Bunn av vegg	11,8 vol-%

Terningen har en noe høyere sugporøsitet enn det som er forventet. Årsaken til dette antas å skyldes prøveuttakets innvirkning med et høyere pastainnhold i prøven.

Resultatene viste tydelige forskjeller både i luftinnhold og sugporøsitet mellom veggens topp og bunn. Det er forholdsvis liten variasjon mellom midt og bunn samtidig som de målte verdier samsvarer bra med de teoretiske verdier.

Følgende midlere luftinnhold ble målt:

Terning	2,9 vol-%
Topp av vegg	2,8 vol-%
Midt på vegg	2,5 vol-%
Bunn av vegg	1,9 vol-%

Den benyttede betong var ikke luftinnblandet og det luftinnhold som registreres er for det meste komprimeringsporer. Det ble registrert et økende luftinnhold med stigende vegg høyde.

Vanninntrengning

Støpte prøver

Ved måling av vanninntrengning av støpte normherdede prøver etter standard CEN-metode, klassifiserte samtlige laboratorier betongen i de støpte prøvene som vanntett basert på vurdering av maksimal inntrengning. Kravet til en vanntett betong etter ENV 206, er at den maksimale inntrengningen skal være mindre enn 50 mm, mens midlere inntrengning skal være mindre enn 20 mm. Følgende middelveier av maksimums- og midlere inntrengning på tre parallelle prøver ble målt:

LAB	Midlere maks. inntrengning mm	Midlere middels inntrengning mm
NBI	9	6
NOTEBY	15	11
SINTEF	18	12
SP	15	11
DTI	3	0
VTT	11	7
MIDDEL	12	8

Det er generelt liten variasjon i resultater mellom de enkelte laboratorier. Ett laboratorium rapporterer imidlertid noe lavere verdier enn de øvrige. Det er usikkert om årsaken til dette kan skyldes prøvebetingelser med størrelsen på O-ring (100 mm mot 75 mm for øvrige laboratorier) eller om det kan være variasjoner i de utstøpte prøver eller prøveprosedyrer.

På støpte prøver ble det på to av laboratoriene foretatt tilleggsforsøk med et vanntrykkforløp etter NS 3420. Prøvene utsettes for et vanntrykk på 300 kPa, 500 kPa og 700 kPa med 24 timer ved hvert trykknivå, isteden for 500 kPa i 24 timer. Resultatene fra disse forsøkene tyder på ingen målbar effekt av denne trykkendring.

Videre ble det også på de to samme laboratorium foretatt standard CEN-prøving på prøvelegemer med endret og redusert geometri (150x150x150 mm tern. og 100x100x100 mm tern.). Resultatene fra disse forsøkene tyder på ingen målbar effekt av disse geometriske endringer.

Utborede prøver

Ved måling av vanninntrengning på prøver boret ut fra konstruksjonen med stålflete i formen, etter standard CEN-metode, klassifiserte samtlige laboratorier den støpte betongen som ikke vanntett. Fire laboratorier måler en lavere midlere maksimal vanninntrengning enn kravet i ENV 206 på 50 mm, mens to laboratorier måler høyere. Den midlere middels inntrengning for samtlige laboratorier ble imidlertid målt til verdier som er større enn kravet på 20 mm i ENV 206.

De rapporterte middelverdier av maksimums- og midlere inntrengning på tre parallelle prøver var:

LAB	Midlere maks. inntrengning mm	Midlere middels inntrengning mm
NBI	48	31
NOTEBY	56	45
SINTEF	41	37
SP	43	38
DTI	49	43
VTT	52	36
MIDDEL	42	38

Variasjon i resultater innen det enkelte laboratorium er tildels stor. Årsakene til dette antas å skyldes variasjon i prøvematerialet. Det var ingen klare indikasjoner på forskjeller i vanninntrengning med hensyn til hvor prøveuttaket var lokalisert på konstruksjonen.

Det ble undersøkt effekt av prøveflatens type/egenskap med hensyn til innvirkning på vanninntrengning. Betongflater mot stål- og finersforskaling og sagflater ble testet. Resultatene viser generelt en noe høyere vanninntrengning for prøveflater mot finersforskaling og sagflater enn for prøveflater mot stålforskaling. Et laboratorium registrerer imidlertid redusert vanninntrengning for prøving av sagflater i forhold til stålflater. Dette antas å skyldes variasjoner i prøvematerialet.

Det ble gjort forsøk med redusert tid hvor prøvene stod under vanntrykk (24 timer isteden for 72 timer). Denne reduksjon i tid ved påført vanntrykk medførte ingen signifikant variasjon av resultater sammenlignet med standard CEN-metode.

Det ble også foretatt prøving på fire serier med endret kondisjonering med tre døgn "tørrelagring" i laboratorieluft forut for forsøksstart i stedet for standard lagring i 95 % RF. To laboratorier registrerte en økning i vanninntrengning, mens to registrerte en reduksjon. Effekt av variasjoner i prøvematerialet overstyrer eventuell effekt av lagringsforhold i tiden rett forut for prøving.

Det ble også gjort forsøk med redusert prøvegeometri når det gjelder vanninntrengning på utborede prøver. For prøver med en diameter på 100 mm og en O-ringdiameter på 75 mm registrerte de to laboratoriene som gjennomførte denne testen en reduksjon i vanninntrengning både for maksimum og for middels inntrengning i forhold til sylindere med diameter på 143 mm. For prøver med diameter 100 mm med redusert O-ringdiameter til 50 mm registrerer det ene laboratoriet en ytterligere reduksjon i vanninntrengningen, mens det andre laboratoriet registrerer en betydelig økning. Effekt av variasjoner i prøvematerialet antas å ha spilt en avgjørende betydning.

Ved reduksjon av prøvediameter til 80 mm med varierende O-ringdiameter registreres det verdier som avgjort kan betraktes som pålitelige verdier med hensyn til absoluttverdier og spredning. Det bør derfor ikke utelukkes å bruke prøver med en begrenset størrelse dersom det er eneste mulighet for å kontrollere vanninntrengningen for en konstruksjon i felt.

6. KONKLUSJONER

Den store variasjon som observeres i vanninntrengning på prøver boret ut fra en feltkonstruksjoner og på støpte prøver med identisk betong lagret i laboratoriet må tas med i betraktningen ved spesifisering og evaluering av en betongkonstruksjons vanntetthet. Muligens kan det være aktuelt å benytte en faktor for en mer direkte sammenligning av prøveresultater fra utborede prøver i felt og støpte normherdede prøver.

Det bør vurderes om det bør stilles et krav om uttak av prøver fra konstruksjon og prøving av vanntetthet i henhold til standarden. Kriteriene som benyttes til prøver boret ut fra konstruksjonen bør være noe endret i forhold til de krav som stilles til normherdede prøver.

Det vil ofte være et problem å ta ut prøver fra en konstruksjon med dimensjoner som tilfredsstillende standarden. Resultater fra de utførte forsøk indikerer imidlertid at det kan oppnås en brukbar overensstemmelse med prøver boret ut med adskillig mindre diametere.

Det bør også tas med i vurderingene at den betongkvaliteten som har blitt benyttet i dette prosjektet ble valgt med det formål å gi en viss vanninntrengning. Det bør derfor gjennomføres forsøk med en betongkvalitet som er mer "vanntett" enn den valgte dvs. ifølge NS 3420 et masseforhold lavere enn 0,5 og krav til ubetydelig vannutskillelse.

Herdebetingelsene for de utborede prøvene i denne undersøkelsen må regnes som gode og et lab./felt-forhold i denne undersøkelsen er $11/42 = 0,29$ for midlere maksimums inntrenging og $8/38 = 0,21$ for midlere middels inntrenging. Varierende herdeforhold gjør at lab/felt-forholdet vil variere fra bygg til bygg.

Et krav til vanninntrengning i konstruksjonen kan være en måte å sikre riktig utstøpnings og herdeforhold.

7. REFERANSER

/1/Farstad Tom.: Metoder for bestemmelse av betongs vanntetthet (fase 1), Nordtestprosjekt 1118 - 93, rapport O 7110, NBI, Oslo 14.sept. 1994.

/2/Sellevold E. J.: Herdnet betong: Bestemmelse av luft/makro og gel/kapillær - porøsitet samt relativt bindemiddelinhold, Nordtestprosjekt 571-85, rapport O 1731, NBI, Oslo 1986.

VEDLEGG 1

PRØVEOVERSIKT

STØPTE PRØVER

PRØVENR.	PRØVETYPE	PRØVE METODE	LABORATORIE		PRØVEIDE. VANNINNTR.	
1	Syl. Ø 100/200	RES	-		-	
2	«	«	-		-	
3	Tern. 100x100x100 mm	VAN	NOTEBY		BS4-1	
4	«	«	NBI		AS4-1	
5	«	«	NOTEBY		BS4-2	
6	«	«	NBI		AS4-2	
7	«	«	NOTEBY		BS4-3	
8	«	«	NBI		AS4-3	
9	«	TRY	NBI			
10	«	«	NBI			
11	«	«	NBI			
12	«	POR	NBI			
13	«	RES	-			
14	«	«	-			
15	Tern. 150x150x150 mm	VAN	NBI		AS3-1	
16	«	«	NOTEBY		BS3-1	
17	«	«	NBI		AS3-2	
18	«	«	NOTEBY		BS3-2	
19	«	«	NBI		AS3-3	
20	«	«	NOTEBY		BS3-3	
21	«	RES	-			
22	«	«	-			
23	«	«	-			
			PRØVEDEL A		PRØVEDEL B	
			LAB	PR.ID.	LAB	PR.ID.
24	Syl. Ø 150/300	VAN	VTT	FS1-1	VTT	FS1-2
25	«	«	VTT	FS1-3	DTI	ES1-1
26	«	«	DTI	ES1-2	DTI	ES1-3
27	«	«	SP	DS1-1	SP	DS1-2
28	«	«	SP	DS1-3	SINTEF	CS1-1
29	«	«	SINTEF	CS1-2	SINTEF	CS1-3
30	«	«	NBI	AS1-1	NOTEBY	BS1-1
31	«	«	NOTEBY	BS1-2	NBI	AS1-2
32	«	«	NBI	AS1-3	NOTEBY	BS1-3
33	«	«	NOTEBY	BS2-1	NBI	AS2-1
34	«	«	NBI	AS2-2	NOTEBY	BS2-2
35	«	«	NOTEBY	BS2-3	NBI	AS2-3

PRØVEMETODE :
 VAN - VANNINNTRENGNING
 TRY - TRYKKFASTHET
 POR - PORØSITET
 RES - UBENYTTET PRØVE I RESERVE

VEDLEGG 2

PRØVEOVERSIKT

UTBOREDE SYLINDRE - DIAMETER 80 mm OG 100 mm

PRØVE NR.	PRØVE DIAM.	CA. PLASERING I VEGG	PRØVE METODE	LABORATORIE	PRØVEIDENT. VANNINNTR.
1	Ø 80 mm	MIDT	VAN	SINTEF	CU8-1
2	«	«	«	SINTEF	CU8-2
3	«	«	«	DTI	EU9-1
4	«	«	«	DTI	EU9-2
5	«	«	«	DTI	EU9-3
6	«	«	«	SINTEF	CU8-3
7	«	«	«	NOTEBY	BU8-1
8	«	«	«	NOTEBY	BU8-2
9	«	«	«	NOTEBY	BU8-3
10	«	BUNN	«	NOTEBY	BU9-1
11	«	«	«	NOTEBY	BU9-2
12	«	«	«	NOTEBY	BU9-3
1	Ø 100 mm	TOPP	POR	NBI	-
2	«	«	TRY	NBI	-
3	«	«	VAN	SINTEF	CU6-1
4	«	«	«	NOTEBY	BU6-1
5	«	«	«	SINTEF	CU6-2
6	«	«	«	SINTEF	CU6-3
7	«	MIDT	VAN / TRY	DTI / NBI	EU7-1
8	«	«	VAN / POR	DTI / NBI	EU7-2
9	«	«	VAN / TRY	DTI / NBI	EU7-3
10	«	«	VAN	NOTEBY	BU6-2
11	«	«	VAN / TRY	NOTEBY / NBI	BU6-3
12	«	BUNN	VAN	NOTEBY	BU7-1
13	«	«	VAN / TRY	NOTEBY / NBI	BU7-2
14	«	«	VAN / POR	NOTEBY / NBI	BU7-3

PRØVEMETODE :
 VAN - VANNINNTRENGNING
 TRY - TRYKKFASTHET
 POR - PORØSITET
 RES - UBENYTTET PRØVE I RESERVE

PRØVEOVERSIKT

UTBOREDE SYLINDRE - DIAMETER 143 mm

PRØVE NR.	CA. PLASERING I VEGG	PRØVE METODE	PRØVEDEL A (mot stål)		PRØVEDEL A (mot finér)	
			PRØVELAB.	PR.ID.	PRØVELAB.	PR.ID.
1	BUNN	VAN	NBI	AU1-1	NBI	AU4-1
2	MIDT	«	VTT	FU1-1	VTT	FU4-1
3	«	«	VTT	FU1-2	VTT	FU4-2
4	TOPP	«	NBI	AU1-3	NBI	AU4-3
5	BUNN	«	VTT	FU1-3	VTT	FU4-3
6	«	«	SP	DU1-1	SP	DU4-1
7	MIDT	«	SINTEF	CU1-1	SINTEF	CU4-1
8	«	«	NBI	AU1-2	NBI	AU4-2
9	TOPP	«	SP	DU1-2	SP	DU4-2
10	BUNN	«	VTT	FU2-1	NBI	AU5-1
11	«	«	SINTEF	CU1-2	SINTEF	CU4-2
12	TOPP	«	VTT	FU2-2	NBI	AU5-2
13	BUNN	«	SP	DU1-3	SP	DU4-3
14	MIDT	«	SINTEF	CU1-3	SINTEF	CU4-3
15	«	«	VTT	FU2-3	NBI	AU5-3
16	TOPP	«	DTI	EU1-1	DTI	EU5-1
17	BUNN	«	DTI	EU1-2	DTI	EU5-2
18	MIDT	«	DTI	EU1-3	DTI	EU5-3
19	«	«	SP	DU2-1	SP	DU5-1
20	«	«	SP	DU2-2	SP	DU5-2
21	TOPP	«	SP	DU2-3	SP	DU5-3
22	BUNN	VAN / POR	SINTEF	CU3-1	SINTEF	CU5-1
23	MIDT	VAN	SINTEF	CU3-2	SINTEF	CU5-2
24	«	«	SINTEF	CU3-3	SINTEF	CU5-3
25	TOPP	«	NBI	AU2-1	-	-
26	«	«	VTT	FU3-1	-	-
27	BUNN	«	NBI	AU2-2	-	-
28	MIDT	«	NBI	AU2-3	-	-
29	«	«	NBI	AU3-1	-	-
30	«	«	VTT	FU3-2	-	-
31	TOPP	«	NOTEBY	BU3-1	-	-
32	BUNN	«	VTT	FU3-3	-	-
33	MIDT	«	NOTEBY	BU3-2	-	-
34	«	«	NOTEBY	BU3-3	-	-
35	TOPP	«	NOTEBY	BU1-1	-	-
36	«	«	NOTEBY	BU1-2	-	-
37	BUNN	«	NOTEBY	BU1-3	-	-
38	MIDT	«	NBI	AU3-2	-	-
39	«	«	NBI	AU3-3	-	-
40	«	RES	-	-	-	-
41	TOPP	RES	-	-	-	-

PRØVEMETODE : VAN - VANNINNTRENGNING
 POR - PORØSITET
 RES - UBENYTTET PRØVE I RESERVE

UTBOREDE SYLINDRE - DIAMETER 80 MM OG 100 MM

PRØVE NR.	PRØVE DIAM.	CA. PLASERING I VEGG	PRØVE METODE	LABORATORIE
1	Ø 80 mm	MIDT	VAN	SINTEF
2	«	«	«	SINTEF
3	«	«	«	DTI
4	«	«	«	DTI
5	«	«	«	DTI
6	«	«	«	SINTEF
7	«	«	«	NOTEBY
8	«	«	«	NOTEBY
9	«	«	«	NOTEBY
10	«	BUNN	«	NOTEBY
11	«	«	«	NOTEBY
12	«	«	«	NOTEBY
1	Ø 100 mm	TOPP	POR	NBI
2	«	«	TRY	NBI
3	«	«	VAN	SINTEF
4	«	«	«	NOTEBY
5	«	«	«	SINTEF
6	«	«	«	SINTEF
7	«	MIDT	VAN / TRY	DTI / NBI
8	«	«	VAN / POR	DTI / NBI
9	«	«	VAN / TRY	DTI / NBI
10	«	«	VAN	NOTEBY
11	«	«	VAN / TRY	NOTEBY / NBI
12	«	BUNN	VAN	NOTEBY
13	«	«	VAN / TRY	NOTEBY / NBI
14	«	«	VAN / POR	NOTEBY / NBI

PRØVEMETODE : VAN - VANNINNTRENGNING
 TRY - TRYKKFASTHET
 POR - PORØSITET
 RES - UBENYTTET PRØVE I RESERVE

VEDLEGG 3

PRØVEPROGRAM

STØPTE PRØVER

LAB.	SYLINDRE		TERNING	
	STD CEN 150/150	NS 3420 150/150	STD CEN 150/150	STD CEN 100/100
(A) NBI	AS1-1 AS1-2 AS1-3	AS2-1 AS2-2 AS2-3	AS3-1 AS3-2 AS3-3	AS4-1 AS4-2 AS4-3
(B) NOTEBY	BS1-1 BS1-2 BS1-3	BS2-1 BS2-2 BS2-3	BS3-1 BS3-2 BS3-3	BS4-1 BS4-2 BS4-3
(C) SINTEF	CS1-1 CS1-2 CS1-3			
(D) SP	DS1-1 DS1-2 DS1-3			
(E) DTI	ES1-1 ES1-2 ES1-3			
(F) VTT	FS1-1 FS1-2 FS1-3			

PRØVEPROGRAM

UTBOREDE SYLINDRE - DIAMETER 143 mm

LAB.	STÅLFORMFLATE			FINERFLATE STD CEN	SAGFLATE STD CEN
	STD CEN	1 DØGN TRYKK	LAGRING		
(A) NBI	AU1-1 AU1-2 AU1-3	AU2-1 AU2-2 AU2-3	AU3-1 AU3-2 AU3-3	AU4-1 AU4-2 AU4-3	AU5-1 AU5-2 AU5-3
(B) NOTEBY	BU1-1 BU1-2 BU1-3		BU3-1 BU3-2 BU3-3		
(C) SINTEF	CU1-1 CU1-2 CU1-3		CU3-1 CU3-2 CU3-3	CU4-1 CU4-2 CU4-3	CU5-1 CU5-2 CU5-3
(D) SP	DU1-1 DU1-2 DU1-3	DU2-1 DU2-2 DU2-3		DU4-1 DU4-2 DU4-3	DU5-1 DU5-2 DU5-3
(E) DTI	EU1-1 EU1-2 EU1-3				EU5-1 EU5-2 EU5-3
(F) VTT	FU1-1 FU1-2 FU1-3	FU2-1 FU2-2 FU2-3	FU3-1 FU3-2 FU3-3	FU4-1 FU4-2 FU4-3	

PRØVEPROGRAM

UTBOREDE SYLINDRE - DIAMETER 80 mm OG 100 mm

LAB.	SYLINDERDIAMETER 100 mm		SYLINDERDIAMETER 80 mm	
	O RING 50 mm	O RING 75 mm	O RING 50 mm	O RING 75 mm
(B) NOTEBY	BU6-1 BU6-2 BU6-3	BU7-1 BU7-2 BU7-3	BU8-1 BU8-2 BU8-3	BU9-1 BU9-2 BU9-3
(C) SINTEF	CU6-1 CU6-2 CU6-3		CU8-1 CU8-2 CU8-3	
(E) DTI		EU7-1 EU7-2 EU7-3		EU9-1 EU9-2 EU9-3

