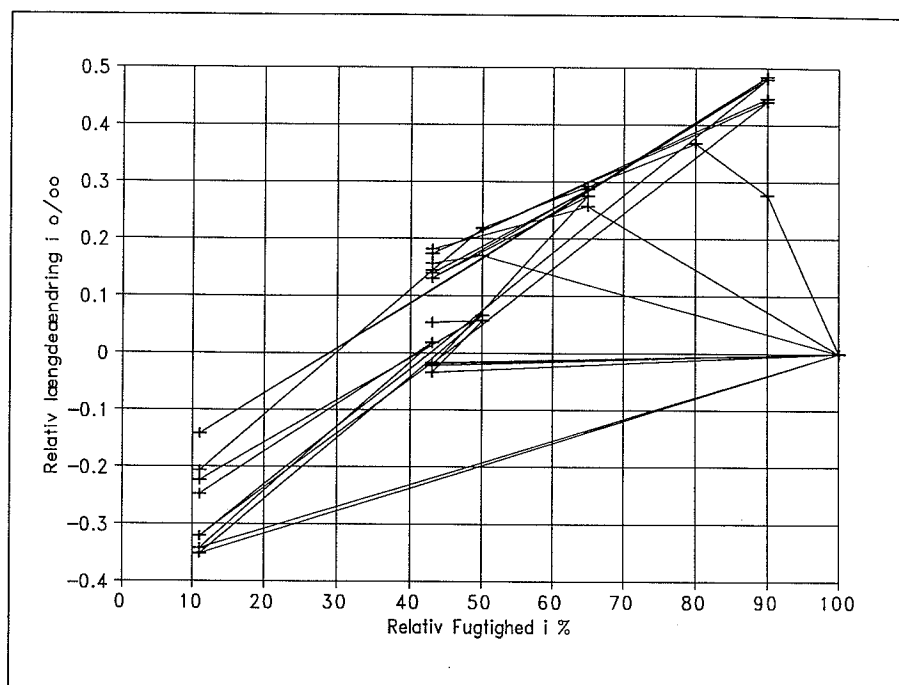




SVIND I POREBETON

Henry Høffding Knutsson
Statens Byggeforskningsinstitut
Hørsholm

Anders Nielsen
Lauge Fuglsang Nielsen
Danmarks Tekniske Universitet
Lyngby

Januar 1994

Svind i porebeton,

Henry Høffding Knutsson
Anders Nielsen
Lauge Fuglsang Nielsen

**Statens Byggeforskningsinstitut
Hørsholm 1994**

**Laboratoriet for Bygningsmaterialer
Danmarks Tekniske Universitet
Teknisk Rapport 323-1995**

Svind i porebeton
Laboratoriet for Bygningsmaterialer
Danmarks Tekniske Universitet
Teknisk Rapport 323·1995
Januar 1995

Stikord

Porebeton, svind, svindberegningsteori

Resumé

Porebeton af fabrikat H+H er blevet undersøgt for fugtbindingsevne (sorption), svind og svelning, styrke og stivhed. En materialemekanisk model er blevet anvendt til at modellere størrelsen af svindet og svindets afhængighed af den relative luftfugtighed. Teorien støtter det overraskende resultat af målingerne, at porebeton af denne type sveller under den første udtørring.

Indhold

Forord	5
1 Indledning	6
2 Sorptionsisotermer	8
2.1 Forsøgsmetode	8
2.2 Forsøgsresultater	9
3 Forsøg med svind/svelning	14
3.1 Forsøgsmetode	14
3.2 Forsøgsplan	15
3.3 Forsøgsresultater	16
3.4 Behandlede resultater	21
4 Elasticitetsmodul og styrke	24
4.1 Trykforsøg	24
4.2 Trækforsøg	26
5 Svindberegningsteori	28
5.1 Analyse af porebetons svind og porestruktur	28
5.2 Resultater	30
5.3 Sammenligning mellem teori og praksis	35
6 Afslutning	36
Litteratur	37

Forord

Den foreliggende rapport om svind i porebeton, et forprojekt, er resultatet af et samarbejde mellem H+H Industri A/S, Ølsted, (H+H), Laboratoriet for Bygningmaterialer, Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby, (LBM) og Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm, (SBI) .

Behovet for afklaring omkring rapportens emne, hvorledes svindet afhænger af den relative luftfugtighed, har længe været til stede. Den direkte anledning til det aktuelle samarbejde er et projekt støttet af Erhvervsfremmestyrelsen, "Letbetonbranchens præstandardisering".

H+H har leveret materialer og har udført de rutinemæssige kontrolprøver på dette. SBI har udført målinger af svind og mekaniske egenskaber. LBM har målt sorptionsisotermene og har leveret en materialemekanisk model for svindforløbet.

Det er planen at dette arbejde skal følges op med målinger på andre firmaers produkter og med udarbejdelsen af en revideret prøvningsmetode for svind og svelning.

Foruden rapportens forfattere har følgende SBI-medarbejdere medvirket, civilingeniør Peter Mossing har stået for målingerne i laboratoriet, medens akademiingeniør Mogens Buhelt og civilingeniør Finn R. Gottfredsen har bearbejdet prøvningsresultaterne. Fra LBM har civilingeniør Lauge Fugsang Nielsen medvirket ved udarbejdelsen af svindberegningsteorien. Fra H+H har ingeniør Tom Christensen deltaget ved planlægning af prøvningsserierne og har senere gennemgået rapporten kritisk.

Vi vil gerne takke ovennævnte for deres indsats i forbindelse med projektets gennemførelse.

Jens Lund-Petersen
H + H

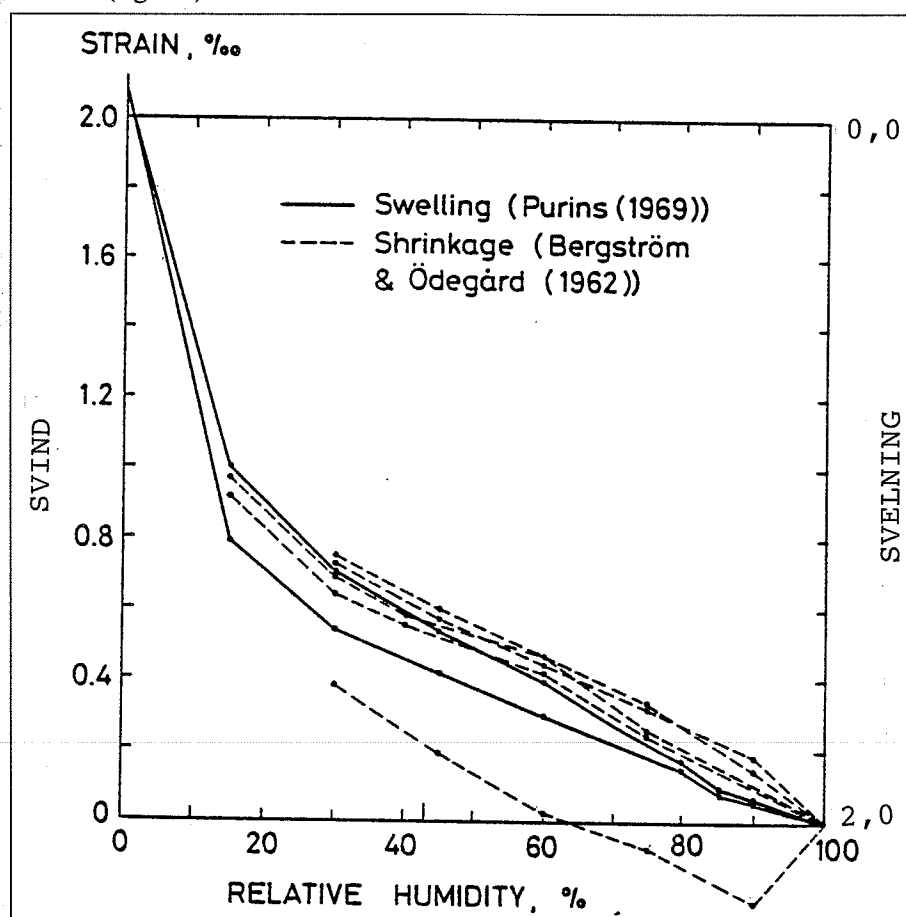
Henry H. Knutsson
SBI

Anders Nielsen
LBM

1 Indledning

Dansk porebetons fugtbetingede deformationer, svind og svelning, har længe været utilstrækkeligt belyst, forstået på den måde, at den detaljerede sammenhæng mellem tøjningen og den relative luftfugtighed (RF), som materialet er i ligevægt med, ikke har været kendt i detaljer.

For svenske produkter kendes en lineær sammenhæng over et ret stort RF-område (figur 1).



Figur 1. Svind (shrinkage) og svelning (swelling) for nogle svenske gasbetonprodukter. Fra /1/.

I den samme figur ses, at et af produkterne sveller ved udtørring fra vandmætning til ligevægt ved 90% RF.

Kurver, som figur 1, er ikke almindeligt kendte for det danske produkt fra H+H. Den almindelige opfattelse af materialets svind er baseret på resultaterne fra den standardiserede prøvemethode DS 433.6. Denne metode viser, at H+H-gasbeton ved udtørring fra leveringsfugtig tilstand til ligevægt ved 43 % RF ikke svinder; men nærmere har en svag svelning. Ved prøvemethodens efterfølgende opfugtning i 90 % RF i tre døgn kan der konstateres en svelning af en størrelsesorden som forventelig for et sådant

porøst materiale. Disse iagttagelser peger på, at der er forhold ved gasbeton-materialerne, som bør undersøges nærmere.

Der er blevet indgået et samarbejde mellem H+H, SBI og LBM. H+H har leveret materiale udtaget tilfældigt på tre dage fra december 1992 til januar 1993. Prøvninger af mekaniske og fugttekniske egenskaber er blevet udført som vist i tabel 1.

Tabel 1. Oversigt over foretagne prøvninger.

PRØVNING	Antal prøve- legemer	Prøvning hos	Prøvemethode
Trykstyrke			
Densitet		H+H	DS433.3
Fugtindhold			
Sorptionskurve	6	LBM	LBM
E-modul (tryk)		H+H	DS433.5
E-modul (tryk)	2×1	SBI	DS433.5
E-modul (træk)	8+4	SBI	SBI
Bøjningstrækstyrke		H+H	DS433.4
Svind/svelning	9×3	SBI	DS433.6 og SBI/LBM

2 Sorptionsisotermer

De- og adsorptionskurver for gasbetonen er blevet målt på LBM, DTU. Vejninger på SBI er blevet benyttet til kontrol af LBM's målinger.

2.1 Forsøgsmetode

Princippet i målingerne ved LBM er, at små prøver af knust gasbeton bringes i fugtligevægt ved udvalgte relative luftfugtigheder (RF), hvorefter fugtindholdet bestemmes. Fugtindholdet optegnes som funktion af RF. Diagrammerne benævnes sorptionsisotermer.

H+H leverede seks stykker gasbeton med dimensionen 100×100×200 mm. Nummereringen var:

92 51 07/27 B11 og T12

93 02 07/27 B11 og T12

93 03 02/17 B11 og T12

B står for bund og T står for top, i forhold til elementets hæveretning.

Prøverne blev delt således, at de yderste 50 mm i hver ende blev skåret af og bearbejdet videre, medens den midterste halvdel blev gemt.

De to endestykker blev knust og sigtet igennem et sigtesæt med 1 og 2 mm sigter. Indholdet på Sigte 1 blev anvendt, mens overkorn og underkorn blev kasseret. Sigteresten blev delt statistisk korrekt i to dele, og den ene del blev tørret ved 105°C. Det fugtige og det tørre materiale blev yderligere delt til en prøvestørrelse på ca. 2 gram. Hver af disse prøver blev placeret i et vejeglas.

Vejeglassene blev placeret i eksikatorer med vacuum og mættede saltopløsninger, som gav følgende RF-værdier:

11%, 20%, 33%, 44%, 65%, 93%, 97%

Eksikatorerne stod i vandbad i lukkede beholdere. Vandbadenes temperatur blev holdt på $(23,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$. Temperaturstyringsudstyret er beskrevet i /2/, LBM Teknisk Rapport 312/94.

Glassene blev vejjet med jævne mellemrum fra maj til oktober 1993 indtil ligevægt var indtruffet. Prøverne blev fulgt i et stykke tid efter ligevægt. På basis af disse målinger blev adsorptions- og desorptionskurver beregnet og tegnet.

På SBI blev prøvelegemerne fra måleserie 2, 3, 7, 8 og 9 (beskrives i kap. 3) efter sidste deformationsmåling udtørret ved 105°C, hvorefter et antal ligevægtsvandtørstofforhold blev beregnet. Disse kan jävnføres med de ovenfor beskrevne målinger. Ligeledes kan leveringsfugtigheden beregnes.

2.2 Forsøgsresultater

De opnåede ligevægtsvandtørstofforhold for de seks elementer ses i tabel 2.

De på SBI målte leveringsvandtørstofforhold og de opnåede ligevægtsvandtørstofforhold ses i tabel 3.

Leveringsfugtigheden har ligget på:

$$m\{u\} = 23,4\% \quad s\{u\} = 2,3\% \text{ (laveste/højeste værdi 18,7\%/26,3\%)}$$

Den store spredning skyldes produktionsforholdene.

LBM's sorptionsresultater er optegnet i figur 2 til 4.

SBI's sorptionsresultater ses på figur 5.

En sammenstilling af alle resultaterne ses på figur 6.

På figur 4 og på den ene kurve på figur 3 ses et trappeformet spring på desorptionskurven. Dette kan ikke umiddelbart forklares. Tilsvarende spring er set i sorptionsundersøgelser af andre cementbundne materialer. Det er bemærkelsesværdigt, at det kun forekommer på halvdelen af resultaterne. I den teoretiske behandling af resultaterne i afsnit 5 er der set bort fra dette spring.

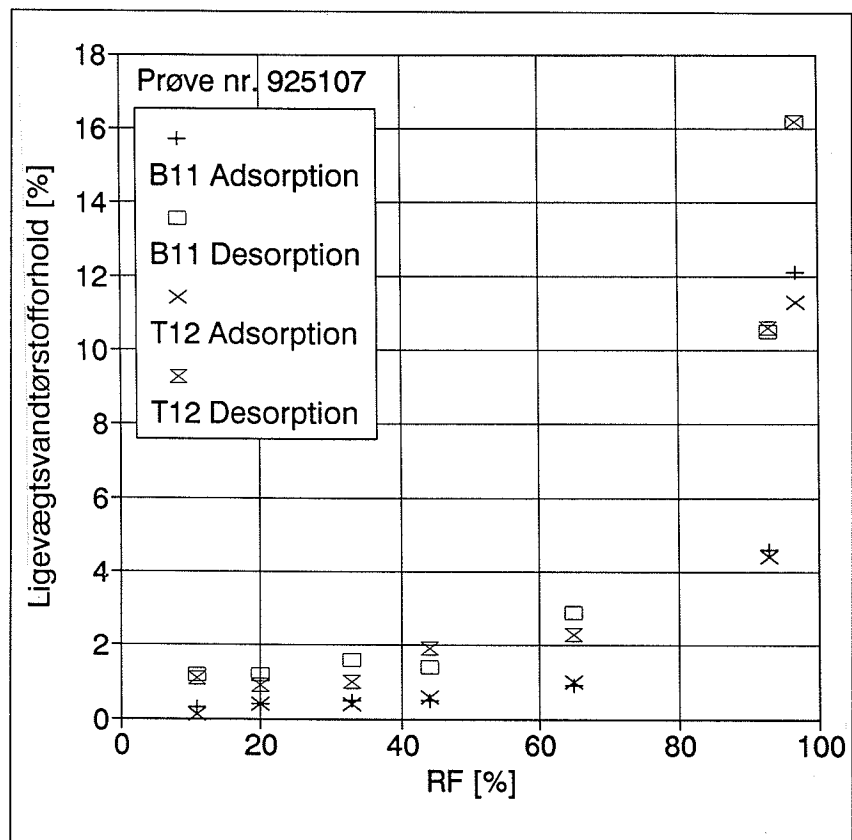
Figur 6 giver et indtryk af den sikkerhed, hvormed sorptionskurverne er bestemt. Der ses også at være god overensstemmelse mellem LBM's og SBI's målinger.

Tabel 2. Sorptionsresultater fra LBM, ligevægtsvandtørstofforhold [%]

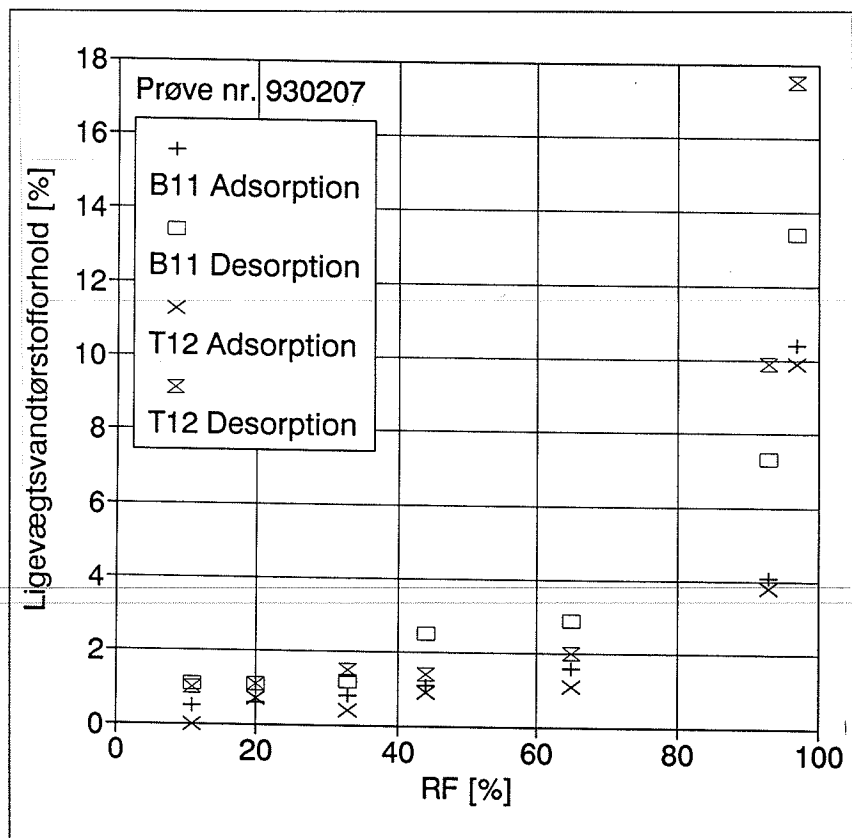
Prøve Nr.	Adsorption, RF %							Desorption, RF %						
	11	20	33	44	65	93	97	11	20	33	44	65	93	97
925107 B11	0,3	0,4	0,5	0,5	0,9	4,6	12,1	1,2	1,2	1,6	1,4	2,9	10,5	16,2
" T12	0,1	0,4	0,4	0,6	1,0	4,4	11,3	1,1	0,9	1,0	1,9	2,3	10,6	16,2
930207 B11	0,5	0,6	0,8	1,1	1,6	4,1	10,4	1,1	1,1	1,2	2,5	2,9	7,3	13,4
" T12	0,0	0,7	0,4	0,9	1,1	3,8	9,9	1,0	1,1	1,5	1,4	2,0	9,9	17,5
930302 B11	0,3	0,7	0,7	0,7	1,0	4,0	11,0	1,2	0,9	1,3	2,4	2,3	9,8	15,2
" T12	0,1	0,3	0,3	0,4	0,9	3,4	10,0	0,9	1,0	1,4	2,4	2,9	9,9	16,5

Tabel 3. Sorptionsresultater, SBI

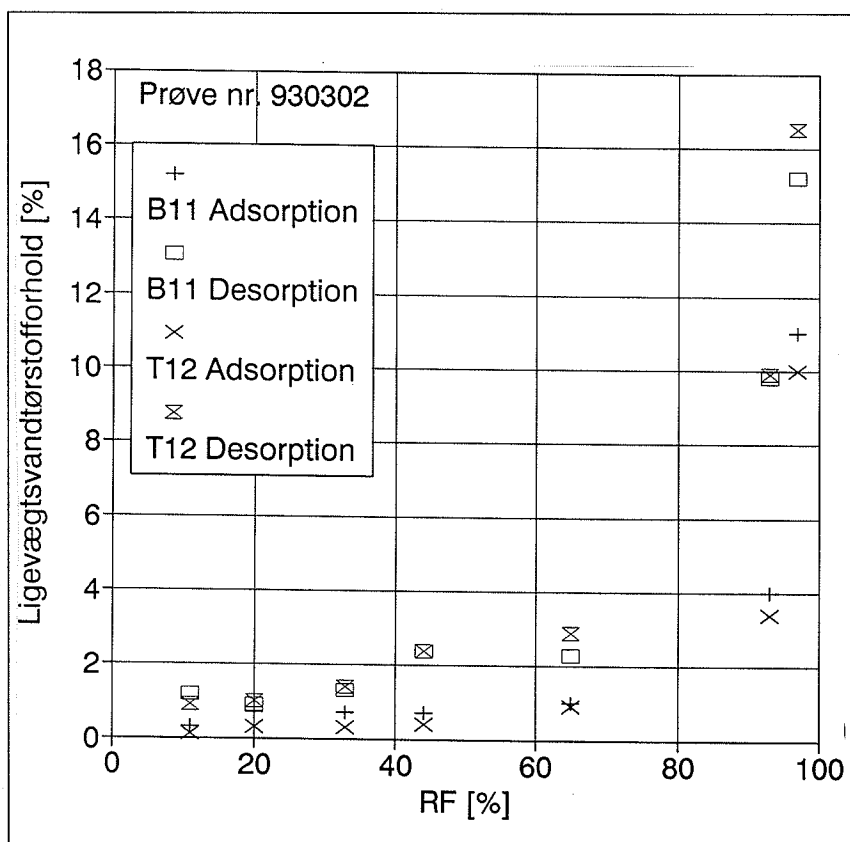
			Beregnete vandtørstofforhold, %				
Serie	Dato	RF [%]	Prøvelegeme 1, 2 og 3			Middel	Spredning
2	22-05	100	22,18	23,08	26,33	23,86	2,18
	01-06	11	1,19	1,02	1,01	1,07	0,10
	11-06	43	1,86	1,76	1,73	1,78	0,07
	24-06	11	1,39	1,33	1,32	1,35	0,04
	slut	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	22-05	100	23,15	19,78	24,79	22,57	2,56
	01-06	43	1,86	1,81	1,64	1,77	0,11
	11-06	50	2,08	2,06	1,99	2,04	0,05
	24-06	43	2,05	2,03	1,99	2,02	0,03
	slut	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	22-05	100	24,92	22,12	26,31	24,45	2,13
	11-06	65	2,48	2,39	2,41	2,43	0,05
	24-06	43	2,00	1,99	1,98	1,99	0,01
	slut	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	22-05	100	24,62	22,39	26,29	24,43	1,96
	07-06	50	2,02	1,96	1,94	1,97	0,04
	21-06	43	1,99	1,91	1,90	1,93	0,05
	slut	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	22-05	100	24,37	18,72	24,72	22,60	3,37
	01-06	11	0,96	0,96	0,83	0,91	0,08
	11-06	50	1,85	1,84	1,78	1,82	0,04
	24-06	11	1,31	1,31	1,27	1,30	0,02
	slut	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



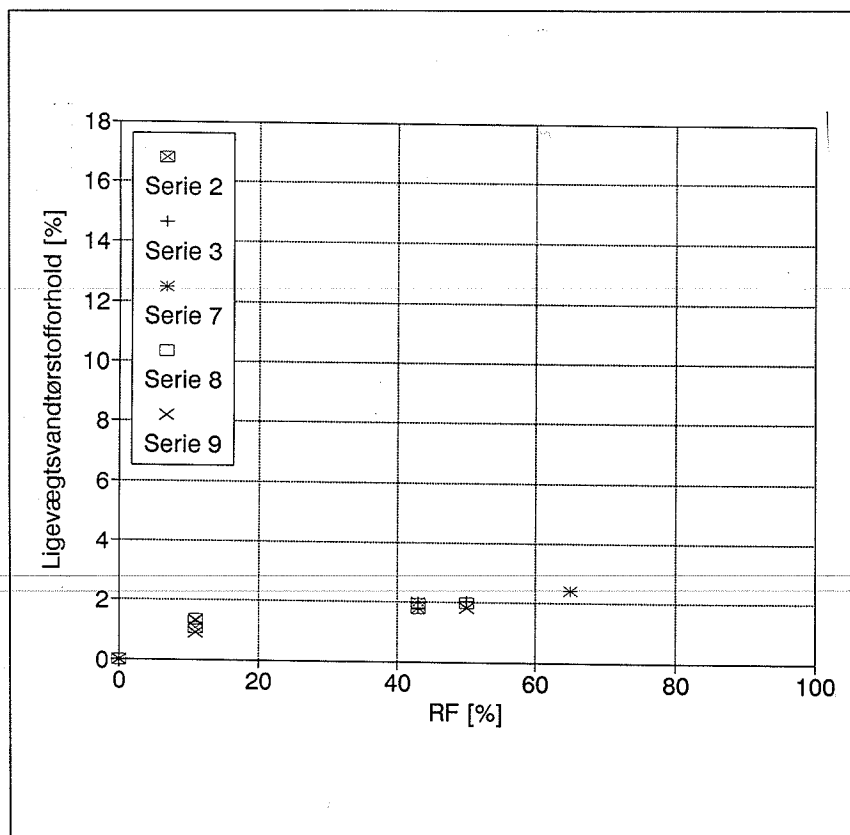
Figur 2. Sorptionsdata fra LBM for prøve 92 51 07



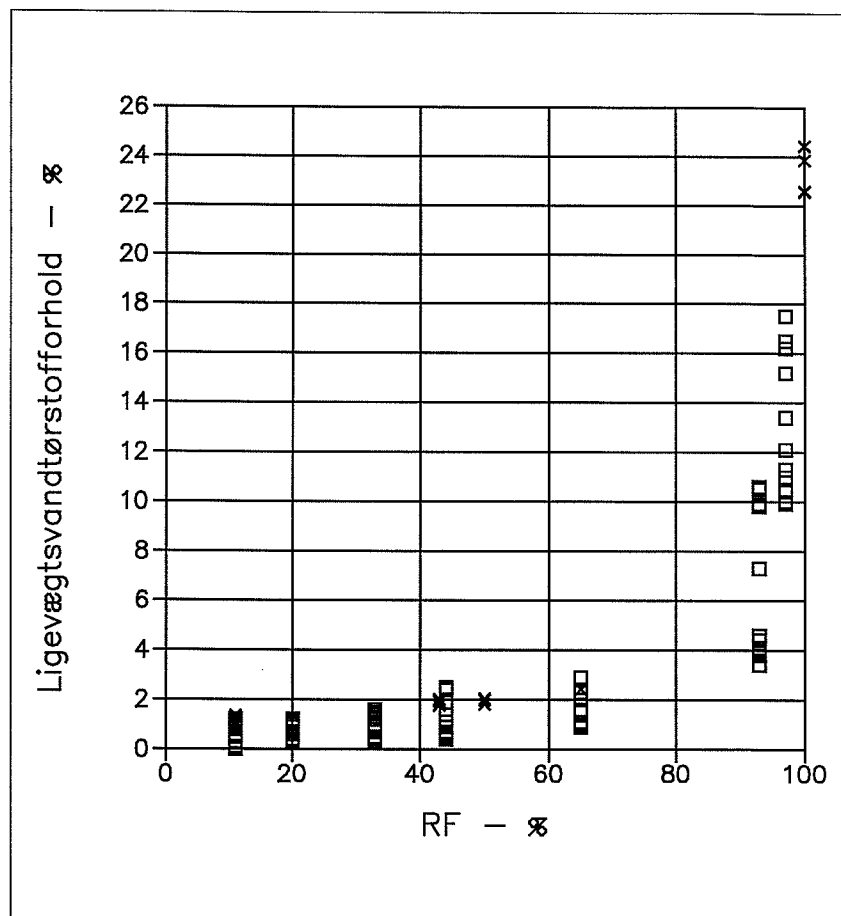
Figur 3. Sorptionsdata fra LBM for prøve 93 02 07



Figur 4. Sorptionsdata fra LBM for prøve 93 03 02



Figur 5. Lige vægtsvandtørstof forhold fra scanning forsøg serie 2, 3, 7, 8 og 9 fra SBI



Figur 6. Alle de- og adsorptionsresultater fra LBM (□) samt scanningresultater fra SBI (X)

3 Forsøg med svind/svelning

Der er foretaget deformationsmålinger på prøvelegemer af porebeton udsat for forskellige fugthistorier, for at fastlægge de fugtbetingede deformationer under varierende fugtforhold. Hver af de 9 gennemførte fugthistorier er prøvet med tre prøveemner udtaget fra tre forskellige elementer. Disse tre elementer er udtaget tilfældigt fra produktionen over en periode.

3.1 Forsøgsmetode

Princippet i forsøgsmetoden er, at længden af forsøgsemnerne måles, efter at de er tørret eller fugtet op i fastlagte klimaer med konstant relativ fugtighed. Målingerne er gennemført efter de retningslinier der er angivet i DS 433.6 (2. udgave, 1989), men med visse ændringer, først og fremmest med hensyn til benyttede fugtniveauer samt størrelsen af prøvelegemerne. De væsentlige afvigelser fra DS 433.6 fremgår af de følgende afsnit.

Forsøgsemner

Forsøgene er udført på tørt udsavede prismen med dimensionerne $40 \times 40 \times 160$ mm. Prøvelegemerne er således væsentlig mindre end specifikationerne i 2. udgave af DS 433.6 angiver, men svarer til de prøvelegemer der skulle bruges efter 1. udgave fra 1977. De små dimensioner er valgt af hensyn til forsøgets tidsforbrug, idet visse serier skal i fugtligevægt ved seks forskellige fugtniveauer.

Udsavning af prismen foregik på fabrikken (H+H, Ølsted) umiddelbart efter fremstillingen. Hvert prisme fik pålimet en måletap i hver ende, hvorefter alle prismen blev nummereret, og forseglet i kraftig plast, før de blev leveret til SBI.

Modtagelse og opbevaring

Efter leveringen til SBI blev prøverne i forseglingen placeret i et klimarum med en relativ fugtighed på 90 %. Her blev prøverne opbevaret indtil målingerne gik i gang.

I løbet af denne periode blev alle prøveemner målt og vejet 7 gange. Det kan på baggrund af disse målinger konstateres at både længde og vægt var konstant under opbevaringen. Det kan derfor konstateres, at prøverne var leveringsfugtige ved deformationsforsøgenes start.

Lagring og måling

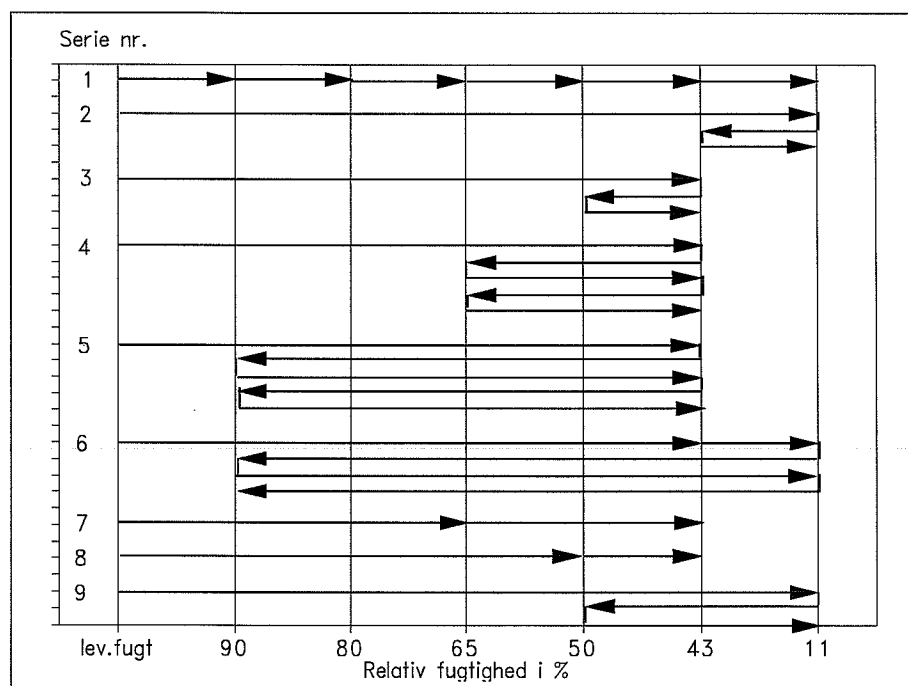
Under prøvningen blev forsøgsemnerne opbevaret i klimarum ved det fastlagte fugtniveau $\pm 2\%$ RF. Temperaturen blev ligeledes styret, og lå på $26^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, hvilket er lidt over specifikationerne i DS 433.6. Plaster blev fjernet og prøvelegemerne lagret i det planlagte klima. Lagringen ved et givet fugtniveau blev bibeholdt indtil der var indtrådt fugtligevægt, hvilket blev

konstateret ved, at prøvelegemerne blev vejet i forbindelse med hver længdemåling for at få et indtryk af fugtbevægelserne. Både vejninger og længdemålinger blev foretaget med tre-fire dages mellemrum (2 gange ugentligt).

3.2 Forsøgsplan

Som beskrevet ovenfor var det formålet med forsøgene at bestemme porebetons længdeændringer under varierende fugtforhold. Kun fugtforholdene blev varieret under forsøgene, medens temperaturen blev holdt konstant. Ved forsøgene blev der benyttet følgende fugtniveauer, angivet som relativ fugtighed: 11, 43, 50, 65, 80 og 90%. Alle forsøgene startede if. afsnit 3.1 ved leveringsfugtig tilstand, svarende til omtrent 100 %RF. Det skal bemærkes at 43 % RF, som indgår hyppigt i fugthistorierne, sammen med 90 % RF, er de fugtniveauer der bliver benyttet til at bestemme svind og svelning efter DS 433.6.

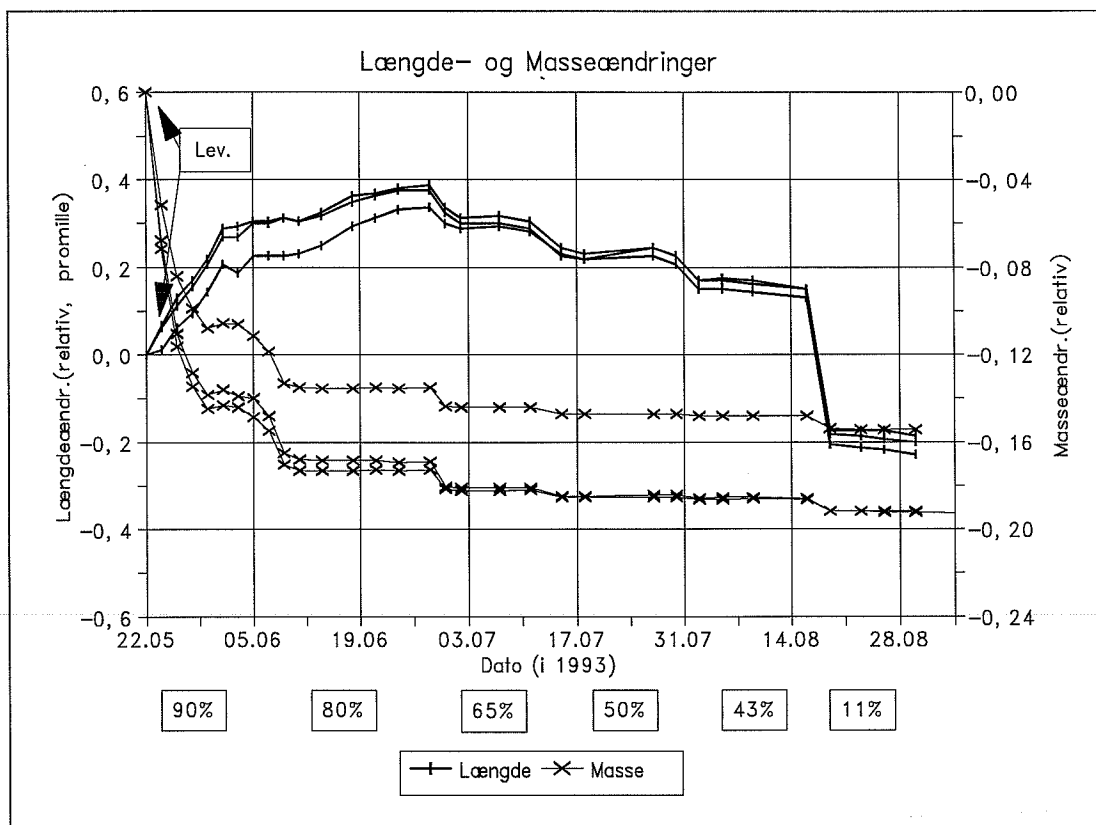
Forløbet af de 9 fugthistorier der blev gennemført er vist i figur 7. Prøvelegemerne, der tre og tre har gennemløbet de ni fugthistorier, benævnes i det følgende serie 1, serie 2 osv.

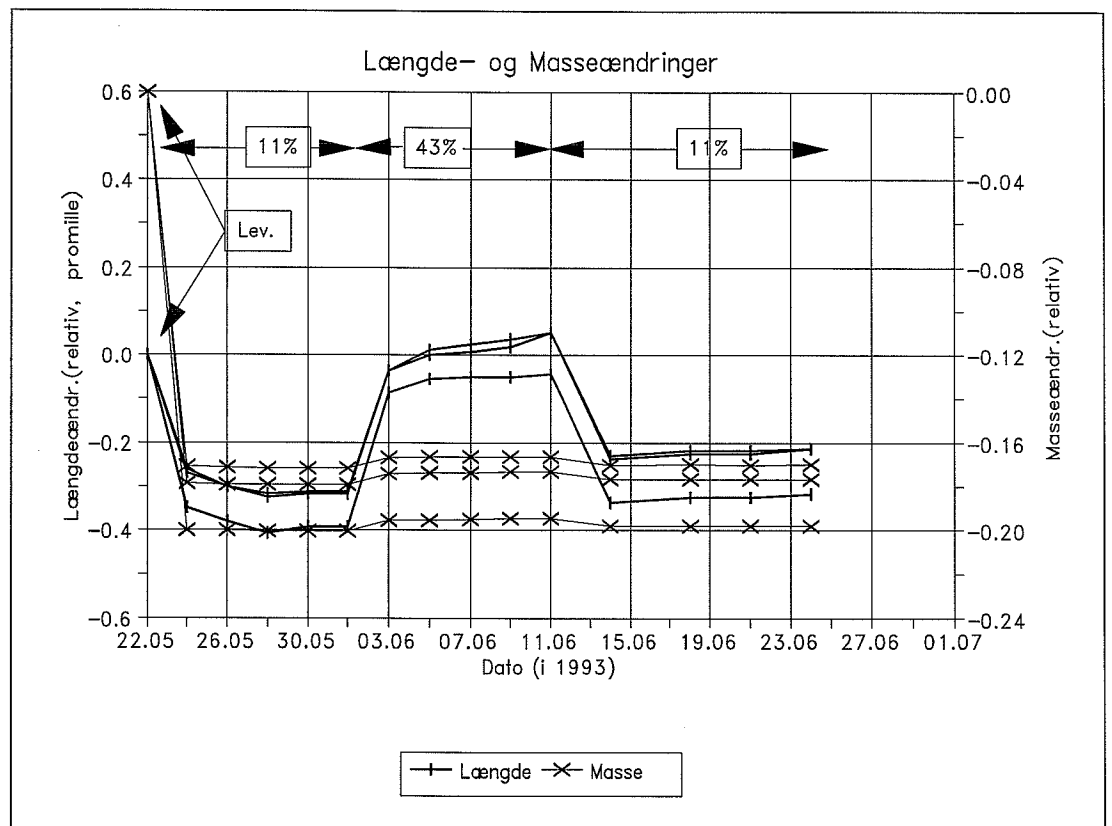


Figur 7. Oversigt over de ni gennemførte fugthistorier.

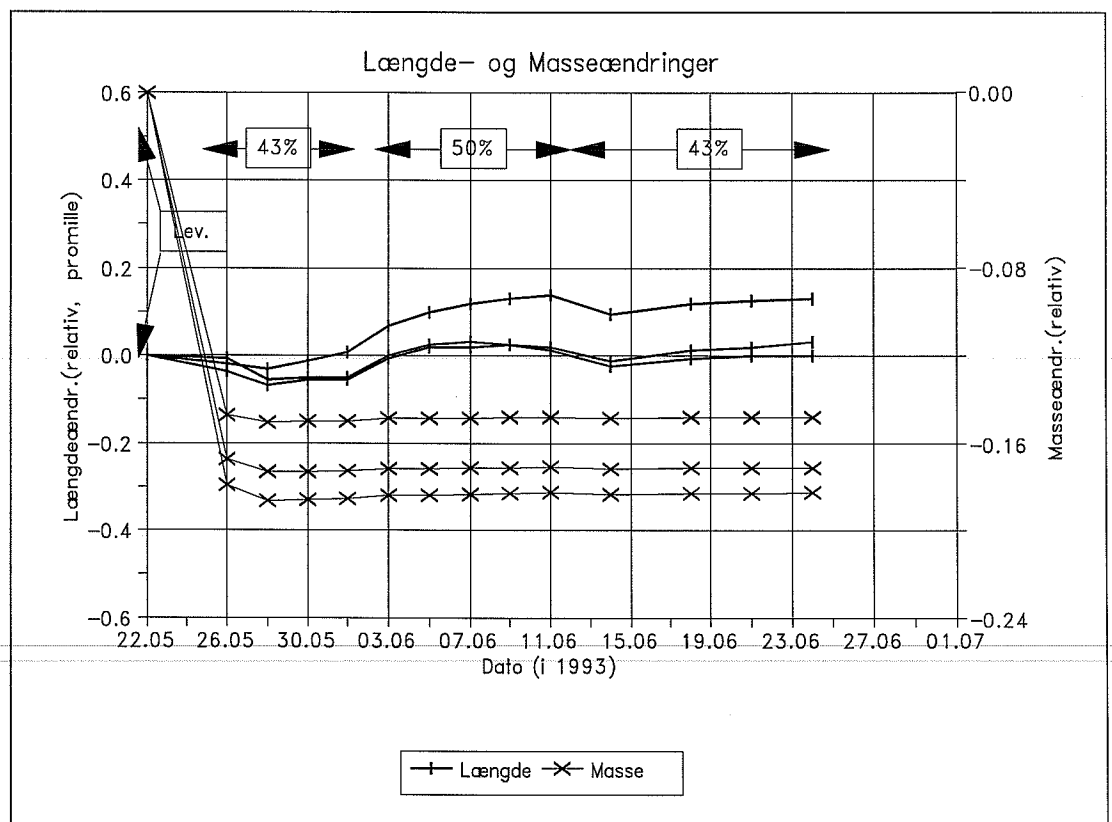
3.3 Forsøgsresultater

Længde- og masseændringer for hele forløbet er vist i figur 8 til 16. En samlet oversigt over måleresultater er givet i bilag 1. Det skal til figurerne bemærkes, at x-aksen kan variere fra figur til figur, da det tidsmæssige forløb og omfang af målingerne varierer meget fra serie til serie. Dette skyldes de meget forskellige fugthistorier. Y-aksen er derimod identisk for alle figurerne 8 til 16.

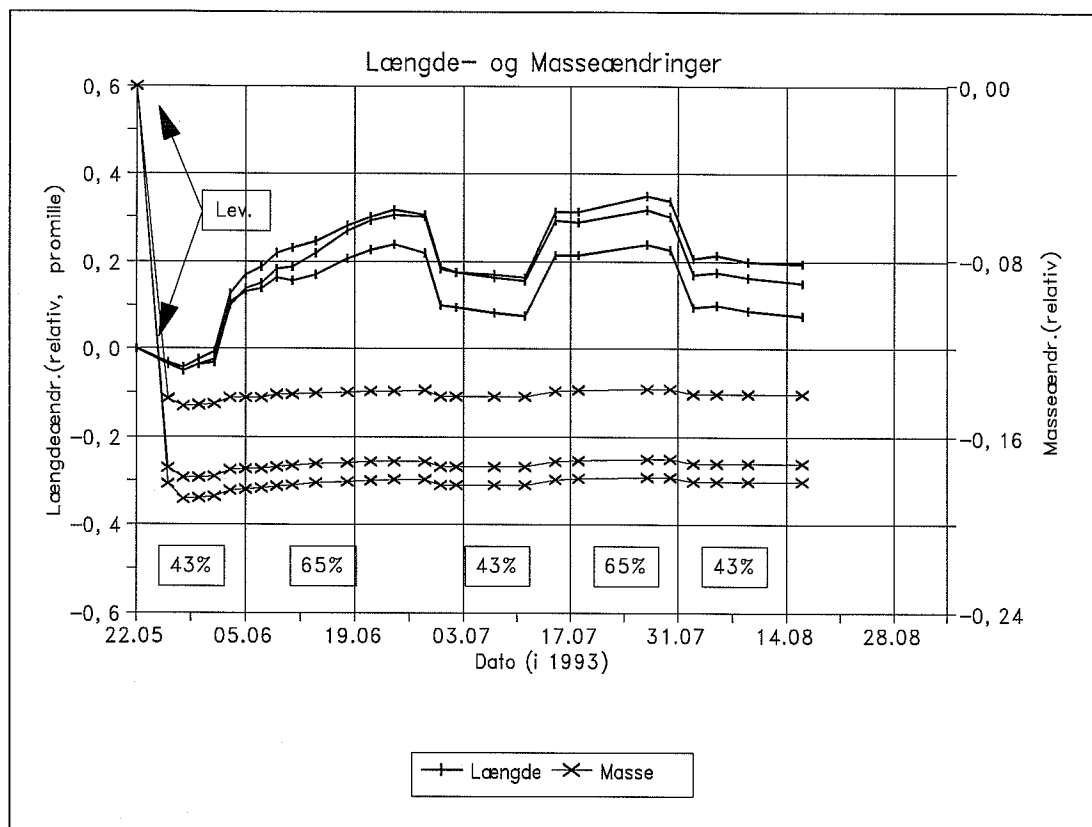




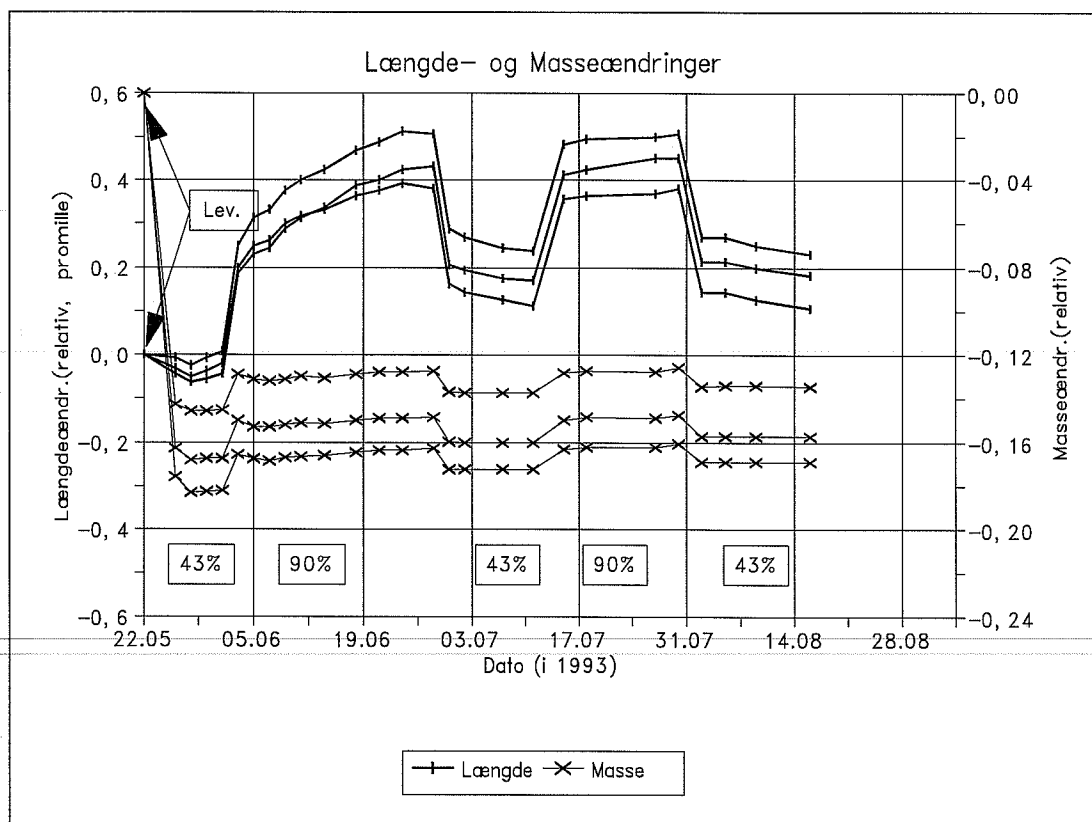
Figur 9. Resultater for serie 2.



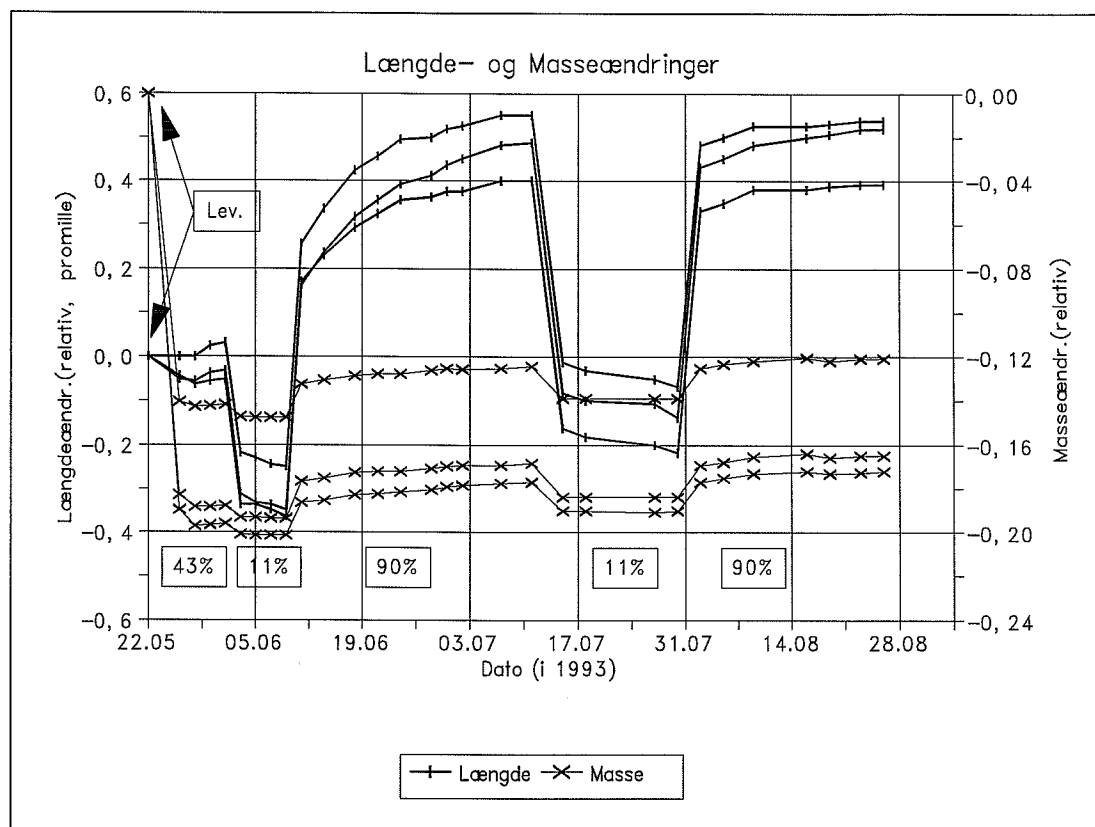
Figur 10. Resultater for serie 3.



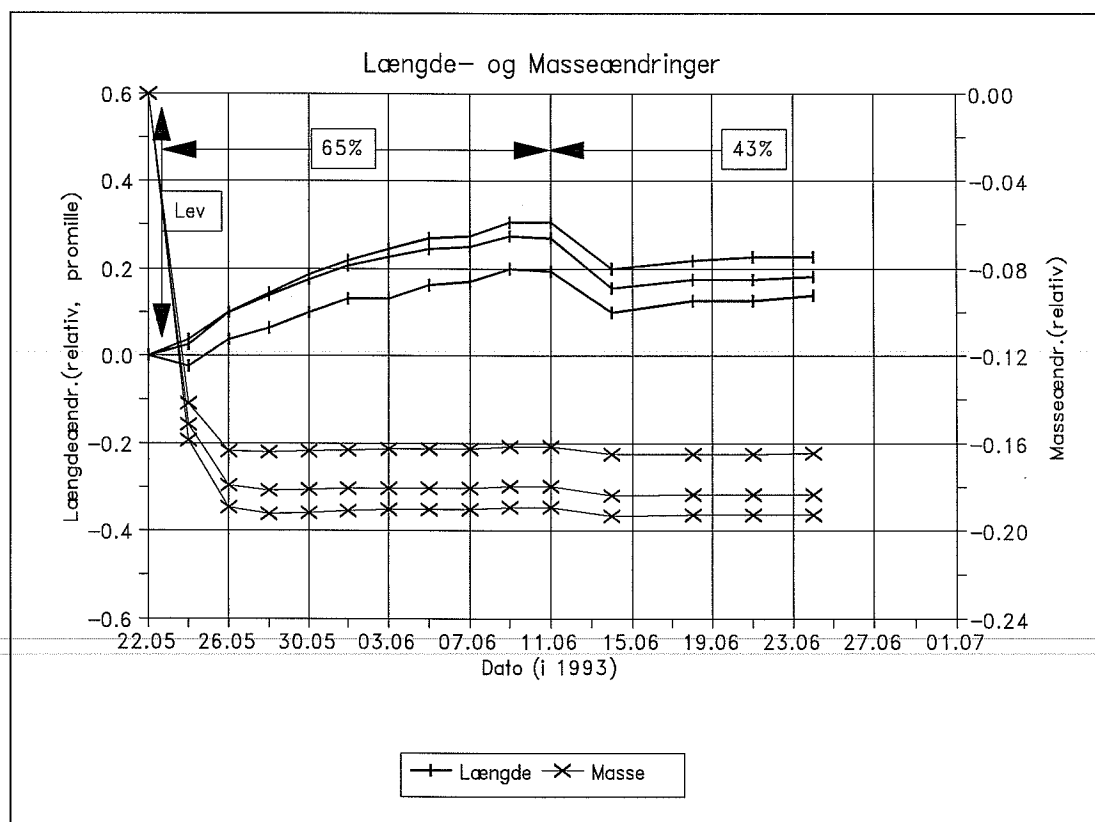
Figur 11. Resultater for serie 4.



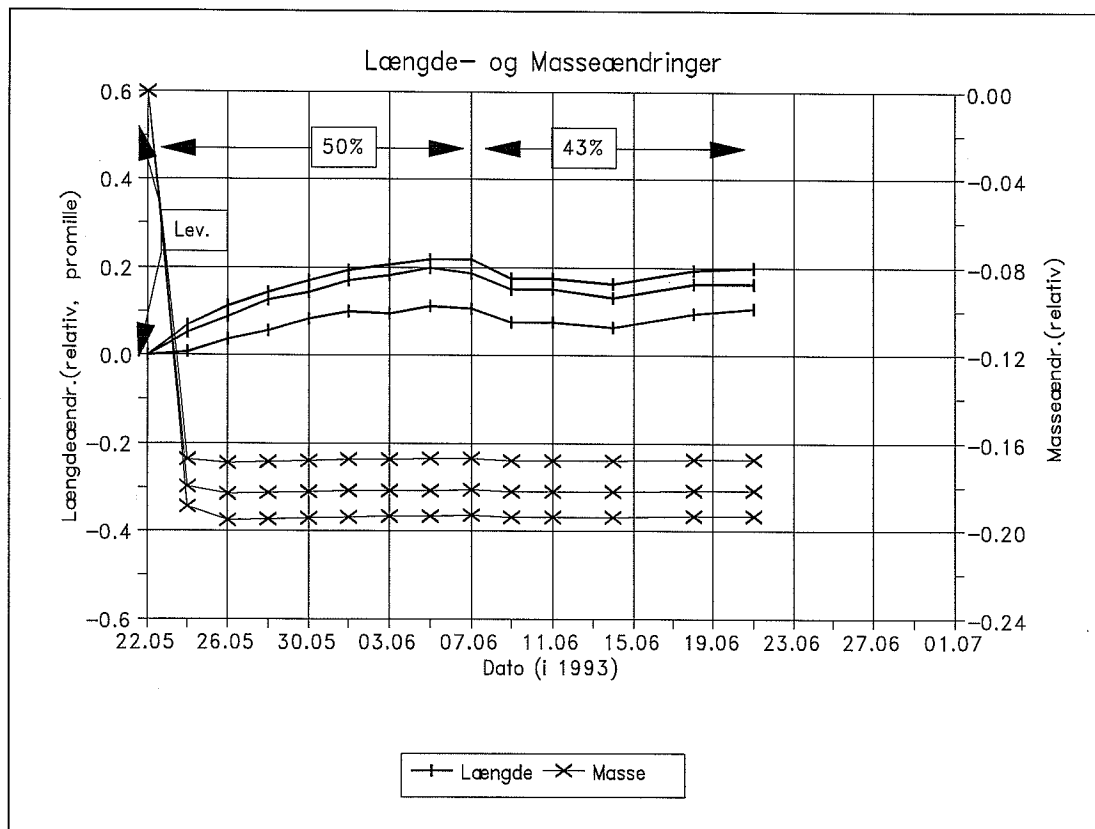
Figur 12. Resultater for serie 5.



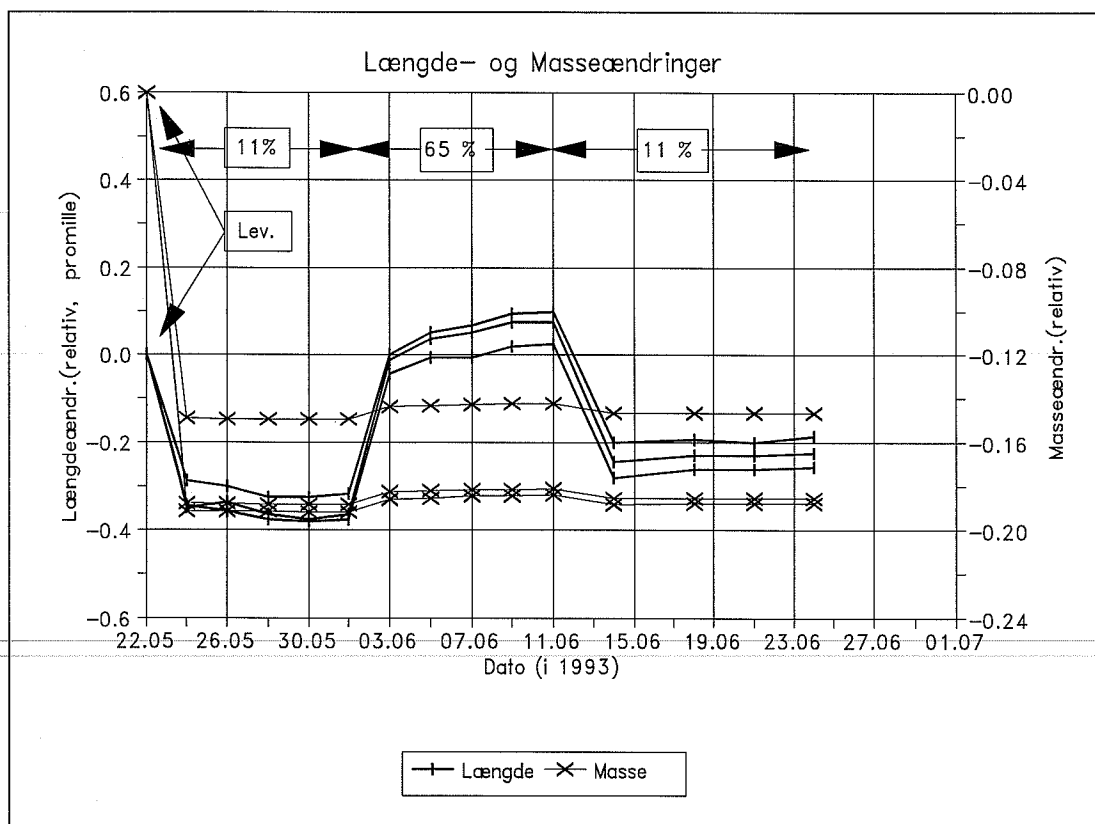
Figur 13. Resultater for serie 6.



Figur 14. Resultater for serie 7.



Figur 15. Resultater for serie 8.



Figur 16. Resultater for serie 9.

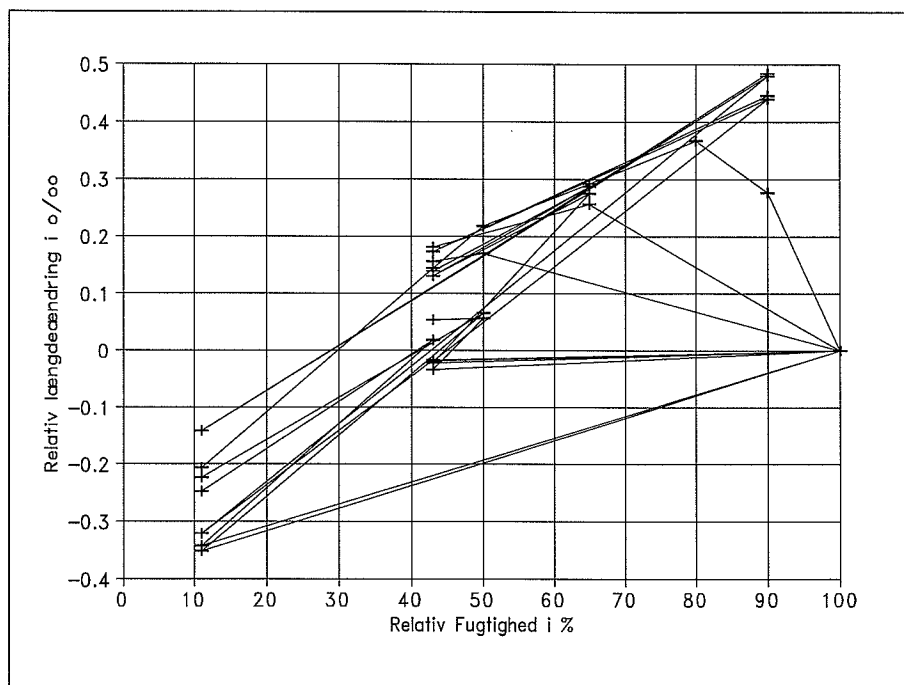
3.4 Behandlede resultater

I tabel 4 er der givet en oversigt over de længdeændringer de forskellige prøveemner har haft, efter at de er kommet i fugtligevægt ved de fugtniveauer der indgik i deres fugthistorie. Der er for hver ligevægtstilstand angivet de tre enkeltværdier, middelværdi og spredning. Længdeændringen er i alle tilfælde udregnet med udgangspunkt i prøvelegemernes længde umiddelbart før starten på første konditionering, hvilket vil sige d. 22.05.93, jf. bilag 1.

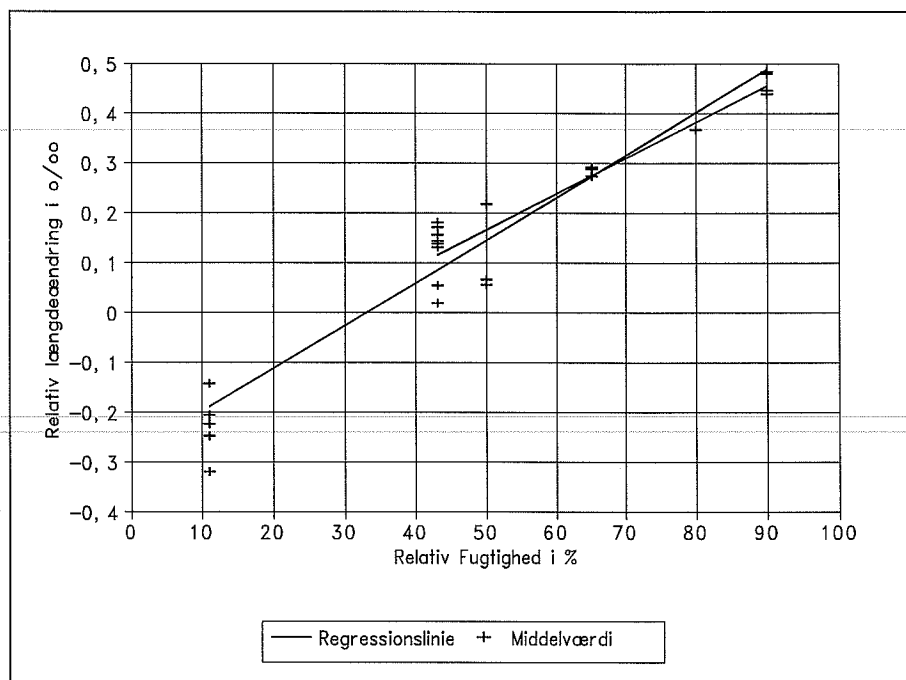
Tabel 4. Fundne længdeændringer ved fugtligevægt som funktion af den relative fugtighed. Der er angivet de tre enkeltværdier, middelværdi og spredning for hver serie ved hver fugtligevægt.

Serie nr.	Klima % RF	Prøve nr. 1	2	3	Middelværdi, ‰	Spredning, ‰
1	90	0.225	0.306	0.300	0.277	0.045
	80	0.338	0.375	0.388	0.367	0.026
	65	0.281	0.288	0.306	0.292	0.013
	50	0.225	0.206	0.225	0.219	0.011
	43	0.150	0.131	0.150	0.144	0.011
	11	-0.188	-0.231	-0.200	-0.206	0.023
2	11	-0.394	-0.319	-0.313	-0.342	0.045
	43	-0.044	0.050	0.050	0.019	0.054
	11	-0.319	-0.213	-0.213	-0.248	0.061
3	43	-0.056	-0.050	0.006	-0.033	0.034
	50	0.019	0.013	0.138	0.056	0.070
	43	0.031	0.000	0.131	0.054	0.069
4	43	-0.025	-0.031	-0.006	-0.021	0.013
	65	0.300	0.219	0.306	0.275	0.049
	43	0.163	0.075	0.156	0.131	0.049
	65	0.338	0.225	0.300	0.288	0.057
	43	0.194	0.075	0.150	0.140	0.060
5	43	-0.044	-0.019	0.006	-0.019	0.025
	90	0.431	0.381	0.506	0.440	0.063
	43	0.169	0.113	0.238	0.173	0.063
	90	0.450	0.381	0.506	0.446	0.063
	43	0.181	0.106	0.231	0.173	0.063
6	43	-0.050	-0.031	0.031	-0.017	0.043
	11	-0.363	-0.350	-0.250	-0.321	0.062
	90	0.488	0.400	0.550	0.479	0.075
	11	-0.138	-0.219	-0.069	-0.142	0.075
	90	0.519	0.394	0.538	0.483	0.078
7	65	0.194	0.269	0.306	0.256	0.057
	43	0.137	0.181	0.225	0.181	0.044
8	50	0.106	0.219	0.188	0.171	0.058
	43	0.106	0.200	0.163	0.156	0.047
9	11	-0.375	-0.363	-0.319	-0.352	0.030
	50	0.025	0.075	0.100	0.067	0.038
	11	-0.256	-0.225	-0.188	-0.223	0.034

På figur 17 er sammenhængen mellem relativ fugtighed og længdeændring optegnet for alle serier og fugtniveauer. Hvert punkt angiver middelværdien over de tre emner i hver serie, jf. tabel 4. Forløbet af de enkelte serier er forsøgt anskueliggjort ved at forbinde punkterne fra hver serie med linier. Det skal bemærkes, at alle serier starter ved det der betegnes 100 % RF, dvs. længst til højre på figur 17. RF i dette punkt er ikke målt.



Figur 17. Sammenhængen mellem relativ fugtighed og længdeændring for alle serier. Hvert punkt angiver middel af tre værdier.



Figur 18. Regressionslinier med tilhørende datapunkter.

Det ses af figur 17, at når først prøvelegemet er udtørret, synes der at være en tilnærmet lineær sammenhæng mellem fugtniveau og længdeændring. Dette er især udpræget, hvis man ved de høje fugtniveauer ser bort fra den første ligevægtstilstand, efter udtørringen er påbegyndt. For at undersøge denne tendens nærmere, er der foretaget en lineær regression på resultaterne fra alle serier, idet der ses bort fra startpunktet samt resultatet fra den første konditionering. Resultatet af regressionsanalysen fremgår af tabel 5. Den fundne regressionslinie er indtegnet på figur 18, sammen med de punkter der er benyttet ved regressionen. Sammenlign i øvrigt med figur 17. Ligeledes er der gennemført en lineær regression på målingerne mellem 43 % RF og 90 % RF, hvor der altså er set bort fra målingerne ved 11 % RF. Den fundne regressionslinie er ligeledes indtegnet på figur 18, medens resultatet af regressionen fremgår af tabel 5.B.

Hvis man yderligere ser bort fra punkterne ved 11 % RF fås en tydeligere lineær sammenhæng, jf. tabel 5.

Tabel 5. Resultat af regressionsanalyse.

A. Punkter fra 11% til 90 % RF

Hædningskoefficient	0.0086 ‰ pr. % RF
Skæring med Y-aksen	-0.283 %
Korrelationskoefficient (R^2)	0.93

B. Punkter fra 43% til 90 % RF

Hædningskoefficient	0.0072 ‰ pr %
Skæring med Y-aksen	-0.194 %
Korrelationskoefficienten (R^2)	0.87

Tidligere undersøgelser af svensk gasbeton, jf. figur 1, har ligeledes vist en lineær sammenhæng mellem svind og relativ fugtighed i området 100 % > RF > 30 %. Under 30 % RF fandt man, at svindet tiltog kraftigt. Et sådant knæpunkt omkring 30 % RF, har ikke kunnet konstateres på baggrund af de her gennemførte forsøg. Ikke nødvendigvis fordi det ikke er der, men fordi der i den foreliggende undersøgelse ikke er målt mellem 11 % RF og 43 % RF.

På figur 1 er hædningskoefficienten 0,010 ‰ pr. % RF, hvilket er lidt større end det her fundne resultat.

4 Elasticitetsmodul og styrke

Gasbetons elasticitetsmodul (E-modul) og styrke er bestemt for et lille antal prøvelegemer i henholdsvis træk og tryk. De prøvede forsøgsemner blev prøvet efter at have været konditioneret ved 43 % RF samt ved tilnærmet leveringsfugtig tilstand. Det sidste er opnået ved at opbevare emnerne i forseglede plastposer ved 90 % RF fra modtagelse til prøvning. Forsøgene giver således et indtryk af, hvorvidt gasbetonens styrke og stivhed i tryk og træk er afhængig af fugtindholdet.

4.1 Trykforsøg

Bestemmelsen af E-modul under trykpåvirkning og trykstyrke er sket med udgangspunkt i henholdsvis DS 433.5 og DS 433.3. Da der er tale om specielle prøvninger, har en række ændringer dog været nødvendige.

Fremgangsmåde

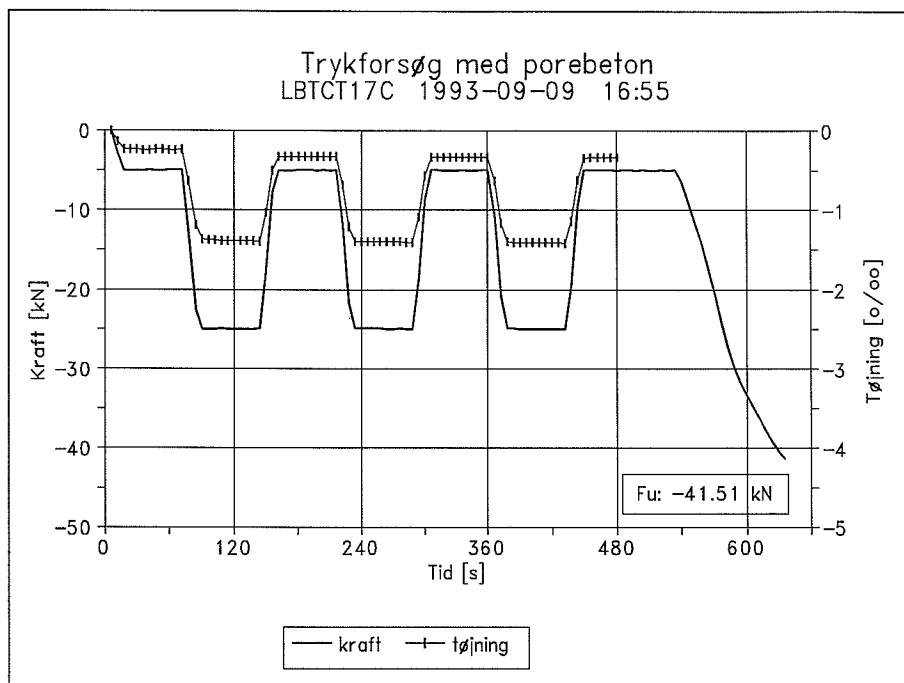
Emnerne er prøvet henholdsvis efter konditionering ved 43 % RF samt i tilnærmet leveringsfugtig tilstand. I øvrigt er der kun gennemført forsøg med ét prøvelegeme ved hvert af de to fugtindhold, idet nærværende forsøg udelukkende havde til formål at kontrollere trykforsøg foretaget andetsteds, jf. tabel 1. Metoden går kort beskrevet ud på at man udfører 3½ belastningscykler mellem 0,1 og 0,5 gange den forventede brudstyrke. E_0 og E_c beregnes af følgende formler (jf. DS 433.5):

$$E_0 = \frac{\frac{F_1 - F_0}{A}}{dL_1 - dL_0} \quad E_c = \frac{\frac{F_5 - F_6}{A}}{L_5 - dL_6}$$

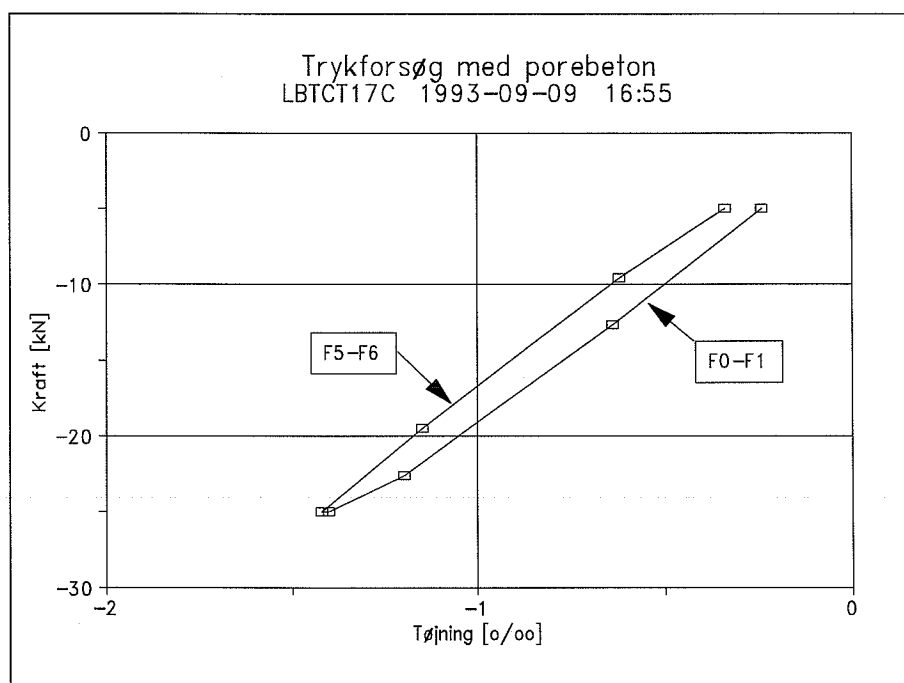
Hvor A er prøvelegemets tværsnitsareal og F og L er sammenhørende værdier af påført kraft og længde af prøvelegemet. Indeks 0 svarer til første oplastning til 0,1 gange forventet brudstyrke, indeks 1 til første oplastning til 0,5 gange forventet brudstyrke osv.

Resultater

De fundne værdier for E-moduler og trykstyrke fremgår af tabel 6. E_0 , E_c og f_c betegner henholdsvis elasticitetsmodulet beregnet ud fra første belastningscyklus, elasticitetsmodulet beregnet ud fra sidste belastningscyklus og trykstyrken. En mere udførlig dokumentation er givet i bilag 2. Et typisk forløb af en trykprøvning er vist på figur 19. På figur 20 er den tilsvarende bestemmelse af E_0 og E_c illustreret. Det ses, at både E_0 , E_c og f_c stiger ved udtørring til 43% RF.



Figur 19. Typisk forløb af trykforsøg. Prøvelegeme i fugtlige vægt ved 43 % RF.



Figur 20. Bestemmelse af tryk-E-moduler. Prøvelegeme i fugtlige vægt ved 43 % RF.

Det skal bemærkes, at f_c ved leveringsfugt er lavere på SBI (2,98 MPa) end målt på H+H (3,6 - 3,9 MPa). Det kan skyldes, at SBI's prøver er trykket anderledes i forhold til hæveretningen end H+H's.

Tabel 6. Resultater fra trykforsøg.

Fugtniveau	Resultater		
	E_0	E_c	f_c
43 % RF	1.75 GPa	1.85 GPa	4.15 MPa
Leveringsfugt.	1.30 GPa	1.40 GPa	2.98 MPa

4.2 Trækforsøg

Der findes ingen standarder for prøvning af porebeton i træk. De gennemførte forsøg er derfor i princippet gennemført som omvendte trykforsøg, og følger så vidt muligt anvisningerne i DS 433.5 og DS 433.3. Da der er tale om trækforsøg er der dog sket en række ændringer. Disse beskrives nærmere i det følgende.

Fremgangsmåde

Lastpåførslen sker ved hjælp af stål-åg, der pålimes prøvelegemernes endeflader. Trækraften overføres fra prøvemaskine til prøvelegeme ved hjælp af centralt belastede dorne. En tegning af princippet i opstillingen ses på figur 21. Som ved trykforsøgene, er der gennemført tre lastcykler til brug ved bestemmelsen af E_0 og E_c , hvorefter trækstyrken er bestemt ved oplastning til brud. E_0 og E_c beregnes som beskrevet i afsnit 4.1.

Der belastes til 4 kN i et par omgange. inden belastning til brud afmonteres tøjningsmåleren således at trækbrudtøjningen ikke kan måles direkte.

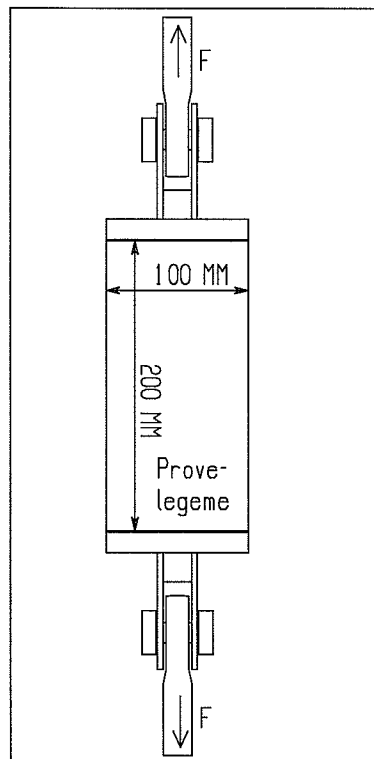
Omfang

Der er foretaget prøvninger på prøver konditioneret ved henholdsvis 43 % RF samt i tilnærmet leveringsfugtig tilstand. Der er foretaget prøvning på 8 emner ved 43 % RF og 4 emner ved leveringsfugtig tilstand.

Resultater

De fundne værdier for E-moduler og trækstyrke fremgår af tabel 7. En mere udførlig dokumentation er givet i bilag 2. Et typisk forløb af en trækprøvning er vist på figur 22. På figur 23 er den tilsvarende bestemmelse af E_0 og E_c illustreret. Det ses, at både E_0 , E_c og f_t stiger ved udtørring til 43% RF.

Trækbrudtøjningen er fremkommet, ϵ_p er fremkommet grafisk ved at forlænge den målte arbejdslinie, som der f.eks. er vist på figur 23, til skæring med en vandret linie gennem brudværdien, som den aflæses f.eks. på figur 22. Værdierne er anført i tabel 7. Der er ikke signifikant forskel på ϵ_t i leveringsfugtig tilstand og i ligevægt ved 43 %RF.

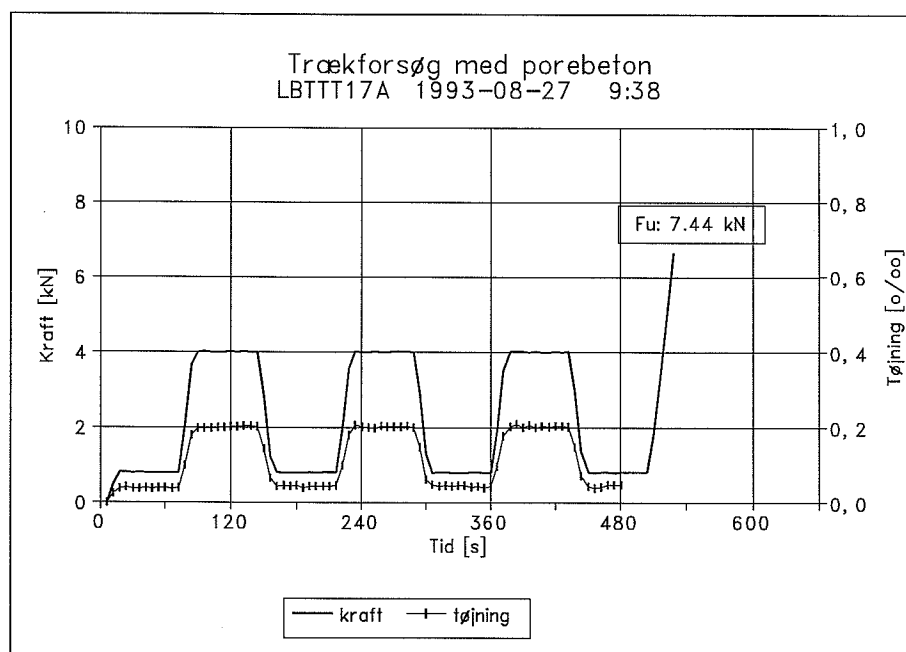


Figur 21. Principskitse af trækforsøg. Prisme med kvadratisk tværsnit. Den kardanske ophængning sikrer, at der ikke overføres momenter til prøvelegemet.

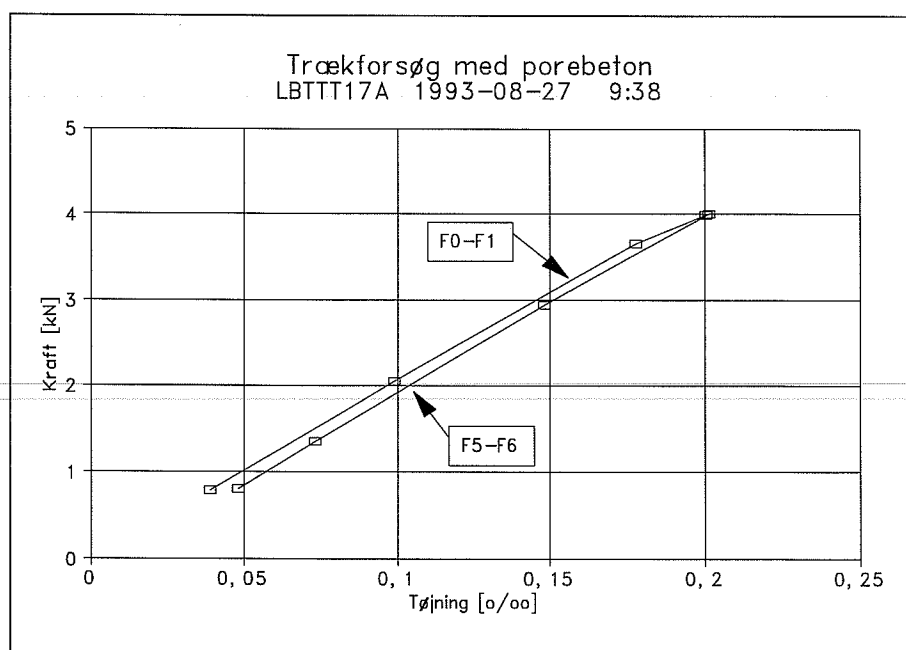
Tabel 7. Resultater fra trækforsøg.

Fugt-niveau		Resultater			
		E_0	E_c	f_t	ε_t
43 % RF (n = 8)	middel	2.10 GPa	2.15 GPa	0.71 MPa	0,33‰
	spredning	0.14 GPa	0.14 GPa	0.15 MPa	0,06‰
	var.koeff.	0.066	0.064	0.22	-
Lev.fugt (n = 4)	middel	1.90 GPa	2.05 GPa ¹⁾	0.52 MPa ¹⁾	0,27‰
	spredning	0.17 GPa	0.105 GPa	0.17 MPa	0,08‰
	var.koeff.	0.092	0.052	0.32	-

¹⁾ Bestemt på baggrund af 3 emner, da ét brød under bestemmelse af E_0 .



Figur 22. Typisk forløb af trækforsøg. Prøvelegeme i fugtlige vægt ved 43 % RF.



Figur 23. Bestemmelse af træk-E-moduler. Prøvelegeme i fugtlige vægt ved 43 % RF.

5 Svindberegningsteori

Et porøst materiale, som tørrer vil svinde. Svindets størrelsesorden afhænger af materialets porestruktur og dermed af dets vandbindingsevne.

Ved LBM er der i flere år blevet arbejdet med at kunne forudsige svind ud fra porestruktur. Teorierne og metoderne er under stadig udvikling. Det nuværende stade er beskrevet i /4/. Princippet i metoden kan sammenfattes således.

Det porøse materiale er hygroskopisk. Det indeholder vand i ligevægt med den omgivende lufts RF. Ved lave RF er der et enkelt eller to molekylelag vand på materialets faste bestandele. Ved højere RF fastholdes vandet med kapillarkræfter i porerne. Materialets vandbindingsevne fremgår af dets sorptionsisoterm. Vandet i porerne samvirker kraftmæssigt med materialets faststof. I et vådt materiale, som tørrer ud, vil der dannes menisker i porerne. Under meniskerne vil der opstå træk i vandet. Trækket overføres som tryk i materialets faststof, og materialet vil trække sig sammen, afhængigt af faststoffets stivhed. Efterhånden som materialet tørrer ud, vil meniskerne få mindre radius, hvorved trækket i vandet stiger og materialet trækker sig yderligere sammen. Samtidig vil der dog ske det, at flere og flere porer tømmes for vand, hvorved trykket på faststoffet vil mindskes og materialet udvide sig. Der er således to modsat rettede tendenser. Forløbet vil afhænge af materialets porestørrelsesfordeling. Når kapillarvandet er borte vil den adsorberede væske bestemme deformationsforløbet. Den adsorberede væske opdeles i mikroporefyldning med det såkaldte disjoining pressure og overfladeadsorberet væske med medfølgende filmtryk. Det er disse fugtrelaterede spændinger der er bestemmende for svind-svelning af materialet ved lave RF.

Princippet i den af Lauge Fuglsang Nielsen udviklede metode til at bestemme et porøst materiales svind er følgende. Først optegnes materialets sorptionsisoterm ud fra målte sorptionsdata. På baggrund af denne bestemmes materialets indre overflade samt energiforhold omkring væskeadsorption. Disse resultater, eventuelt suppleret med resultater fra andre analyser af porestørrelsesfordelingen, benyttes til en bestemmelse af det betragtede materiales porestørrelsesfordeling. På baggrund af disse resultater bestemmes mængden af forskelligt bundet væske, samt de spændingsforhold dette medfører. Endelig bestemmes, hvilke deformationer (svind-svelning) disse væskeansamlinger forårsager i materialet. I /4/ er der opstillet et omfattende formelapparat til dette formål.

5.1 *Analyse af porebetons svind og porestruktur*

Dette afsnit omfatter en numeriske analyse, foretaget på grundlag af undersøgelsens målte desorptionsdata. Analysen er foretaget ved hjælp af LBMs programmer SORP-1, SORP-2 og SORP-3 som de er udviklede i /4/

til analyse af porestørrelsesfordelinger i porøse bygningsmaterialer og svind (svelning) i sådanne under konstant udtørring (konstant opfugtning).

SORP-1 giver, ud fra de givne eksperimentelle resultater, det bedste bud på det porøse materiales indre overflade samt energiforhold omkring væskeadsorption. Energifaktoren C_{BET} , vægt af monolag u_{uni} , indre overflade S_{BET} samt fitkvaliteten r^2 beregnes. I tabel 10 er disse parametre angivet for de anvendte sorptionsdata. SORP-2 beregner ud fra resultaterne i SORP-1 materialets porestørrelsesfordeling. SORP-3 bestemmer på baggrund af resultaterne i SORP-1 og SORP-2 mængden af, og spændingsforholdene i forskelligt bundet væske. Endvidere bestemmes hvilke deformationer (svind-svelning) disse væskeansamlinger forårsager i det betragtede materiale.

De anvendte sorptionsdata er de i tabel 8 viste gennemsnitlige desorptionsdata.

Tabel 8. Desorptionsdata. Første tre kolonner: Gennemsnit af to målinger pr. bjælkestykke. Sidste kolonne: Gennemsnit af samtlige data. Første underkolonne er RF. Anden underkolonne er fugtindhold i kg/kg(tør).

SBI925d.dat	SBI207d.dat	SBI930d.dat	SBIAV-d.dat
0.11 0.0115	0.11 0.0105	0.11 0.0105	0.11 0.0108
0.20 0.0105	0.20 0.0110	0.20 0.0095	0.20 0.0103
0.33 0.0130	0.33 0.0135	0.33 0.0135	0.33 0.0133
0.44 0.0165	0.44 0.0195	0.44 0.0240	0.44 0.0200
0.65 0.0260	0.65 0.0245	0.65 0.0260	0.65 0.0255
0.93 0.1055	0.93 0.0860	0.93 0.0985	0.93 0.0967
0.97 0.1650	0.97 0.1545	0.97 0.1585	0.97 0.1593

Disse tal er gennemsnitstal af de målte desorptionsdata, som er angivet i tabel 2. På grund af parallelle arbejdsforløb er der anvendt forskellige betegnelser i afsnit 2 og afsnit 6.

Tabel 9: Betegnelsesnøgle for desorptionsdata i afsnit 2 og afsnit 6.

Gennemsnitsdata (tabel 8)	Gennemsnit af: (tabel 2, desorption)
SBI925d.dat	92 51 07 B11 & 92 51 07 T12
SBI207d.dat	93 02 07 B11 & 93 02 07 T12
SBI930d.dat	93 03 02 B11 & 93 03 02 T12
SBIAV-d.dat	Alle seks serier

Analyseforudsætninger (T-graf)

Anvendt T-graf er fra /4/, Ligning A5:

$$h_T(\phi) = \frac{1-\phi^q}{1-\phi} + \frac{\phi^{qp}}{1-\phi^p}(1-\phi^{pm}) \quad ; \quad h(1) = q+m$$

med følgende parametre.

$$q = N_{MAX} - \frac{5}{N_{MAX}} \quad ; \quad m = N_{MAX} - q \quad ; \quad p \equiv 0.5$$

$h_T(\phi)$ er tæthedsfunktionen for porestørrelsesfordelingen (volumen).

Parametrene bestemmes ved en linearisering af de eksperimentelle data som vist i /4/, formel 14. De bedste parametre findes ved at optimere fitkvaliteten r^2 . I tabel 10 er fitparametrene for de anvendte sorptionsdata angivet. Aktuelt anvendte max molekylelag (N_{MAX}) er angivet i figurteksterne i den efterfølgende grafiske repræsentation af analyseresultater. Den således angivne T-graf overestimerer svagt antal molekyler ved $RH \approx 0.5$ (teoretisk øvre grænse er 2). Det kan imidlertid antages, at den herved tilførte usikkerhed ikke er større end den, der iøvrigt knytter sig til det anvendte eksperimentelle grundlag. Det skal slutteligt bemærkes, at den teoretiske model forudsætter total porefyldning fra starten, dvs også fyldning af luftboblerne. Denne fyldning er ikke til stede i leveringsfugtig porebeton.

Deformationer

Den totale tøjning bestemmes som summen af de tre bidrag fra mikroporefyldning, fugt adsorberet til poreoverfladerne og kapillarporefyldning.

Young-modulerne er skønsmæssigt korrigerede for krybning. Densiteter og porøsitet er også vist i udtrykket. Det antages, at der ikke er væsentlig forskel på poremaal, hvadenten der er tale om hele (små) materialestykker eller granuleret materiale (som her). Det vil sige, at den i /4/ indførte knusningsporøsitet (e) beregningsmæssigt sættes = 0.

Følgende data (med fugtfaktor) er anvendt direkte i /4/, Ligning 29:

Porebeton: $E = 1500 \text{ MPa}$ ($K = 850 \text{ MPa}$)

Faststof: $E_s = 35000 \text{ MPa}$ ($K_s = 19500 \text{ MPa}$)

Fugtfaktor: $\beta = 0.2$

Densitet af porebeton: $d = 627 \text{ kg/m}^3$

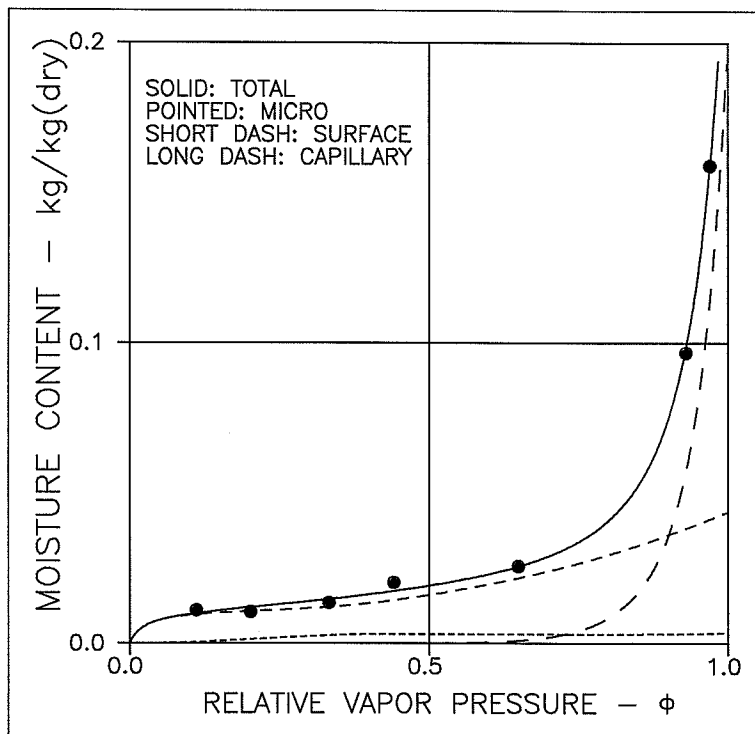
Densitet af faststof: $d_s = 2650 \text{ kg/m}^3$ ($\Rightarrow$ porøsitet: $c = 0.76$)

5.2 Resultater

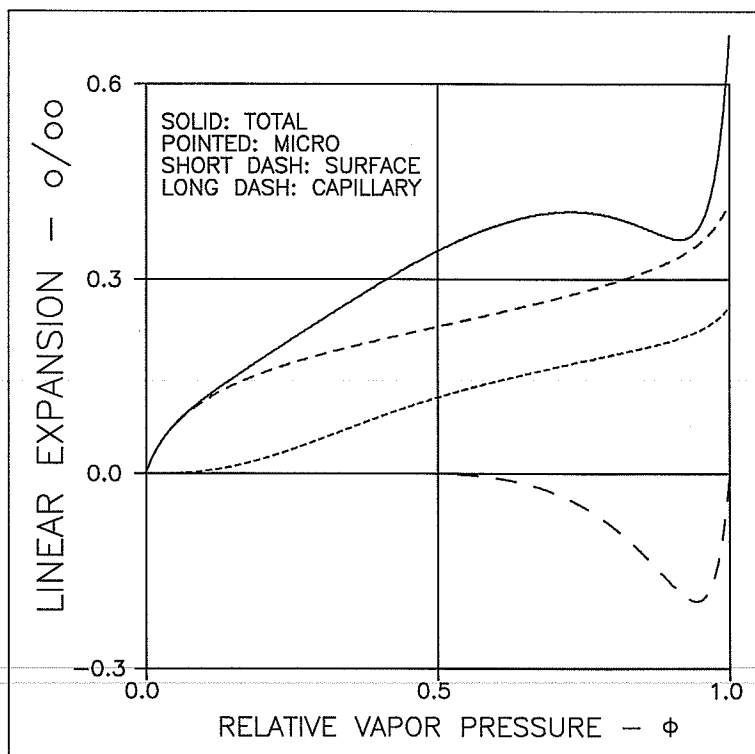
Nogle resultater fra analysen er angivet i tabel 10. Andre er vist grafisk på de følgende sider. Der er kun vist kurver for gennemsnitstallene fra sidste kolonne i tabel 8. På figur 24 er de gennemsnitlige desorptionsdata vist med den fittede sorptionskurve. Andelen af mikroporefugt, overfladefugt og kapillarfugt er angivet. I figur 25 er den lineære ekspansion med angivelse af enkeltbidrag vist. I figur 26 er den beregnede T-kurve vist sammen med det normaliserede fugtindhold, $U = u/u_{uni}$ og BET-ligningen. I figur 27 er de afledte af T-kurven og U vist. Figur 28 angiver den akkumulerede poreoverflade og -volumen som funktion af den hydrauliske poreradius. I figur 29 er den akkumulerede porestørrelsesfordeling angivet. Idet knusningsfaktoren (e) er sat = 0 svarer denne kurve til det akkumulerede porevolumen i figur 28. Totalporøsiteten $c = 0,76 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ er markeret. I figur 30 er de afledte af kurverne i figur 28 vist. Det kan her ses omkring hvilke radier porerne koncentrerer sig.

Tabel 10. BET-parametre (energifaktor C , monolagsvægt u_{uni}) og poreoverflade (S) samt fitparametre (q , m , p). Fitkvaliteten (r^2) er også angivet.

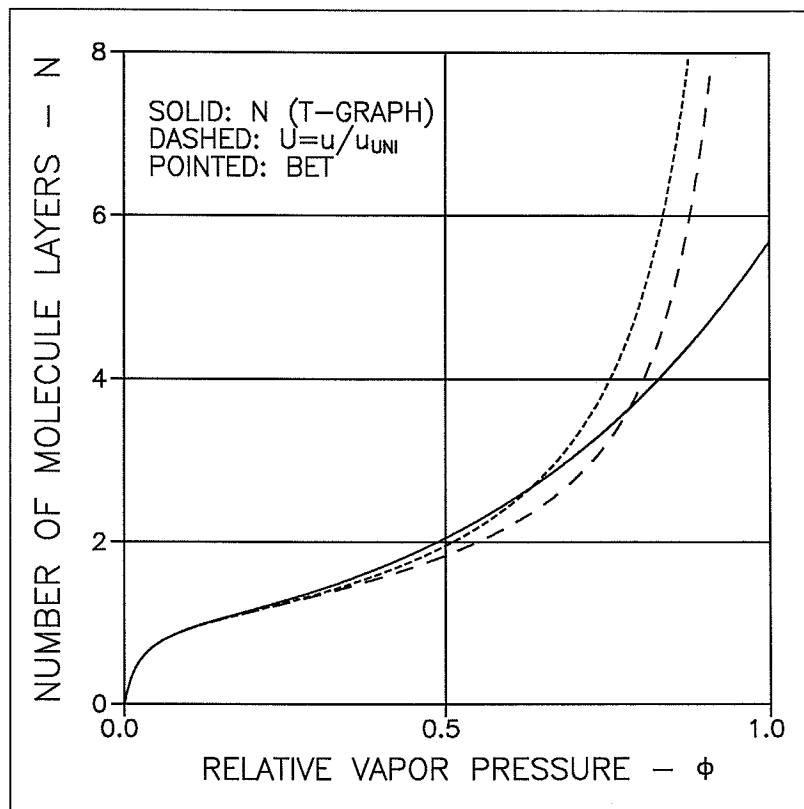
POREBETON	SBI925d	SBI207d	SBI930d	SBI930d
q	3.5	3.5	3.5	3.5
m	22.0	23.5	19.5	20.5
p	1.2	1.8	1.4	1.4
C	44.2	34.9	38.8	43.9
S [m ² /kg]	31653	34373	34416	33357
u_{uni} [kg/kg]	0.0098	0.0106	0.0107	0.0103
FIT[r^2]	0.998	0.994	0.971	0.990



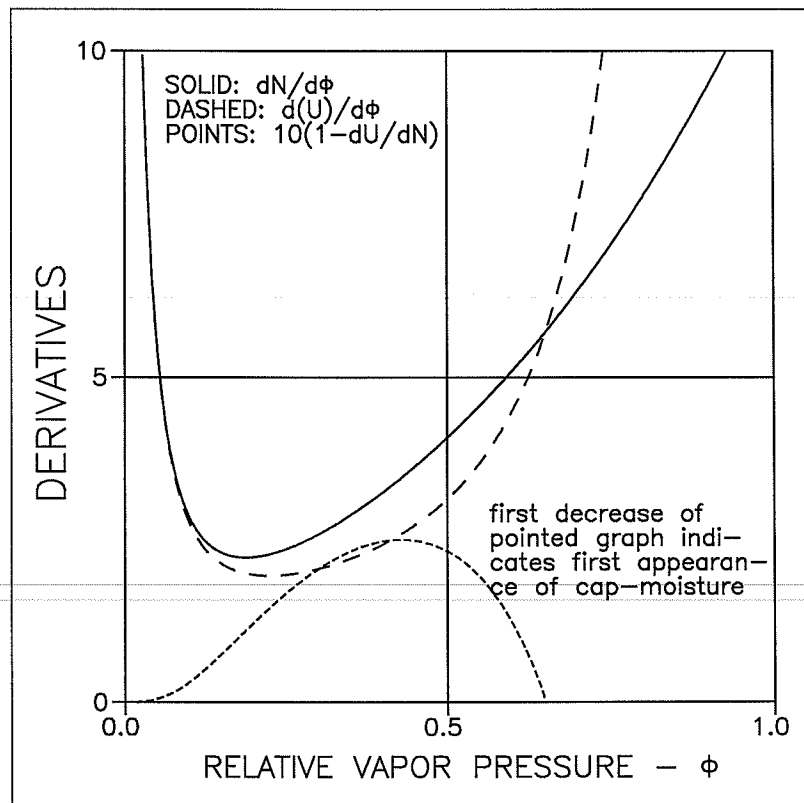
Figur 24. SBI-AV-d. Gennemsnit af målte desorptiondata og fittet desorptionskurve med angivelse af enkeltbidrag.



Figur 25. SBI-AV-d. Beregnet lineær ekspansion med angivelse af enkeltbidrag.



Figur 26. SBIIV-d. $N_{MAX} = 5.69$.



Figur 27. SBIIV-d

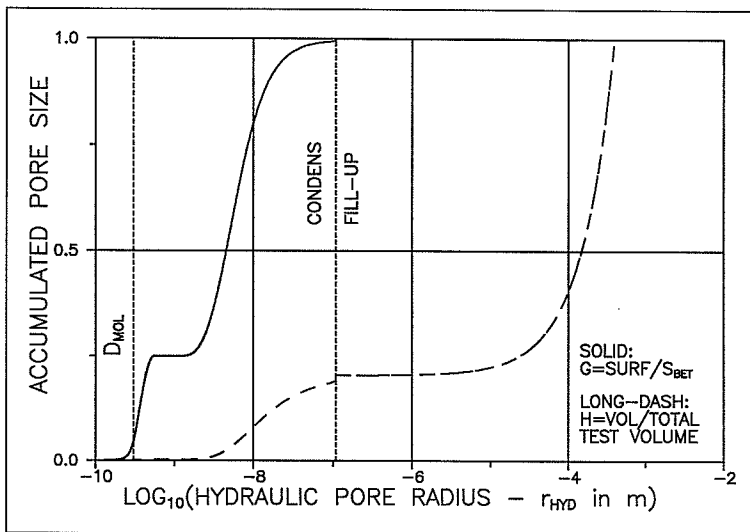


Figure 28. SBIIV-d

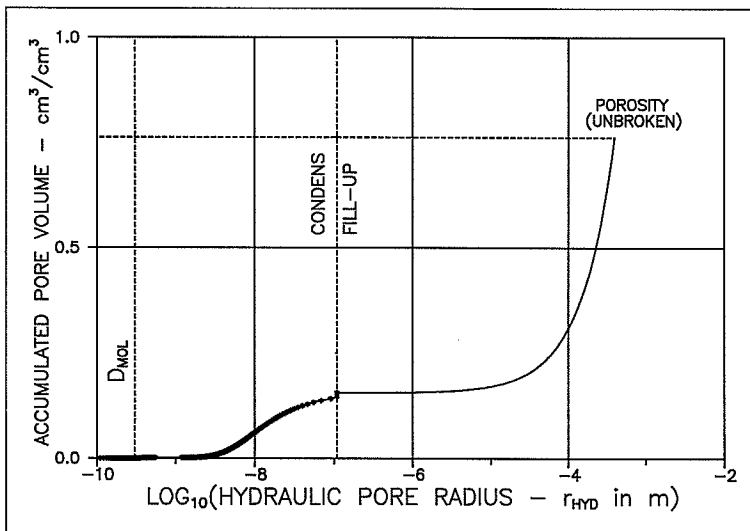


Figure 29. SBIIV-d

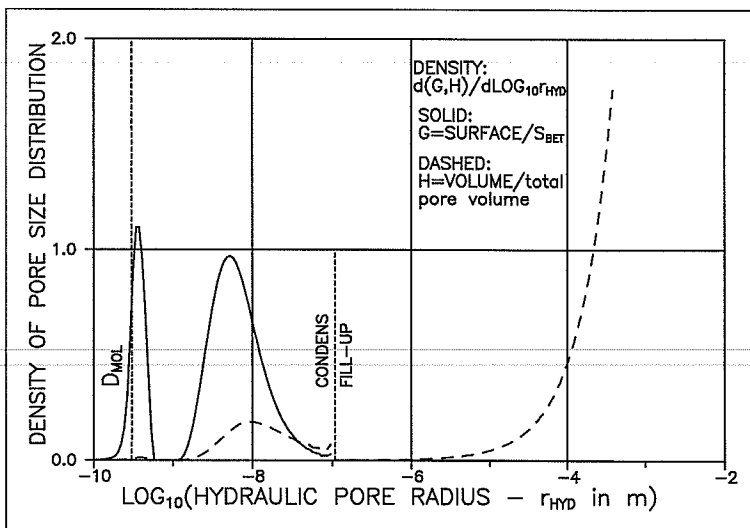


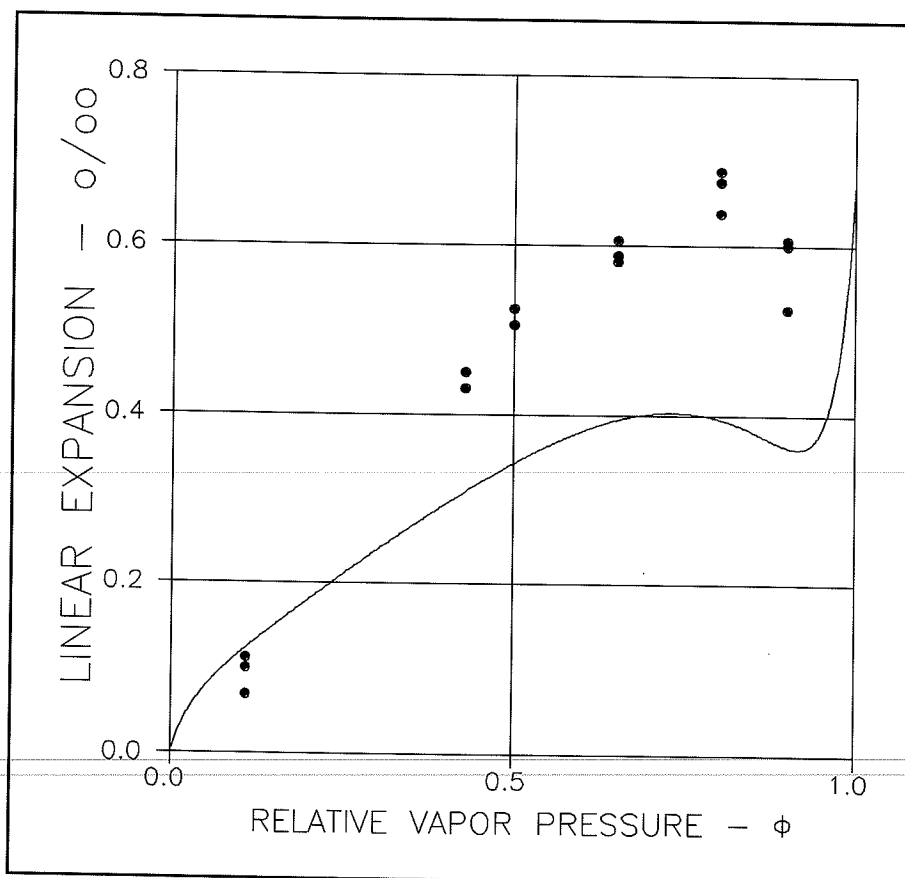
Figure 30. SBIIV-d

5.3 Sammenligning mellem teori og praksis

På figur 31 er optegnet det ved SBI's målinger fundne forløb af deformationer som funktion af RF samt det ved Lauge Fuglsang Nielsen's teori fundne deformationsforløb. Begge kurver er vist som ekspansion udgående fra origo. SBI-kurven er forskudt ved at lægge +0,4 ‰ til middelværdierne.

Lauge Fuglsang Nielsen's kurveforløb viser en top ved de meget høje vandindhold, hvilket skyldes forudsætningen om helt vandmættet materiale, hvilket jo ikke er tilfældet ved porebeton. Leveringsfugtigheden er målt til ca. 23%, hvilket er langt fra vandmætning.

Hvis man ser bort fra denne top ses det, at ekspansionsforløbets form mellem 90% RF og ca. 75% RF forudsiges fint af modellen. Der er en skalafaktor på 2 til forskel mellem den målte og den forudsagte deformation. Det skyldes de mange parametre, som indgår i beregningerne, og som indtil videre må skønnes. Disse parametre kan tilpasses bedre ved videre fitarbejde. Det har imidlertid ingen mening før yderligere forskning om parametrenes natur og betydning foreligger.



Figur 31. Målt deformation ved desorption (serie 1, tabel 4 forskudt 0.3 ‰) samt beregnet efter L.F. Nielsen's metode (gennemsnit, tabel 8).

6 Afslutning

Målingerne af H+H-porebetonens fugtbetingede deformationer viser følgende hovedtræk.

Udtørring fra leveringsfugtig tilstand til ligevægt med det i DS 433.6 foreskrevne klima 43 %RF giver ingen længdeændring eller et svind indtil 0,05 ‰.

Ved udtørring fra leveringsfugtig tilstand til ligevægt ved 80 %RF observeres en svelning på 0,3 á 0,4 ‰. Ved yderligere udtørring til ligevægt ved 65 %RF og 50 %RF trækker materialet sig sammen, og ved udtørring til ligevægt i 43 %RF har det opnået samme længde som ved leveringstilstanden. Ved yderligere udtørring til 11% RF når svindet et niveau på -0,2 til -0,4 ‰ i forhold til leveringstilstanden.

Ved opfugtning fra ligevægt ved 43 %RF til 90% RF vil materialet svelle 0,4 á 0,5 ‰, i forhold til leveringstilstand. Ved fornyet udtørring til ligevægt ved 43 %RF vil materialet svinde til 0,2 á 0,3 ‰, i forhold til leveringstilstanden.

Der er målt elasticitetsmodul i træk og tryk, trækstyrker og trykstyrker. Resultaterne viser, at materialet er stivere og stærkere ved ligevægt i 43% RF end i leveringsfugtig tilstand. Trækbrudtøjningerne er dog ens i de to klimaer.

Rapportens resultater angiver porebeton-materialets længdeændring med omgivelsernes fugtindhold, men uden at tage hensyn til de betingelser, som porebeton er underkastet når den er indbygget i et hus. Resultaterne kan derfor ikke uden videre anvendes i praksis. Risikoen for revnedannelse i elementvægge afhænger af, hvorledes elementerne er indbygget i den aktuelle konstruktion, hvor stærkt de er fastgjort til fundament og tagkonstruktion og til hinanden, og hvor meget materialet relaxerer. Indspændings- og relaxationsforholdene er ikke undersøgt i denne rapport, men burde tages op til nærmere granskning.

De opnåede resultater for den fugtbetingede deformation er sammenlignet med et deformationsforløb forudsagt efter en materialemekanisk model opstillet af Lauge Fuglsang Nielsen. Modellen sammenkobler svindet med materialets sorptionsisoterm, porøsitet og elasticitetsmodul. Den kan forudsige formen af deformationsforløbet under 95% RF. Modellen bør kunne udvikles til at være et styringsinstrument for porestørrelsesfordelinger, og dermed for svindforløbet.

Rapportens resultater viser, at den prøvningsmetode, der er beskrevet i DS 433.6 er utilstrækkelig til at beskrive porebetons egenskaber, idet standardprøvningsmetoden ikke kan anvendes til at bestemme materialets længdeændring under vekslende fugtindhold.

Litteratur

- /1/ Anders Nielsen: Shrinkage and creep - Deformation parameters of aerated, autoclaved concrete.
Rilem international symposium on Autoclaved aerated concrete.
Lausanne, 29-31 marts, 1982

- /2/ Paw Mullit: Beskrivelse af programmer til styring af termostateret vandkar i LBM's sorptionsopstilling.
Lab. f. Bygningsmaterialer, Teknisk Rapport 312/94, DTU, 1994.

- /3/ Anders Nielsen: Silikatbygningsmaterialer.
Lab. f. Bygningsmaterialer, Teknisk Rapport 173/87, DTH, 1987.

- /4/ Lauge Fuglsang Nielsen: Pore size distribution and shrinkage of porous materials.
Lab. f. Bygningsmaterialer, Teknisk Rapport 316/94. A4. 68 sider.
DTU. 1994

Bilag 1: Data fra målinger og vejninger fordelt på serier.

Aflæste værdier:

Længde (L) i mm (reference:stålstang)

Masse (M) i gram, absolut størrelse

Serie 1

Dato	Klima RF [%]	Aflæste værdier				Beregnete værdier													
		128 L	128 M	229 L	229 M	320 L	320 M	128 L	229 L	320 L	128 M	229 M	320 M	128 L	229 L	320 L	128 M	229 M	320 M
22.05	lev.	1,786	215,54	1,566	200,93	1,427	211,88	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	211,88	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
24.05	90%	1,788	200,92	1,577	190,54	1,437	196,74	0,013	0,069	0,063	-0,068	-0,052	196,74	0,013	0,069	0,063	-0,068	-0,052	-0,071
26.05	90%	1,796	191,78	1,587	183,99	1,445	187,23	0,063	0,131	0,113	-0,110	-0,084	187,23	0,063	0,131	0,113	-0,110	-0,084	-0,116
28.05	90%	1,801	187,87	1,593	181,09	1,452	183,42	0,094	0,169	0,156	-0,128	-0,099	183,42	0,094	0,169	0,156	-0,128	-0,099	-0,134
30.05	90%	1,809	185,66	1,601	179,22	1,46	181,17	0,144	0,219	0,206	-0,139	-0,108	181,17	0,144	0,219	0,206	-0,139	-0,108	-0,145
01.06	90%	1,819	186,24	1,612	179,71	1,47	181,56	0,206	0,288	0,269	-0,136	-0,106	181,56	0,206	0,288	0,269	-0,136	-0,106	-0,143
03.06	90%	1,816	185,59	1,613	179,69	1,47	181,33	0,188	0,294	0,269	-0,139	-0,106	181,33	0,188	0,294	0,269	-0,139	-0,106	-0,144
05.06	90%	1,822	185,4	1,615	178,59	1,475	180,37	0,225	0,306	0,300	-0,140	-0,111	180,37	0,225	0,306	0,300	-0,140	-0,111	-0,149
07.06	90%	1,822	183,65	1,615	177,12	1,475	179,09	0,225	0,306	0,300	-0,148	-0,118	179,09	0,225	0,306	0,300	-0,148	-0,118	-0,155
09.06	80%	1,822	179,95	1,616	174,16	1,477	175,72	0,225	0,313	0,313	-0,165	-0,133	175,72	0,225	0,313	0,313	-0,165	-0,133	-0,171
11.06	80%	1,823	179,32	1,615	173,75	1,476	175,19	0,231	0,306	0,306	-0,168	-0,135	175,19	0,231	0,306	0,306	-0,168	-0,135	-0,173
14.06	80%	1,826	179,22	1,617	173,69	1,479	175,15	0,250	0,319	0,325	-0,169	-0,136	175,15	0,250	0,319	0,325	-0,169	-0,136	-0,173
18.06	80%	1,833	179,18	1,622	173,72	1,485	175,19	0,294	0,350	0,363	-0,169	-0,135	175,19	0,294	0,350	0,363	-0,169	-0,135	-0,173
21.06	80%	1,836	179,18	1,624	173,75	1,486	175,23	0,313	0,363	0,369	-0,169	-0,135	175,23	0,313	0,363	0,369	-0,169	-0,135	-0,173
24.06	80%	1,839	179,02	1,626	173,69	1,488	175,13	0,331	0,375	0,381	-0,169	-0,136	175,13	0,331	0,375	0,381	-0,169	-0,136	-0,173
28.06	80%	1,84	179,14	1,626	173,83	1,489	175,28	0,338	0,375	0,388	-0,169	-0,135	175,28	0,338	0,375	0,388	-0,169	-0,135	-0,173
30.06	65%	1,834	176,63	1,618	172,05	1,481	173,37	0,300	0,325	0,338	-0,181	-0,144	173,37	0,300	0,325	0,338	-0,181	-0,144	-0,182
02.07	65%	1,832	176,52	1,614	171,93	1,477	173,24	0,288	0,300	0,313	-0,181	-0,144	173,24	0,288	0,300	0,313	-0,181	-0,144	-0,182
07.07	65%	1,833	176,48	1,614	171,92	1,478	173,21	0,294	0,300	0,319	-0,181	-0,144	173,21	0,294	0,300	0,319	-0,181	-0,144	-0,183
11.07	65%	1,831	176,5	1,612	171,97	1,476	173,28	0,281	0,288	0,306	-0,181	-0,144	173,28	0,281	0,288	0,306	-0,181	-0,144	-0,182
15.07	50%	1,823	175,69	1,602	171,33	1,466	172,57	0,231	0,225	0,244	-0,185	-0,147	172,57	0,231	0,225	0,244	-0,185	-0,147	-0,186
18.07	50%	1,821	175,71	1,601	171,35	1,464	172,6	0,219	0,219	0,231	-0,185	-0,147	172,6	0,219	0,219	0,231	-0,185	-0,147	-0,185
27.07	50%	1,825	175,74	1,602	171,35	1,466	172,6	0,244	0,225	0,244	-0,185	-0,147	172,6	0,244	0,225	0,244	-0,185	-0,147	-0,185
30.07	50%	1,822	175,73	1,599	171,35	1,463	172,6	0,225	0,206	0,225	-0,185	-0,147	172,6	0,225	0,206	0,225	-0,185	-0,147	-0,185
02.08	43%	1,813	175,49	1,59	171,13	1,454	172,4	0,169	0,150	0,169	-0,186	-0,148	172,4	0,169	0,150	0,169	-0,186	-0,148	-0,186
05.08	43%	1,814	175,52	1,59	171,17	1,454	172,43	0,175	0,150	0,169	-0,186	-0,148	172,43	0,175	0,150	0,169	-0,186	-0,148	-0,186
09.08	43%	1,813	175,54	1,589	171,17	1,453	172,44	0,169	0,144	0,163	-0,186	-0,148	172,44	0,169	0,144	0,163	-0,186	-0,148	-0,186
16.08	43%	1,81	175,49	1,587	171,13	1,451	172,4	0,150	0,131	0,150	-0,186	-0,148	172,4	0,150	0,131	0,150	-0,186	-0,148	-0,186
19.08	11%	1,758	174,23	1,533	169,97	1,398	171,22	-0,175	-0,206	-0,181	-0,192	-0,154	171,22	-0,175	-0,206	-0,181	-0,192	-0,154	-0,192
23.08	11%	1,758	174,23	1,532	169,95	1,397	171,2	-0,175	-0,213	-0,188	-0,192	-0,154	171,2	-0,175	-0,213	-0,188	-0,192	-0,154	-0,192
26.08	11%	1,758	174,22	1,531	169,94	1,396	171,19	-0,175	-0,219	-0,194	-0,192	-0,154	171,19	-0,175	-0,219	-0,194	-0,192	-0,154	-0,192
30.08	11%	1,756	174,2	1,529	169,93	1,395	171,17	-0,188	-0,231	-0,200	-0,192	-0,154	171,17	-0,188	-0,231	-0,200	-0,192	-0,154	-0,192

Serie 2

Dato	Klima RF [%]	Aflæste værdier			Beregnete værdier						Rel. Vægtændringer		
		121 L	121 M	226 L	226 M	327 L	327 M	121 L	226 L	327 L	121 M	226 M	327 M
		Rel. Længdeændringer (*1000)											
22.05	lev.	2,175	218,28	1,676	206,11	-0,599	211,75	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
24.05	11%	2,119	180,94	1,634	169,3	-0,642	169,44	-0,350	-0,263	-0,269	-0,171	-0,179	-0,200
26.05	11%	2,114	180,84	1,628	169,22	-0,647	169,35	-0,381	-0,300	-0,300	-0,172	-0,179	-0,200
28.05	11%	2,11	180,77	1,624	169,17	-0,65	169,31	-0,406	-0,325	-0,319	-0,172	-0,179	-0,200
30.05	11%	2,112	180,8	1,625	169,19	-0,649	169,31	-0,394	-0,319	-0,313	-0,172	-0,179	-0,200
01.06	11%	2,112	180,77	1,625	169,16	-0,649	169,31	-0,394	-0,319	-0,313	-0,172	-0,179	-0,200
03.06	43%	2,161	181,82	1,67	170,15	-0,605	170,28	-0,087	-0,038	-0,038	-0,167	-0,174	-0,196
05.06	43%	2,166	181,89	1,678	170,25	-0,599	170,37	-0,056	0,013	0,000	-0,167	-0,174	-0,195
07.06	43%	2,167	181,91	1,68	170,31	-0,598	170,43	-0,050	0,025	0,006	-0,167	-0,174	-0,195
09.06	43%	2,167	181,95	1,682	170,37	-0,596	170,49	-0,050	0,038	0,019	-0,166	-0,173	-0,195
11.06	43%	2,168	181,97	1,684	170,41	-0,591	170,52	-0,044	0,050	0,050	-0,166	-0,173	-0,195
14.06	11%	2,121	181,11	1,639	169,65	-0,637	169,77	-0,337	-0,231	-0,238	-0,170	-0,177	-0,198
18.06	11%	2,123	181,15	1,641	169,7	-0,635	169,83	-0,325	-0,219	-0,225	-0,170	-0,177	-0,198
21.06	11%	2,123	181,12	1,641	169,67	-0,635	169,8	-0,325	-0,219	-0,225	-0,170	-0,177	-0,198
24.06	11%	2,124	181,14	1,642	169,69	-0,633	169,83	-0,319	-0,213	-0,213	-0,170	-0,177	-0,198

Serie 3

Dato	Klima RF [%]	Aflæste værdier				Beregnete værdier								
						Rel. Længdeændringer (*1000)				Rel. Vægtændringer				
		119 L	119 M	219 L	219 M	330 L	330 M	119 L	219 L	330 L	119 M	219 M	330 M	
22.05	lev.	1,263	215,75	-0,082	195,08	1,686	214,78	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
26.05	43%	1,257	179,64	-0,083	166,33	1,683	176,29	-0,038	-0,006	-0,019	-0,167	-0,147	-0,179	-0,179
28.05	43%	1,252	178,35	-0,091	165,7	1,681	174,75	-0,069	-0,056	-0,031	-0,173	-0,151	-0,186	-0,186
30.05	43%	1,254	178,4	-0,09	165,76	1,684	174,85	-0,056	-0,050	-0,013	-0,173	-0,150	-0,186	-0,186
01.06	43%	1,254	178,44	-0,09	165,82	1,687	174,93	-0,056	-0,050	0,006	-0,173	-0,150	-0,186	-0,186
03.06	50%	1,262	178,66	-0,082	166,05	1,697	175,21	-0,006	0,000	0,069	-0,172	-0,149	-0,184	-0,184
05.06	50%	1,266	178,69	-0,078	166,08	1,702	175,28	0,019	0,025	0,100	-0,172	-0,149	-0,184	-0,184
07.06	50%	1,266	178,72	-0,077	166,11	1,705	175,35	0,019	0,031	0,119	-0,172	-0,149	-0,184	-0,184
09.06	50%	1,267	178,77	-0,078	166,18	1,707	175,45	0,025	0,025	0,131	-0,171	-0,148	-0,183	-0,183
11.06	50%	1,266	178,83	-0,08	166,23	1,708	175,53	0,019	0,013	0,138	-0,171	-0,148	-0,183	-0,183
14.06	43%	1,261	178,68	-0,086	166,09	1,701	175,4	-0,013	-0,025	0,094	-0,172	-0,149	-0,183	-0,183
18.06	43%	1,265	178,74	-0,083	166,15	1,705	175,48	0,013	-0,006	0,119	-0,172	-0,148	-0,183	-0,183
21.06	43%	1,266	178,77	-0,082	166,18	1,706	175,52	0,019	0,000	0,125	-0,171	-0,148	-0,183	-0,183
24.06	43%	1,268	178,78	-0,082	166,17	1,707	175,54	0,031	0,000	0,131	-0,171	-0,148	-0,183	-0,183

Serie 4

Dato	Klima RF [%]	Aflæste værdier			Beregnete værdier			Rel. Længdeændringer (*1000)			Rel. Vægtændringer		
		126 L	126 M	221 L	221 M	331 L	331 M	126 L	221 L	331 L	126 M	221 M	331 M
22.05	lev.	1,438	211,99	-0,484	195,44	0,445	211,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
26.05	43%	1,433	175,08	-0,49	167,52	0,44	173,22	-0,031	-0,038	-0,031	-0,174	-0,143	-0,181
28.05	43%	1,43	174,08	-0,492	166,91	0,438	171,78	-0,050	-0,050	-0,044	-0,179	-0,146	-0,188
30.05	43%	1,432	174,14	-0,49	167	0,441	171,88	-0,038	-0,038	-0,025	-0,179	-0,146	-0,188
01.06	43%	1,434	174,2	-0,489	167,05	0,444	171,97	-0,025	-0,031	-0,006	-0,178	-0,145	-0,187
03.06	65%	1,454	174,85	-0,467	167,62	0,465	172,59	0,100	0,106	0,125	-0,175	-0,142	-0,184
05.06	65%	1,46	174,91	-0,463	167,64	0,472	172,68	0,138	0,131	0,169	-0,175	-0,142	-0,184
07.06	65%	1,462	174,96	-0,462	167,67	0,475	172,76	0,150	0,137	0,187	-0,175	-0,142	-0,184
09.06	65%	1,467	175,18	-0,458	167,88	0,48	172,99	0,181	0,162	0,219	-0,174	-0,141	-0,182
11.06	65%	1,468	175,24	-0,459	167,93	0,482	173,11	0,188	0,156	0,231	-0,173	-0,141	-0,182
14.06	65%	1,473	175,41	-0,457	168,04	0,484	173,25	0,219	0,169	0,244	-0,173	-0,140	-0,181
18.06	65%	1,481	175,53	-0,451	168,13	0,49	173,4	0,269	0,206	0,281	-0,172	-0,140	-0,181
21.06	65%	1,485	175,61	-0,448	168,21	0,493	173,49	0,294	0,225	0,300	-0,172	-0,139	-0,180
24.06	65%	1,487	175,67	-0,446	168,23	0,496	173,54	0,306	0,237	0,319	-0,171	-0,139	-0,180
28.06	65%	1,486	175,69	-0,449	168,25	0,494	173,59	0,300	0,219	0,306	-0,171	-0,139	-0,180
30.06	43%	1,467	175,17	-0,468	167,74	0,475	173,1	0,181	0,100	0,187	-0,174	-0,142	-0,182
02.07	43%	1,466	175,13	-0,469	167,73	0,473	173,07	0,175	0,094	0,175	-0,174	-0,142	-0,182
07.07	43%	1,465	175,14	-0,471	167,72	0,471	173,07	0,169	0,081	0,162	-0,174	-0,142	-0,182
11.07	43%	1,464	175,15	-0,472	167,72	0,47	173,08	0,163	0,075	0,156	-0,174	-0,142	-0,182
15.07	65%	1,488	175,7	-0,45	168,21	0,492	173,59	0,313	0,212	0,294	-0,171	-0,139	-0,180
18.07	65%	1,488	175,76	-0,45	168,26	0,491	173,65	0,313	0,212	0,287	-0,171	-0,139	-0,179
27.07	65%	1,494	175,88	-0,446	168,34	0,496	173,78	0,350	0,237	0,319	-0,170	-0,139	-0,179
30.07	65%	1,492	175,91	-0,448	168,36	0,493	173,82	0,338	0,225	0,300	-0,170	-0,139	-0,179
02.08	43%	1,471	175,41	-0,469	167,88	0,472	173,36	0,206	0,094	0,169	-0,173	-0,141	-0,181
05.08	43%	1,472	175,44	-0,468	167,91	0,473	173,42	0,213	0,100	0,175	-0,172	-0,141	-0,180
09.08	43%	1,47	175,46	-0,47	167,93	0,471	173,42	0,200	0,088	0,162	-0,172	-0,141	-0,180
16.08	43%	1,469	175,42	-0,472	167,89	0,469	173,37	0,194	0,075	0,150	-0,173	-0,141	-0,181

Serie 5

Dato	Klima RF [%]	Aflæste værdier			Beregnete værdier											
		120 L	120 M	230 L	230 M	328 L	328 M	120 L	230 L	328 L	328 M	120 M	230 M	328 M	328 M	328 M
22.05	lev.	1,773	213,12	-1,283	195,18	0,009	210,58	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
26.05	43%	1,766	178,47	-1,288	167,31	0,008	173,56	-0,044	-0,031	-0,006	-0,163	-0,143	-0,143	-0,176	-0,176	-0,176
28.05	43%	1,763	177,36	-1,291	166,72	0,005	172,06	-0,063	-0,050	-0,025	-0,168	-0,146	-0,146	-0,183	-0,183	-0,183
30.05	43%	1,764	177,41	-1,289	166,78	0,008	172,15	-0,056	-0,038	-0,006	-0,168	-0,146	-0,146	-0,182	-0,182	-0,182
01.06	43%	1,766	177,45	-1,286	166,85	0,01	172,25	-0,044	-0,019	0,006	-0,167	-0,145	-0,145	-0,182	-0,182	-0,182
03.06	90%	1,803	181,1	-1,251	170,01	0,049	175,7	0,188	0,200	0,250	-0,150	-0,129	-0,129	-0,166	-0,166	-0,166
05.06	90%	1,81	180,57	-1,243	169,59	0,059	175,33	0,231	0,250	0,313	-0,153	-0,131	-0,131	-0,167	-0,167	-0,167
07.06	90%	1,812	180,5	-1,241	169,4	0,062	175,09	0,244	0,262	0,331	-0,153	-0,132	-0,132	-0,169	-0,169	-0,169
09.06	90%	1,819	180,72	-1,235	169,6	0,069	175,42	0,288	0,300	0,375	-0,152	-0,131	-0,131	-0,167	-0,167	-0,167
11.06	90%	1,823	180,96	-1,232	169,87	0,073	175,52	0,313	0,319	0,400	-0,151	-0,130	-0,130	-0,166	-0,166	-0,166
14.06	90%	1,827	180,83	-1,23	169,72	0,077	175,59	0,338	0,331	0,425	-0,152	-0,130	-0,130	-0,166	-0,166	-0,166
18.06	90%	1,835	181,18	-1,225	170,04	0,084	175,92	0,388	0,362	0,469	-0,150	-0,129	-0,129	-0,165	-0,165	-0,165
21.06	90%	1,837	181,3	-1,223	170,22	0,087	176,08	0,400	0,375	0,488	-0,149	-0,128	-0,128	-0,164	-0,164	-0,164
24.06	90%	1,841	181,3	-1,22	170,26	0,091	176,16	0,425	0,394	0,513	-0,149	-0,128	-0,128	-0,163	-0,163	-0,163
28.06	90%	1,842	181,46	-1,222	170,36	0,09	176,34	0,431	0,381	0,506	-0,149	-0,127	-0,127	-0,163	-0,163	-0,163
30.06	43%	1,806	179,05	-1,257	168,4	0,055	174,32	0,206	0,163	0,288	-0,160	-0,137	-0,137	-0,172	-0,172	-0,172
02.07	43%	1,804	179,01	-1,26	168,37	0,052	174,29	0,194	0,144	0,269	-0,160	-0,137	-0,137	-0,172	-0,172	-0,172
07.07	43%	1,801	179	-1,263	168,36	0,048	174,28	0,175	0,125	0,244	-0,160	-0,137	-0,137	-0,172	-0,172	-0,172
11.07	43%	1,8	179	-1,265	168,37	0,047	174,28	0,169	0,113	0,238	-0,160	-0,137	-0,137	-0,172	-0,172	-0,172
15.07	90%	1,839	181,18	-1,226	170,18	0,086	176,26	0,413	0,356	0,481	-0,150	-0,128	-0,128	-0,163	-0,163	-0,163
18.07	90%	1,841	181,43	-1,225	170,38	0,088	176,47	0,425	0,362	0,494	-0,149	-0,127	-0,127	-0,162	-0,162	-0,162
27.07	90%	1,845	181,34	-1,224	170,29	0,089	176,4	0,450	0,369	0,500	-0,149	-0,128	-0,128	-0,162	-0,162	-0,162
30.07	90%	1,845	181,62	-1,222	170,6	0,09	176,74	0,450	0,381	0,506	-0,148	-0,126	-0,126	-0,161	-0,161	-0,161
02.08	43%	1,807	179,55	-1,26	168,95	0,052	174,99	0,213	0,144	0,269	-0,158	-0,134	-0,134	-0,169	-0,169	-0,169
05.08	43%	1,807	179,59	-1,26	169	0,052	175,04	0,213	0,144	0,269	-0,157	-0,134	-0,134	-0,169	-0,169	-0,169
09.08	43%	1,805	179,58	-1,263	169	0,049	175,04	0,200	0,125	0,250	-0,157	-0,134	-0,134	-0,169	-0,169	-0,169
16.08	43%	1,802	179,55	-1,266	168,95	0,046	174,98	0,181	0,106	0,231	-0,158	-0,134	-0,134	-0,169	-0,169	-0,169

Serie 6

Dato	Klima RF [%]	Aflæste værdier			Beregnete værdier											
		127 L	127 M	231 L	231 M	321 L	321 M	127 L	231 L	321 L	127 M	231 M	321 M			
22.05	lev.	1,51	214,84	-1,584	194,81	1,78	213,45	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
26.05	43%	1,503	175,53	-1,592	167,49	1,78	172,94	-0,044	-0,050	0,000	-0,183	-0,183	-0,140	-0,190	-0,183	-0,140
28.05	43%	1,5	174,35	-1,593	167,03	1,78	171,42	-0,063	-0,056	0,000	-0,188	-0,188	-0,143	-0,197	-0,188	-0,143
30.05	43%	1,501	174,42	-1,59	167,11	1,784	171,52	-0,056	-0,038	0,025	-0,188	-0,188	-0,142	-0,196	-0,188	-0,142
01.06	43%	1,502	174,48	-1,589	167,18	1,785	171,61	-0,050	-0,031	0,031	-0,188	-0,188	-0,142	-0,196	-0,188	-0,142
03.06	11%	1,456	173,34	-1,634	166,12	1,745	170,53	-0,338	-0,312	-0,219	-0,193	-0,193	-0,147	-0,201	-0,193	-0,147
05.06	11%	1,456	173,28	-1,637	166,06	1,743	170,49	-0,338	-0,331	-0,231	-0,193	-0,193	-0,148	-0,201	-0,193	-0,148
07.06	11%	1,454	173,25	-1,638	166,04	1,741	170,48	-0,350	-0,337	-0,244	-0,194	-0,194	-0,148	-0,201	-0,194	-0,148
09.06	11%	1,452	173,24	-1,64	166,01	1,74	170,45	-0,363	-0,350	-0,250	-0,194	-0,194	-0,148	-0,201	-0,194	-0,148
11.06	90%	1,536	176,82	-1,557	169,02	1,821	173,69	0,163	0,169	0,256	-0,177	-0,177	-0,132	-0,186	-0,177	-0,132
14.06	90%	1,548	177,14	-1,547	169,32	1,834	173,91	0,238	0,231	0,338	-0,175	-0,175	-0,131	-0,185	-0,175	-0,131
18.06	90%	1,561	177,66	-1,537	169,73	1,848	174,38	0,319	0,294	0,425	-0,173	-0,173	-0,129	-0,183	-0,173	-0,129
21.06	90%	1,567	177,82	-1,532	169,9	1,853	174,52	0,356	0,325	0,456	-0,172	-0,172	-0,128	-0,182	-0,172	-0,128
24.06	90%	1,573	177,86	-1,527	169,96	1,859	174,71	0,394	0,356	0,494	-0,172	-0,172	-0,128	-0,181	-0,172	-0,128
28.06	90%	1,576	178,13	-1,526	170,2	1,86	174,93	0,413	0,363	0,500	-0,171	-0,171	-0,126	-0,180	-0,171	-0,126
30.06	90%	1,58	178,34	-1,524	170,38	1,863	175,18	0,438	0,375	0,519	-0,170	-0,170	-0,125	-0,179	-0,170	-0,125
02.07	90%	1,582	178,45	-1,524	170,32	1,864	175,32	0,450	0,375	0,525	-0,169	-0,169	-0,126	-0,179	-0,169	-0,126
07.07	90%	1,587	178,45	-1,52	170,42	1,868	175,53	0,481	0,400	0,550	-0,169	-0,169	-0,125	-0,178	-0,169	-0,125
11.07	90%	1,588	178,68	-1,52	170,57	1,868	175,64	0,488	0,400	0,550	-0,168	-0,168	-0,124	-0,177	-0,168	-0,124
15.07	11%	1,497	175,29	-1,61	167,75	1,778	172,8	-0,081	-0,163	-0,013	-0,184	-0,184	-0,139	-0,190	-0,184	-0,139
18.07	11%	1,494	175,27	-1,613	167,73	1,775	172,79	-0,100	-0,181	-0,031	-0,184	-0,184	-0,139	-0,190	-0,184	-0,139
27.07	11%	1,493	175,26	-1,616	167,71	1,772	172,75	-0,106	-0,200	-0,050	-0,184	-0,184	-0,139	-0,191	-0,184	-0,139
30.07	11%	1,488	175,27	-1,619	167,73	1,769	172,78	-0,138	-0,219	-0,069	-0,184	-0,184	-0,139	-0,191	-0,184	-0,139
02.08	90%	1,579	178,42	-1,531	170,43	1,857	175,62	0,431	0,331	0,481	-0,170	-0,170	-0,125	-0,177	-0,170	-0,125
05.08	90%	1,582	178,75	-1,528	170,73	1,86	176,01	0,450	0,350	0,500	-0,168	-0,168	-0,124	-0,175	-0,168	-0,124
09.08	90%	1,587	179,29	-1,523	171,06	1,864	176,42	0,481	0,381	0,525	-0,165	-0,165	-0,122	-0,173	-0,165	-0,122
16.08	90%	1,59	179,54	-1,523	171,33	1,864	176,68	0,500	0,381	0,525	-0,164	-0,164	-0,121	-0,172	-0,164	-0,121
19.08	90%	1,591	179,12	-1,522	171,08	1,865	176,43	0,506	0,388	0,531	-0,166	-0,166	-0,122	-0,173	-0,166	-0,122
23.08	90%	1,593	179,39	-1,521	171,23	1,866	176,6	0,519	0,394	0,538	-0,165	-0,165	-0,121	-0,173	-0,165	-0,121
26.08	90%	1,593	179,32	-1,521	171,26	1,866	176,64	0,519	0,394	0,538	-0,165	-0,165	-0,121	-0,172	-0,165	-0,121

Dato	Klima RF [%]	Aflæste værdier				Beregnete værdier									
		129 L		129 M		228 L		228 M		319 L		319 M			
		129 L	129 M	228 L	228 M	319 L	319 M	228 L	228 M	319 L	319 M	129 M	129 M		
22.05	lev.	0,07	213,95	2,922	206,05	1,656	213,55	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
24.05	65%	0,066	181,54	2,928	176,82	1,66	179,66	-0,025	0,037	0,025	-0,151	-0,142	-0,159	-0,159	-0,159
26.05	65%	0,076	175,65	2,938	172,3	1,672	173,16	0,037	0,100	0,100	-0,179	-0,164	-0,189	-0,189	-0,189
28.05	65%	0,08	175,11	2,944	172,19	1,679	172,54	0,062	0,137	0,144	-0,182	-0,164	-0,192	-0,192	-0,192
30.05	65%	0,086	175,19	2,95	172,31	1,686	172,64	0,100	0,175	0,188	-0,181	-0,164	-0,192	-0,192	-0,192
01.06	65%	0,091	175,27	2,955	172,43	1,691	172,77	0,131	0,206	0,219	-0,181	-0,163	-0,191	-0,191	-0,191
03.06	65%	0,091	175,32	2,958	172,51	1,695	172,86	0,131	0,225	0,244	-0,181	-0,163	-0,191	-0,191	-0,191
05.06	65%	0,096	175,32	2,961	172,52	1,699	172,88	0,163	0,244	0,269	-0,181	-0,163	-0,190	-0,190	-0,190
07.06	65%	0,097	175,31	2,962	172,51	1,7	172,9	0,169	0,250	0,275	-0,181	-0,163	-0,190	-0,190	-0,190
09.06	65%	0,102	175,5	2,966	172,72	1,705	173,1	0,200	0,275	0,306	-0,180	-0,162	-0,189	-0,189	-0,189
11.06	65%	0,101	175,52	2,965	172,77	1,705	173,15	0,194	0,269	0,306	-0,180	-0,162	-0,189	-0,189	-0,189
14.06	43%	0,086	174,62	2,947	172,01	1,688	172,34	0,100	0,156	0,200	-0,184	-0,165	-0,193	-0,193	-0,193
18.06	43%	0,09	174,67	2,95	172,06	1,691	172,39	0,125	0,175	0,219	-0,184	-0,165	-0,193	-0,193	-0,193
21.06	43%	0,09	174,7	2,95	172,08	1,692	172,41	0,125	0,175	0,225	-0,183	-0,165	-0,193	-0,193	-0,193
24.06	43%	0,092	174,69	2,951	172,09	1,692	172,42	0,137	0,181	0,225	-0,184	-0,165	-0,193	-0,193	-0,193

Serie 8

Dato	Klima RF [%]	Afleste værdier			Beregnete værdier						Rel. Vægtændringer		
		131 L	131 M	227 L	227 M	326 L	326 M	131 L	227 L	326 L	131 M	227 M	326 M
22.05	lev.	1,362	215,64	2,893	203,17	0,492	213,68	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
24.05	50%	1,363	176,87	2,904	169,09	0,5	173,29	0,006	0,069	0,050	-0,180	-0,168	-0,189
26.05	50%	1,368	176,2	2,911	168,8	0,506	171,97	0,038	0,113	0,088	-0,183	-0,169	-0,195
28.05	50%	1,371	176,26	2,916	168,92	0,512	172,1	0,056	0,144	0,125	-0,183	-0,169	-0,195
30.05	50%	1,375	176,37	2,92	169,03	0,515	172,22	0,081	0,169	0,144	-0,182	-0,168	-0,194
01.06	50%	1,378	176,45	2,924	169,14	0,519	172,34	0,100	0,194	0,169	-0,182	-0,167	-0,193
03.06	50%	1,377	176,5	2,926	169,18	0,521	172,41	0,094	0,206	0,181	-0,182	-0,167	-0,193
05.06	50%	1,38	176,51	2,928	169,22	0,524	172,44	0,112	0,219	0,200	-0,181	-0,167	-0,193
07.06	50%	1,379	176,54	2,928	169,25	0,522	172,48	0,106	0,219	0,188	-0,181	-0,167	-0,193
09.06	43%	1,374	176,37	2,921	169,07	0,516	172,33	0,075	0,175	0,150	-0,182	-0,168	-0,194
11.06	43%	1,374	176,36	2,921	169,05	0,516	172,29	0,075	0,175	0,150	-0,182	-0,168	-0,194
14.06	43%	1,372	176,36	2,919	169,06	0,513	172,29	0,063	0,163	0,131	-0,182	-0,168	-0,194
18.06	43%	1,377	176,45	2,924	169,15	0,518	172,39	0,094	0,194	0,163	-0,182	-0,167	-0,193
21.06	43%	1,379	176,48	2,925	169,17	0,518	172,42	0,106	0,200	0,163	-0,182	-0,167	-0,193

Serie 9

Dato	Klima RF [%]	Aflæste værdier			Beregnete værdier						Rel. Vægtændringer		
		130 L	130 M	220 L	220 M	329 L	329 M	130 L	220 L	329 L	130 M	220 M	329 M
22.05	lev.	1,595	212,03	-0,75	193,66	0,281	211,56	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
24.05	11%	1,54	172,21	-0,806	164,76	0,235	171,13	-0,344	-0,350	-0,288	-0,188	-0,149	-0,191
26.05	11%	1,538	172,18	-0,804	164,74	0,233	171,08	-0,356	-0,338	-0,300	-0,188	-0,149	-0,191
28.05	11%	1,535	172,13	-0,808	164,69	0,229	171,05	-0,375	-0,363	-0,325	-0,188	-0,150	-0,191
30.05	11%	1,534	172,12	-0,81	164,68	0,229	171,03	-0,381	-0,375	-0,325	-0,188	-0,150	-0,192
01.06	11%	1,535	172,12	-0,808	164,69	0,23	171,03	-0,375	-0,363	-0,319	-0,188	-0,150	-0,192
03.06	50%	1,588	173,36	-0,752	165,86	0,281	172,23	-0,044	-0,013	0,000	-0,182	-0,144	-0,186
05.06	50%	1,594	173,44	-0,744	165,94	0,289	172,36	-0,006	0,038	0,050	-0,182	-0,143	-0,185
07.06	50%	1,594	173,5	-0,742	166,02	0,292	172,48	-0,006	0,050	0,069	-0,182	-0,143	-0,185
09.06	50%	1,598	173,56	-0,738	166,07	0,296	172,56	0,019	0,075	0,094	-0,181	-0,142	-0,184
11.06	50%	1,599	173,63	-0,738	166,13	0,297	172,65	0,025	0,075	0,100	-0,181	-0,142	-0,184
14.06	11%	1,55	172,67	-0,789	165,21	0,249	171,73	-0,281	-0,244	-0,200	-0,186	-0,147	-0,188
18.06	11%	1,553	172,73	-0,787	165,27	0,25	171,79	-0,263	-0,231	-0,194	-0,185	-0,147	-0,188
21.06	11%	1,553	172,7	-0,787	165,23	0,249	171,77	-0,263	-0,231	-0,200	-0,185	-0,147	-0,188
24.06	11%	1,554	172,72	-0,786	165,27	0,251	171,79	-0,256	-0,225	-0,188	-0,185	-0,147	-0,188

Bilag 2: Data fra bestemmelse af E-moduler og styrke for både træk og tryk.

F_n : kraft i kN

dL_n : tøjning i promille

F_u : brudkraft i kN

l, b, h : dimensioner i mm

A : tværsnitsareal i mm^2

M : masse i gram

E_0, E_c : E-moduler i GPa

f_t, f_c : træk- og trykstyrke i MPa

BESTEMMELSE AF E-MODULER OG STYRKER FOR LETBETON.

TRÆK

Klima	Prøve-ID	F0 kN	F1 kN	F5 kN	F6 kN	F_u kN	dL0 o/oo	dL1 o/oo	dL5 o/oo	dL6 o/oo	l1 mm	l2 mm	l_mid mm
43% RF	LBTTB10A	1,08798	4,00181	3,99493	0,79522	8,09	0,0449	0,17704	0,17962	0,03586	202,4	202	202,2
	LBTTB10B	0,80587	3,99663	3,99525	0,80174	9,74	0,03026	0,16972	0,16671	0,03241	202	202,4	202,2
	LBTTB10C	0,79692	4,00283	4,00421	0,79485	7,73	0,0388	0,17719	0,18149	0,04332	201,2	201,9	201,55
	LBTTB18A	0,79761	3,99732	4,00076	0,80312	7,21	0,03385	0,19225	0,19268	0,03966	202,3	202,4	202,35
	LBTTB18B	0,79899	4,00145	3,99112	0,8045	5,18	0,04053	0,20151	0,21184	0,04978	202,3	202,4	202,35
	LBTTB18C	0,79279	4,00076	4,0111	0,79623	5,05	0,03794	0,19871	0,19656	0,04784	202	201,3	201,65
	LBTTT17A	0,78796	3,9925	4,00145	0,80312	7,44	0,03902	0,1972	0,20129	0,04375	201,6	201,6	201,6
	LBTTT17B	0,80518	4,00352	4,00076	0,8045	6,35	0,04483	0,21055	0,21722	0,05817	202,4	202,3	202,35

Lev.fugt	LBTTB09A	0,80243	4,00076	4,00352	0,80174	7,62	0,04354	0,20323	0,21464	0,05968	201	200,3	200,65
	LBTTB09B	0,79623	3,9925	4,00352	0,80243	4,1	0,03967	0,20344	0,21743	0,06441	201,8	201,2	201,5
	LBTTB09C	0,79967	4,00076	4,00627	0,80105	5,05	0,04117	0,20753	0,22389	0,05495	201,2	200,8	201
	LBTTB16A	0,79899	4,00145			4,02	0,05	0,24649			201,7	201	201,35

Bemærk: Serierne LBTTB09B OG LBTTB16A brød allerede under E-modulbestemmelsen.

TRYK

Klima	Prøve-ID	F0 kN	F1 kN	F5 kN	F6 kN	F_u kN	dL0 o/oo	dL1 o/oo	dL5 o/oo	dL6 o/oo	l1 mm	l2 mm	l_mid mm
43% RF	LBCT17C	-4,9978	-25,011	-25,005	-4,9909	-41,51	-0,2418	-1,3708	-1,4224	-0,3502	201,6	201,8	201,7
	LBCT15B	-4,9926	-25,004	-24,999	-4,9978	-30,04	-0,2844	-1,7922	-2,0397	-0,6287	201,3	202	201,65

BESTEMMELSE AF E-MODULER OG STYRKER FOR LETBETON.

side 2

TRÆK

Klima	Prøve-ID	b1 mm	b2 mm	b_mid mm	h1 mm	h2 mm	h_mid mm	A mm ²	M g	E0 GPa	Ec GPa	f _t MPa
43% RF	LBTTB10A	99,88	99,66	99,77	99,51	99,13	99,32	9909,16	1340	2,225	2,246	0,816
	LBTTB10B	100,44	100,4	100,42	100,5	100,22	100,36	10078,2	1358	2,270	2,360	0,966
	LBTTB10C	99,72	99,91	99,815	101,64	101,46	101,55	10136,2	1358	2,286	2,292	0,763
	LBTTB18A	100,54	100,23	100,385	99,48	99,03	99,255	9963,71	1309	2,027	2,097	0,724
	LBTTB18B	99,85	100,03	99,94	99,18	99,3	99,24	9918,05	1300	2,006	1,983	0,522
	LBTTB18C	100,25	99,86	100,055	100,1	100	100,05	10010,5	1321	1,993	2,160	0,504
	LBTTT17A	99,92	100,28	100,1	99,51	99,54	99,525	9962,45	1313	2,033	2,038	0,747
	LBTTT17B	100,09	100,41	100,25	99,25	99,4	99,325	9957,33	1301	1,938	2,018	0,638
									Middel	2,097	2,149	0,710
									Spredn.	0,139	0,138	0,153
									Var.koeff.	0,066	0,064	0,216

Lev.fugt

Lev.fugt	LBTTB09A	100,51	100,4	100,455	99,83	99,96	99,895	10035	1532	1,996	2,059	0,759
	LBTTB09B	99,75	99,85	99,8	98,91	99	98,955	9875,71	1545	1,976	2,118	0,415
	LBTTB09C	98,7	98,87	98,785	100,48	100,21	100,345	9912,58	1549	1,941	1,914	0,509
	LBTTB16A	100,58	100,39	100,485	99,51	100	99,755	10023,9	1493	1,626	1,626	0,401
									Middel	1,885	2,030	0,521
									Spredn.	0,174	0,105	0,166
									Var.koeff.	0,092	0,052	0,318

TRYK

Klima	Prøve-ID	b1 mm	b2 mm	b_mid mm	h1 mm	h2 mm	h_mid mm	A mm ²	M g	E0 GPa	Ec GPa	f _c MPa
43% RF	LBTCT17C	100,02	100,3	100,16	99,83	99,73	99,78	9993,96	1316	1,774	1,868	-4,154
Lev.fugt	LBTCT15B	100,12	99,8	99,96	100,58	101,01	100,795	10075,5	1534	1,317	1,407	-2,981