



Center for Grøn Beton

Beton med stenmel

Udført af:

Marianne Tange Hasholt

Dorthe Mathiesen

Teknologisk Institut, Beton, december 2002

Titel: Beton med stenmel
Udført af: Marianne Tange Hasholt
Dorthe Mathiesen
Dato: December 2002
ISBN: 87-7756-700-5

Reproduktion af dele af rapporten er tilladt, hvis kilde angives.

Indholdsfortegnelse

0. INDLEDNING	4
1. RECEPTER.....	5
1.1 P-BETONER	5
1.2 A-BETONER	5
2. MEKANISKE EGENSKABER.....	7
2.1 STYRKE OG STIVHED.....	7
2.2 KRYBNING	7
2.3 SEMI-FULDSKALA FORSØG MED SØJLER OG BJÆLKER	8
3. BRAND	9
3.1 MEKANISKE EGENSKABER UNDER BRAND	9
3.2 EKSPLOSIV AFSKALNING.....	9
4. UDFØRELSE.....	10
4.1 PRODUKTIONSEGENSKABER	10
4.2 HÆRDEEGENSKABER	10
5. HOLDBARHED	12
6. KONKLUSION.....	13
7. REFERENCER.....	14
APPENDIX 1: RECEPTER.....	15
P-BETONER	15
A-BETONER.....	16
APPENDIX 2: PRØVNINGSOVERSIGT	17
APPENDIX 3: MATERIALEBESKRIVELSE AF STENMEL.....	20

0. Indledning

Grøn Beton-projektet har en overordnet målsætning om at udvikle ny viden om miljøvenlige betontyper og at finde løsninger, så disse betontyper kan anvendes i praksis. Ved udvikling af nye betontyper er *grøn* beton defineret som beton, der opfylder mindst ét af følgende miljømål:

- at reducere CO₂-emissionerne med 30%
- at nyttiggøre restprodukter som tilslag svarende til 20% af betonens samlede vægt
- at genanvende betonindustriens egne restprodukter, der ellers skulle have været deponeret
- at introducere nye restprodukter, der ikke tidligere er anvendt til betonproduktion
- at reducere forbrug af ikke-fornyelige brændsler i cementproduktionen med 10%

Formålet med denne rapport er at sammenfatte de konkrete resultater og erfaringer, der er opnået for beton med stenmel i løbet af Grøn Beton-projektet.

Stenmel er et restprodukt, der stammer fra knusning af klippe til blandt andet tilslag til beton. I Grøn Beton-projektet er der anvendt stenmel fra knusning af granit. Stenmel minder om sand, men på grund af en meget kantet kornform og forholdsvis store variationer af kornstørrelsesfordelinger er stenmel hidtil kun anvendt i meget begrænset omfang til betonproduktion i forhold til de mængder stenmel, der er til rådighed.

Arbejdet med beton med stenmel fokuserer således på at erstatte naturlige råmaterialer i form af betonsand med et restprodukt og på at øge betonindustriens muligheder for at genanvende egne restprodukter.

1. Recepter

Materialeudviklingen i Grøn Beton-projektet er gennemført i tre prøvningsfaser, kaldet *grundpakken*, *stor pakke* og *udvidet pakke*. Desuden er nogle udvalgte betontyper afprøvet i en demonstrationsbro. Recepterne er blevet justeret forud for hver prøvningspakke. De løbende ændringer afspejler således de overvejelser, der er gjort for at optimere betonerne. De fuldstændige recepter er angivet i appendix 1. Nedenfor redegøres kun for de enkelte betoners karakteristika.

I Grøn Beton-projektet er der anvendt stenmel fra to forskellige stenbrud: Hardeberga og Dalby. Stenmel fra begge brud indeholder mere finstof end typisk betonsand. Således er gennemfaldet på 0,125 mm sigten henholdsvis ca. 5% og ca. 25%. Grunden til at stenmelet fra Dalby indeholder mest finstof er, at der i stenbrudet i Hardeberga anvendes vådknusning, så en stor del af finstoffet vaskes ud.

1.1 P-betoner

I grundpakken blev recepterne udarbejdet ved hjælp af pakningsberegninger for tilslaget, hvor stenmelet erstatter sandet helt eller delvist. På den måde blev der udarbejdet 2 P-recepter, se Tabel 1.

Tabel 1: P-beton med stenmel i grundpakken.

Betegnelse	PHA75-25	PDA100
Beskrivelse	P-beton, hvor 75% af sandet er erstattet af stenmel fra Hardeberga i forhold til referencerecepten	P-beton, hvor sandet er erstattet 100% af stenmel fra Dalby i forhold til referencerecepten
Produktionssted	Sydsten/Eslöv	Sydsten/Eslöv

Stor pakke

PDA100 havde rimelige friskbetonegenskaber, om end en ret lav afbindingstid, og udviklede den højeste styrke, og derfor blev denne beton valgt til prøvning i stor pakke. I stor pakke er denne beton kaldt *P6*.

Udvidet pakke

Der er ikke valgt nogen passiv beton med stenmel til udvidet pakke.

1.2 A-betoner

De indledende recepter til grundpakken blev ligesom for P-betonernes vedkommende udarbejdet ved hjælp af pakningsberegninger. Med den opnåede pakning var det samtidigt muligt at reducere pastamængden i forhold til referencerecepten og derved spare 30 kg cement pr. m³ beton. De to recepter i grundpakken fremgår af Tabel 2.

Tabel 2: A-beton med stenmel i grundpakken.

Betegnelse	AHA50-50	ADA50-50
Beskrivelse	A-beton, hvor 50% af sandet er erstattet af stenmel fra Hardeberga	A-beton, hvor 50% af sandet er erstattet af stenmel fra Dalby
Produktionssted	Sydsten/Eslöv	Sydsten/Eslöv

Stor pakke

AHA50-50 havde klart den bedste bearbejdelighed, og de to grønne betoner havde stort set samme styrke. Der var for begge betoners vedkommende tale om styrker, der lå ca. 30% under styrken af referencebetonen. Det blev valgt at benytte AHA50-50 til prøvning i stor pakke, men med en receptjustering for at få styrken på niveau med referencerecepten. I stor pakke er A-beton med stenmel betegnet A6.

Udvidet pakke

Efter stor pakke, hvor erfaringerne med A6 var positive, blev denne beton udvalgt til udvidet pakke. I mellemtiden var Sydsten imidlertid begyndt at anvende stenmel i stort omfang i den daglige produktion, og derfor blev det valgt at øge mængden af stenmel i recepten. I udvidet pakke refererer A6 således til en A-beton, hvor sandet helt er erstattet af stenmel. Samtidigt blev recepten justeret, idet produktionsstedet blev flyttet til Sydstens fabrik i Malmö.

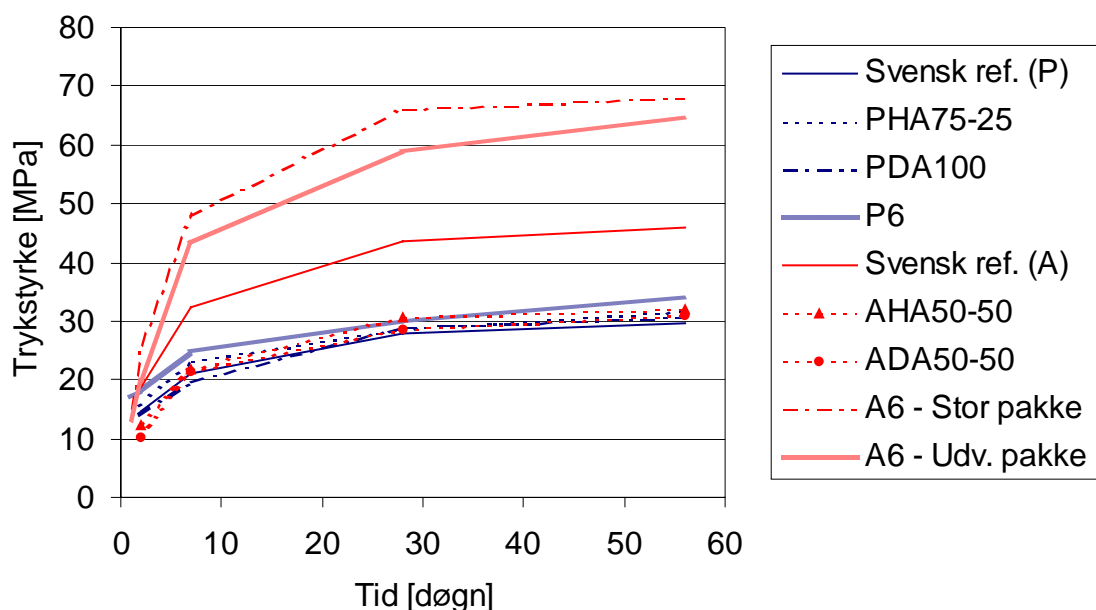
Demonstrationsbro-projektet

Der er ikke anvendt beton med stenmel i demonstrationsbroprojektet, da det ikke er praktisk muligt at transportere frisk beton fra Sydsverige til en støbning i Jylland.

2. Mekaniske egenskaber

2.1 Styrke og stivhed

Der er målt trykstyrkeudvikling i alle tre prøvningspakker, dvs. på alle betoner med stenmel, se Figur 1. Grøn Beton-projektet har generelt benyttet danske referencebetoner, men da beton med stenmel kun er blandet på svenske fabrikker hos Sydsten, er resultaterne i nedenstående figur sammenstillet med to svenske referencebetoner, der blev støbt samtidigt med de grønne betoner i grundpakken.



Figur 1: Styrkeudvikling.

Det ses, at alle P-beton har samme styrkeniveau. Der er noget større spredning på styrkerne for A-betonerne. Således havde de to første A-beton med stenmel blandet i grundpakken styrker som P-betonerne. I både Stor og Udvidet pakke er der målt styrker, der er højere end for en svensk beton til samme miljøklasse. Der haves ikke umiddelbart en forklaring på de store forskelle, idet de er langt større end, hvad der kan forklares med forskelle i v/c-forhold og luftindhold.

For de parametre, der hænger sammen med trykstyrken, dvs. elasticitetsmodul og spaltetrækstyrke, ser der ud til at være samme sammenhæng som for konventionelle betoner.

2.2 Krybning

I stor pakke er krybning målt ved høje lastniveauer, dvs. lastniveauer svarende til 70%, 80% og 90% af de respektive betontypers trykstyrke. Her viser det sig, at P6 og A6 – Stor pakke hører til blandt de betoner, der kryber hurtigst blandt de betoner, der er afprøvet i projektet. Der er dog ikke konstateret nogen øget risiko for krybebrud.

2.3 Semi-fuldskala forsøg med søjler og bjælker

Der er ikke udført forsøg til undersøgelse af bjælkers bøjning og forskydning samt søjlers instabilitet for beton med stenmel.

3. Brand

3.1 Mekaniske egenskaber under brand

De mekaniske egenskaber er ikke undersøgt for hverken P- eller A-beton med stenmel.

3.2 Eksplosiv afskalning

Både P6 og A6 blev afprøvet i stor pakke i en prøvestand opbygget på DTU. På grund af manglende erfaringer med denne type forsøg er der dog usikkerhed om, hvordan resultaterne skal tolkes. Det kan imidlertid konstateres, at P6 var én af de P-betoner, der havde mindst eksplosiv afskalning, og det vurderes på denne baggrund, at stenmel ikke nedsætter betonens brandmodstand.

4. Udførelse

4.1 Produktionsegenskaber

Ved sammenligning af de enkelte betoner er der nogen variation i sætmål og luftindhold målt umiddelbart efter blanding, se Tabel 3. Disse variationer optræder selvom der er tilstræbt samme sætmål (100 mm ± 20 mm) i alle blandinger. Til gengæld er luftindholdet i især A-beton med stenmel ret stabilt over tid og for alle betonerne gælder det, at tabet af bearbejdelse er på niveau eller mindre end for referencebetonerne. Samtidigt blev det vurderet, at beton med stenmel (P6 og A6 – Stor pakke) havde gode støbeegenskaber.

Tabel 3: Målinger af friskbetonegenskaber

	Sætmål [mm]		Luftindhold [%]	
	umiddelbart efter blanding	½ time efter blanding	umiddelbart efter blanding	½ time efter blanding
Svensk reference (P)	130	100	2,1	2,1
PHA75-25	70	50	4,0	3,3
PDA100	70	80	1,5	1,5
P6	100	70 ¹	1,8	2,3
Svensk reference (A)	80	50	5,2	4,9
AHA50-50	130	130	5,2	5,9
ADA50-50	100	70	7,2	7,1
A6 – Stor pakke	110	80 ¹	4,7	4,8
A6 – Udvidet pakke	120	110	7,0	7,5

1. målt 1 time efter blanding i stedet for ½ time efter blanding

4.2 Hærdeegenskaber

Afbindingstiden blev bestemt i grundpakken ved hjælp af proctormålinger. Samtidigt blev varmeudviklingen målt i grundpakken og udvidet pakke, og denne giver også en indikation af afbindingstiden, se Tabel 4.

Tabel 4: Afbindingstid.

	Proctor-måling	τ_0 bestemt ved varmeudvikling
	[h]	[modenhedstime]
Svensk reference (P)	7,2	4,1
PHA75-25	5,6	4,7
PDA100	3,6	4,2
Svensk reference (A)	5,3	4,1
AHA50-50	4,2	4,7
ADA50-50	5,7	4,3
A6 – Udvidet pakke	-	6,7

Det ses, at for de betoner, hvor der både findes proctormålinger og registrering af varmeudvikling, er resultaterne med hensyn til afbindingstid noget modstridende. Proctormålingerne tyder på, at stenmelet fremmer hurtig afbinding, mens afbindingstiden bestemt ved varmeudvikling tyder på, at afbindingstiden er på niveau med eller længere for beton med stenmel end for referencebetonen. Stenmelet er kemisk inaktivt og påvirker således ikke i sig selv hydratiseringsreaktionerne, men det er sandsynligt, at de kemiske hjælpestoffer, der er nødvendige for at give beton med stenmel tilfredsstillende bearbejdelighed, virker retarderende. Dette stemmer også overens med, at det i stor pakke er registreret, at det tager længere tid, før beton med stenmel er klar til at blive glittet.

Stenmelet ser ikke ud til at påvirke den totale varmeudvikling, hvilket heller ikke var ventet på grund af stenmelets inaktivitet.

I udvidet pakke blev A6 undersøgt med hensyn til, hvor følsom betonen er overfor plastisk svind. Forsøget viste, at betonens fordampningshastighed er på niveau med fordampningshastigheden for danske A-betoner, men A6 revnede efter at en forholdsvis lille mængde vand var fordampet. Det er muligvis betonens høje fillerindhold, der er skyld i, at der forholdsvis nemt opstår plastiske svindrevner. A6s fillerindehold er således ca. 100 kg større pr. m³ mørtel end de øvrige A-betoner.

I det danske regelgrundlag for betons udførelse (DS 482) er der lempeligere krav til udtørringsbeskyttelse af beton uden mikrosilica og flyveaske end til beton med puzzolaner. Men selvom A6 hverken indeholder flyveaske eller mikrosilica, stiller denne betontype lige så store krav til udtørringsbeskyttelse.

5. Holdbarhed

Holdbarhedsegenskaberne er udelukkende undersøgt for A-beton med stenmel. Holdbarhedsundersøgelserne er primært forløbet i stor pakke, hvor A6 havde et indhold af stenmel på 50%. Det kunne her konkluderes at

- A6s chloridmodstand er betydeligt dårligere end Grøn Beton-projektets referencebeton til aggressivt miljø, men kun en anelse dårligere end en sammenlignelig svensk beton uden stenmel. A6 er støbt hos Sydsten i Sverige, og forklaringen på at chloridmodstand er ringere end for den danske referencebeton skal derfor sandsynligvis findes i de generelle forskelle på danske og svenske betoner (fx cementtypen og om der bruges flyveaske eller ej). Stenmelet i sig forventes ikke at forringe chloridmodstanden.
- A6s carbonatisering er ubetydelig.
- A6 viste meget god frostbestandighed målt som afskalning i en accelereret frost/tø-test i henhold til SS 13 72 44, selvom afstands faktoren på 0,35 mm klart overskred de danske krav i DS 481 til luftporestrukturen.

I udvidet pakke er frostbestandigheden afprøvet for beton med 100% stenmel. Selvom afstands faktoren stadigvæk er høj (0,30 mm) er afskalningen stadigvæk ubetydelig.

6. Konklusion

Beton med stenmel kan umiddelbart anvendes jf. DS 481.

Beton med stenmel har flere miljømæssige fordele:

- Når halvdelen af sandet erstattes med stenmel, nyttiggøres restprodukter som tilslag svarende til 17-18% af betonens samlede vægt. Ved større dosering og evt. fuldstændig erstatning af sandet opnås selvfølgelig større procentsatser, og det er således muligt for både P- og A-betoner at opfylde det ene af Grøn Beton-projektets miljømål angående at anvendelse af restprodukter som tilslag svarende til 20% af betonens vægt.
- Det gør det muligt at genanvende ét af betonindustriens egne restprodukter, der ellers skulle have været deponeret

Hvis betonen produceres uden formaldehydholdige tilsætningsstoffer, overholder den samtidigt alle Grøn Beton-projektets miljøbetingelser.

Beton med stenmel har generelt gode mekaniske egenskaber, om end der for A-betonerne er registreret store styrkevariationer for forskellige blandinger.

Beton med stenmel har ligeledes gode udførelsesmæssige egenskaber. Dog kræver beton med stenmel forholdsvis høje doseringer af plastificerende og/eller superplastificerende tilsætningsstoffer, hvilket kan forklare, at fx tiden før betonen er klar til glitning bliver lidt længere. Når stenmel erstatter sand, forøges betonens fillerindhold, hvorved den bliver mere følsom for dannelse af plastiske svindrevner og behovet for udtørningsbeskyttelse øges.

Beton med stenmels evne til at modstå brand er usikker, hvilket er tilfældet med alle de betoner, der blev undersøgt i stor pakke, idet der er tvivl om, hvordan forsøgsresultaterne skal tolkes. Der er dog ingen mistanke om at stenmel forringer betonens brandbestandighed.

Holdbarhedsmæssigt er chloridmodstanden ringere end for en gennemsnitlig dansk beton til aggressivt miljø, men på niveau med andre svenske betoner til anlægskonstruktioner. Da den afprøvede recept tager udgangspunkt i en svensk referencerecept, vurderes det, at stenmelet ikke har påvirket chloridmodstanden. Den testede beton viste på andre områder, carbonatisering og frostbestandighed, meget tilfredsstillende resultater.

7. Referencer

- [1] ”Grundpakke rapportering. Beton med betonindustriens egne restprodukter – Sydsten”, Center for Grøn Beton, Teknologisk Institut, Beton, Januar 2001.
- [2] ”Rapportering. Resultatoversigt, Stor pakke”, Center for Grøn Beton, Teknologisk Institut, Beton, Marts 2001.
- [3] ”Rapportering. BK1 – Mekaniske egenskaber, Stor pakke”, Center for Grøn Beton, Teknologisk Institut, Beton, Februar 2001.
- [4] ”Status for BK2 efter brandprøvning i Stor pakke”, Center for Grøn Beton, DTU, Februar 2001.
- [5] ”Rapportering. BK3 – Udførelse – Stor pakke. Statusrapport”, Center for Grøn Beton, Teknologisk Institut, Beton, Januar 2001.
- [6] ”Rapportering. BK4 – Holdbarhed, Stor pakke”, Center for Grøn Beton, Teknologisk Institut, Beton, Februar 2001.
- [7] ”Arbejdskurver, spaltetrækstyrke og udmattelsesundersøgelser”, Center for Grøn Beton, Teknologisk Institut, Beton, December 2002.
- [8] ”Fugttransport, svind- og temperaturdeformationer samt krybning”, Center for Grøn Beton, Teknologisk Institut, Beton, December 2002.
- [9] ”Forskydningsbæreevne af bjælker. Forankring af gevindstænger”, Center for Grøn Beton, Teknologisk Institut, Beton, December 2002.
- [10] ”Bøjning af armerede bjælker. Instabilitet af søjler”, Center for Grøn Beton, Teknologisk Institut, Beton, December 2002.
- [11] ”Eksplisiv afskalning af beton – nyudviklet prøvningsmetode”, Center for Grøn Beton, DTU, Februar 2003.
- [12] ”Udførelse. Varmeudvikling og plastisk svind”, Center for Grøn Beton, Teknologisk Institut, Beton, September 2002.
- [13] ”Holdbarhed. Hovedrapport”, Center for Grøn Beton, Teknologisk Institut, Beton, December 2002.
- [14] ”Demobro”, Center for Grøn Beton, Teknologisk Institut, Beton, December 2002.

Appendix 1: Recepter

De angivne recepter er faktiske recepter blandet på fabrik. Materialebeskrivelse af stenmel findes i appendix 3. Nedenfor er beton med stenmel sammenstillet med svenske referencebetoner fra grundpakken i stedet for de danske referencebetoner, der ellers generelt er anvendt til sammenligninger i Grøn Beton-projektet. Dette skyldes, at beton med stenmel kun er blandet i Sverige.

P-betoner

Tabel 5: Recepter for P-betoner med stenmel.

		Reference	PHA75-25	PDA100	P6
		Grundpakke	Grundpakke	Grundpakke	Stor pakke
		Eslöv	Eslöv	Eslöv	Eslöv
Cement	Standard cement Byggcement PK Slite	275 -	- 269	- 273	- 267
Vand	Vandværksvand	182	170	199	190
Stenmel	0/2 Hardeberga 0/2 Dalby	- -	748 -	- 1014	- 984
Sand	0/8 Östervang	1003	246	-	-
Sten 1	8/16 Östervang	-	99	399	400
Sten 2	16/25 Östervang	889	778	471	484
Plastificering	Peramin V	-	0,88	-	0,56
Superplastificering	Peramin F ¹ Glenium CEM 92M	- - -	0,92 - -	1,92 0,82 -	- 0,80 1,81
Målt luft		2,1%	4,0%	1,5%	1,9
Ækv. v/c-forhold		0,67	0,63	0,73	0,72

1. Peramin F blev efter grundpakke erstattet af CEM 92M, da Peramin F indeholder formaldehyd, der figurerer på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer.

A-betoner*Tabel 6: Recepter for A-betoner med stenmel.*

		Reference	AHA50-50	ADA50-50	A6	A6
		Grundpakke	Grundpakke	Grundpakke	Stor pakke	Udvidet pakke
		Eslöv	Eslöv	Eslöv	Eslöv	Malmö
Cement	Anlægningscement	418	395	384	397	346
Vand	Vandværksvand	157	144	159	141	139
Stenmel	0/2 Hardeberga	-	432	-	462	925
	0/2 Dalby	-	-	395	-	-
Sand	0/8 Östervang	849	482	431	457	-
Sten 1	4/8 Dalby	-	-	-	-	74
Sten 2	8/16 Östervang	219	183	212	197	-
	8/16 Dalby	-	-	-	-	176
Sten 3	16/25 Östervang	685	705	696	693	-
	16/25 Dalby	-	-	-	-	630
Luftindblanding	Peramin HPA	0,12	0,16	0,17	0,15	0,12
Plastificering	Peramin V	-	1,62	-	1,98	3,09
Superplastificering	Peramin F ¹	2,90	2,36	1,86	-	3,06
	Glenium	-	-	0,79	-	-
	CEM 92M	-	-	-	6,78	-
Målt luft		5,2%	5,2%	7,2%	4,7%	7,0%
Ækv. v/c-forhold		0,38	0,37	0,42	0,37	0,40

1. Peramin F blev efter grundpakke erstattet af CEM 92M, da Peramin F indeholder formaldehyd, der figurerer på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer.

Appendix 2: Prøvningsoversigt

Ved angivelse af kilden, hvor de specifikke måleresultater findes, er der i overalt anvendt følgende farvekode:

- Grundpakkerapport om beton med betonindustriens egne restprodukter [1]
- Rapportering fra Stor pakke bestående af en oversigtsrapport [2] samt rapporter fra hver af de faglige aktiviteter BK1-BK4 [3, 4, 5, 6]
- Rapportering fra udvidet pakke fra de forskellige faglige aktiviteter [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13]
- Rapportering fra demonstrationsbro-projektet [14]

Tabel 7: Prøvning af mekaniske egenskaber (BK1).

	PHA75-25	PDA100	P6 - stor pakke	AHA50-50	ADA50-50	A6 - Stor pakke	A6 - Udv. pakke
Styrkeudvikling							
E-modul							
Arbejdskurver							
Spaltetrækstyrke							
Krybning ved stor last							
Temperaturudvidelse							
Fugtbevægelser							
Foirankringsevne							
Udmattelse							
Krybning ved moderat last							
Forskydningsbæreevne							
Bøjningsforsøg							
Instabilitet af søjler							

Tabel 8: Prøvning af egenskaber under brandpåvirkning (BK2).

	PHA75-25	PDA100	P6 - stor pakke	AHA50-50	ADA50-50	A6 - Stor pakke	A6 - Udv. pakke
Mekaniske egenskaber							
Eksplisiv afskalning							

Tabel 9: Prøvning af udførelsesmæssige egenskaber (BK3).

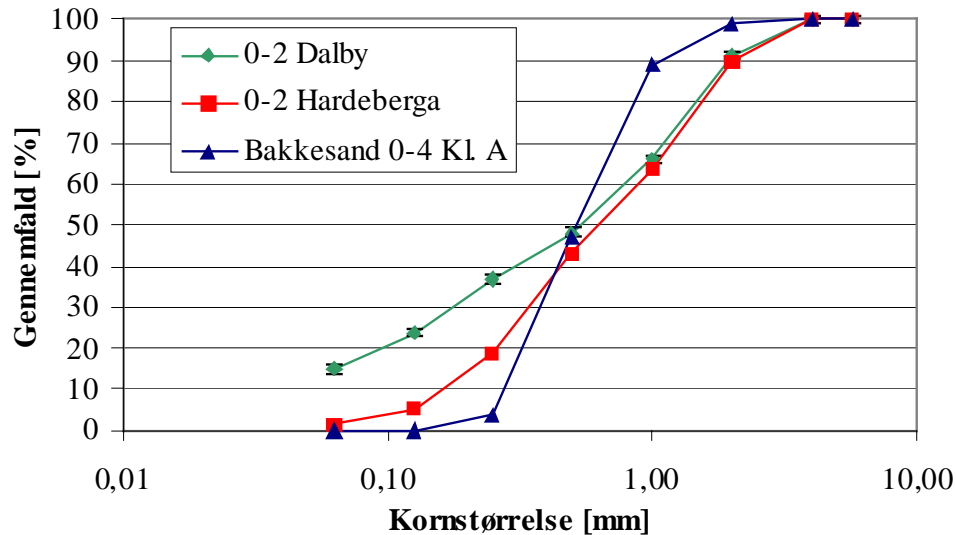
	PHA75-25	PDA100	P6 - stor pakke	AHA50-50	ADA50-50	A6 - Stor pakke	A6 - Udv. pakke
Sætmål og sætmålsændring							
Luftindhold og -ændring							
Densitet af frisk beton							
Densitet af hærdnet beton							
Vægtforskel top/bund							
Vandseparation							
Afbindingstid							
Varmeudvikling							
Vibreringstid							
Glittetid							
Betonens støbeegenskaber							
Finish mod forside samt finish af glittet overflade							
Betonens makrostruktur							
Luftporestrukturens følsomhed overfor vibrering							
Kvalitet af støbeskel							
Plastiske svindrevner							

Tabel 10: Prøvning af A- betonernes holdbarhedsmæssige egenskaber(BK4).

	AHA50-50	ADA50-50	A6 - Stor pakke	A6 - Udv. pakke
Luftporestruktur				
Frostbestandighed, afskalning				
Frostbestandighed, indre revnedannelse				
Carbonatisering				
Alkalireaktivitet				
Chloridmodstand				
Tyndslibsanalyse				

Appendix 3: Materialebeskrivelse af stenmel

Figur 2 viser kornkurverne for de to typer stenmel, der er anvendt i Grøn Beton-projektet.



Figur 2: Middelkornkurver for to typer stenmel (Dalby og Hardeberga) samt for bakkesand.

Stenmel fra Hardeberga har en tørdensitet på 2640 kg/m^3 . Stenmel fra Dalby har en tørdensitet på $2730 \pm 50 \text{ kg/m}^3$. For begge typer stenmel er absorptionen 1%. Til sammenligning er kornkurven angivet for typisk betonsand. Bakkesandets sigtekurve er hentet fra betonblanket-eksemplet i DS 481. Her er det samme sands densitet opgivet til 2640 kg/m^3 og absorptionen er 0,2%.