LUND UNIVERSITY

Högpresterande betong placerad i vägmiljö : resultat från 3 års fältexponering

Fridh, Katja

2001

Link to publication

Citation for published version (APA):
Fridh, K. (2001). *Högpresterande betong placerad i vägmiljö : resultat från 3 års fältexponering*. (Rapport TVBM (Intern 7000-rapport); Vol. 7143). Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.

Total number of authors:
1

General rights
Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.
• Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
• You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
• You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: https://creativecommons.org/licenses/

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Download date: 12. Oct. 2024

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
LUNDS UNIVERSITET

Avd Byggnadsmaterial

HÖGPRESTERANDE BETONG PLACERAD I VÄGMILJÖ

Resultat från 3 års fältexponering

Katja Fridh

TVBM-7143 Lund 2001

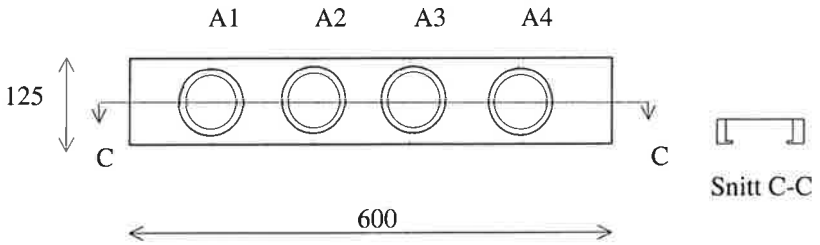
Högpresterande betong placerad i vägmiljö – resultat från 3 års fältexponering

1 Inledning

Som en delstudie i ett doktorandarbete om inre frostbeständighet hos betong studeras högpresterande betong både i laboratorium och i fält. I laboratoriet undersöks längdändring under fryscykler, vattenabsorption vid kontinuerlig, flerårig lagring samt inre relativ fuktighet hos prover som lagrats i vatten och saltlösning. En del av dessa resultat finns redovisade i [1],[2],[3] och [4]. I föreliggande rapport redovisas resultaten från exponering av högpresterande betong i tösaltad vägmiljö.

2 Material

Betongproverna, dvs. cylindrar med diameter 100 mm och längden 250 mm tillverkades 1995. Vattenbindemedelstalet (Vbt) varierades mellan 0.27 och 0.40. Mängden silika var 0%, 5% respektive 10% och mängden luft varierades från naturlig till 9%. Recepten finns i bilaga 1. Hela tiden från gjutning/efterhärdning till utplacering i september 1997 lagrades provkropparna i kalkvatten eller i 3% NaCl-lösning. Till fältprover togs de understa 70 mm av cylindrarna. De placerades i aluminiumriggar (Figur 1) som hade plats för fyra prover. Varje rigg märktes (A-L) och proverna fick nummer (1-4). 46 prover placeras ut (Figur 2) med sågytan uppåt. Resterande delar av cylindrarna lagras i laboratoriet i respektive lagringsbad för andra typer av provningar.



Figur 1. Schematisk bild över aluminiumriggen.

Utplacering längs Riksväg 40 vid Borås 1997-09-17

	A	B	C	D	E	F	G
1	0,40:0:0:4	0,35:0:4:4	0,33:0:3:4	0,30:10:0:4	0,27:0:0:4	0,40:0:0:7	0,35:10:0:7
2	0,40:0:5:4	0,35:0:5:4	0,33:0:4:4	0,30:0:3:4	0,27:5:0:4	0,40:10:0:7	0,35:0:4:7
3	0,35:0:0:4	0,33:0:0:4	0,33:10:5:4	0,30:0:4:4	0,27:0:3:4	0,40:0:5:7	0,35:0:5:7
4	0,35:10:0:4	0,33:5:0:4	0,30:0:0:4	0,30:10:3:4	0,27:10:3:4	0,35:0:0:7	0,33:0:0:7

	H	I	J	K	L
1	0,33:5:0:7	0,33:0:9:7	0,30:0:3:7	0,27:0:0:7	0,27:10:3:7
2	0,33:10:0:7	0,33:10:8:7	0,30:0:4:7	0,27:5:0:7	0,27:10:4:7
3	0,33:0:3:7	0,30:0:0:7	0,30:10:3:7	0,27:10:0:7	
4	0,33:0:4:7	0,30:10:0:7	0,30:10:4:7	0,27:0:3:7	

Alla prover ligger lika långt ifrån vägen (precis bakom skyddsräcket).

Littrering: (exempel): 0,27:10:4:7 - 0,27= vbt, 10= 10% slika, 4= 4% luft (eftersträvat), 7= härdning nr 7

Uppställning:
Väster (mot Göteborg)

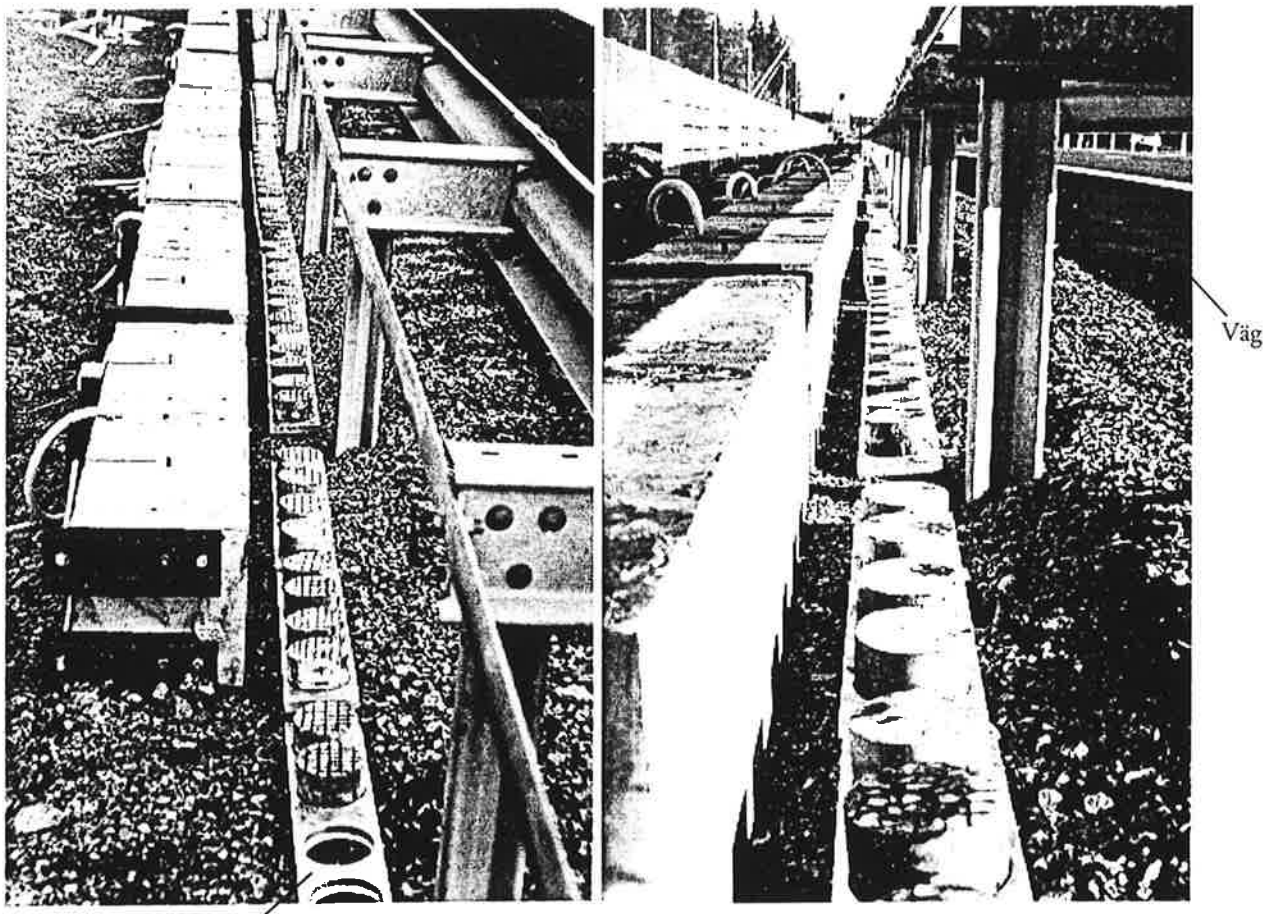
Rv 40

Öster (mot Borås)

Figur 2. Skiss över utplacerade prover.

3 Provningar

Före utplaceringen i september 1997 bestämdes volymen på alla provkropparna genom vägning i luft och vatten. Resultaten finns i bilaga 2. Proverna märktes och placerades i riggarna. De placerades ut längs Riksväg 40 mellan Borås och Göteborg på SP:s provplats (Figur 3,4). Avståndet från proverna till tösaltad vägbana är ca 2 m. Mätning av volym skedde efter första vintern 97/98, efter andra vintern 98/99 samt efter tredje vintern 99/00. Hösten 1999 gjordes även en ultraljudsmätning (parallellt med gjutriktningen) för att se om proverna hade erhållit inre skador. Utrustningen som användes var Matest C 368 med en frekvens på 200 kHz. Resultaten finns i bilaga 3. Ulytaljudsmätning skedde också hösten 2000. Provernas exponerade yta försågs med ett rutnät påmålat med spritpenna. Avsikten var att det därmed skulle bli lättare att okulärt observera avskalningen.



Figur 3 och 4. Prover längs Rv 40.

4 Resultat & slutsatser

Efter första vintern hade volymen minskat med 1-2%. Detta beror med all sannolikhet inte på frostavskalning eftersom inget prov visade tecken på avskalning. Orsaken är antingen systematisk felmätning pga. otarerad våg (olika vågar användas) eller att proverna krympt permanent pga. självuttorkning eller vanlig uttorkningskrympning. Innan proverna placerades ut hade de lagrats permanent i vatten eller i NaCl-lösning i ca 2 år. Efter utplacering har säkerligen fortsatt hydratation och uttorkning lett till viss krympning. Värdet 1-2% är emellertid tämligen högt. Normal volymkrympning hos betong torde inte uppgå till mer än ca 2‰. Orsaken till volymminskningen är således inte klarlagd.

Volymförändringen mellan resterande mätningar är i stort sett noll.

Mätningarna visar således att samtliga prover har klarat den hårda miljön längs den tösaltade vägen utan skada. Detta är anmärkningsvärt eftersom många andra betongprover som var placerade på samma provsträcka fått avsevärda frostskador efter ett par vintrar.

Ultraljudsmärkningarna efter 2:a respektive 3:e vintern visar på höga värden vilket tyder på att inga skador finns. Medelvärde kring 4700 m/s tyder på E-moduler av storleksordningen 50 GPa vilket är mycket högt.

Försöken kommer att fortsätta och provningarna kommer att ske efter varje vinter för att följa nedbrytningsförloppet. Samtidigt kommer laboratorieförsöken att påbörjas för resterande delar av cylindrarna för att försöka korrelera miljöbelastningen i laboratorium och i fält.

5 Referenser

[1] Nordström, K. and Fagerlund, G. "Mätningar av inre frostbeständighet hos betong som lagrats under ca 18 månader i vatten eller 3% NaCl-lösning". Lunds Tekniska Högskola, Avdelning Byggnadsmaterial, Rapport M2:07, 1998

[2] Yang, Q. "Inner RH and degree of saturation in high performance concrete cured in water or salt solution fro 2 years", Lund institute of Technology, Lund University, Division of Building Materials, Report TVBM-7115, 1997

[3] Nordström, K., Fagerlund, G. "Effect of water storage time on frost resistance of concrete". 8th International Conference on Durability of Building Materials and Components, Vancouver, 1999, vol 1, pp 212-221

[4] Fridh, K. "Frostbeständighet hos högpresterande betong utsatt för vattenabsorption under lång tid". Lunds Tekniska Högskola, Avdelning Byggnadsmaterial, Rapport TVBM-7152, 2000

Bilaga 1. Betongrecept.

Bilaga 2. Mätdata från volymbestämningar 1997, 1998, 1999 samt 2000.

Bilaga 3. Mätdata från ultraljudsmätning 1999 och 2000.

BILAGA 1 – BETONGRECEPT

(Vbt)0.40:0:0

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	454	
Silikastoft	0	
Vatten	183	
Grus (0-8 mm)	701	
Kvartsit (8-12 mm)	526	
Kvartsit (12-16 mm)	526	
LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	1.7	3.7
Densitet (kg/m^3)	2425	
Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	1	

(Vbt)0.40:10:0

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	412	
Silikastoft	40	
Vatten	181	
Grus (0-8 mm)	698	
Kvartsit (8-12 mm)	523	
Kvartsit (12-16 mm)	523	
LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	2.1	5
Densitet (kg/m^3)	2409	
Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	1.1	

(Vbt)0.40:0:5

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	412	
Silikastoft	0	
Vatten	166	
Grus (0-8 mm)	696	
Kvartsit (8-12 mm)	523	
Kvartsit (12-16 mm)	523	
LP-medel (88L)	0.2	0.4
FT-medel (V33)	0	0
Densitet (kg/m^3)	2463	
Eftersträvad lufthalt (%)	5	
Erhållen lufthalt (%)	4.6	

(Vbt)0.35:0:0

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	492	
Silikastoft	0	
Vatten	172	
Grus (0-8 mm)	703	
Kvartsit (8-12 mm)	528	
Kvartsit (12-16 mm)	527	
LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	3.9	8
Densitet (kg/m^3)	2449	
Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	0.6	

(Vbt)0.35:10:0

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	442	
Silikastoft	45	
Vatten	170	
Grus (0-8 mm)	697	
Kvartsit (8-12 mm)	522	
Kvartsit (12-16 mm)	522	
LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	4.4	10
Densitet (kg/m^3)	2446	
Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	0.9	

(Vbt)0.35:0:4

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	486	
Silikastoft	0	
Vatten	170	
Grus (0-8 mm)	675	
Kvartsit (8-12 mm)	506	
Kvartsit (12-16 mm)	506	
LP-medel (88L)	1.5	3
FT-medel (V33)	3.6	7.5
Densitet (kg/m^3)	2376	
Eftersträvad lufthalt (%)	4	
Erhållen lufthalt (%)	3.6	

(Vbt)0.35:0:5

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	458	
Silikastoft	0	
Vatten	159	
Grus (0-8 mm)	678	
Kvartsit (8-12 mm)	509	
Kvartsit (12-16 mm)	509	
LP-medel (88L)	0.3	0.7
FT-medel (V33)	4.1	9
Densitet (kg/m^3)	2334	
Eftersträvad lufthalt (%)	5	
Erhållen lufthalt (%)	5.3	

(Vbt)0.33:0:0

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	485	
Silikastoft	0	
Vatten	161	
Grus (0-8 mm)	706	
Kvartsit (8-12 mm)	529	
Kvartsit (12-16 mm)	529	
LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	4.8	9.9
Densitet (kg/m^3)	2450	
Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	1.7	

(Vbt)0.33:5:0

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	460	
Silikastoft	25	
Vatten	160	
Grus (0-8 mm)	705	
Kvartsit (8-12 mm)	529	
Kvartsit (12-16 mm)	529	
LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	5.5	12
Densitet (kg/m^3)	2453	
Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	1.3	

(Vbt)0.33:10:0

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	438	
Silikastoft	45	
Vatten	160	
Grus (0-8 mm)	702	
Kvartsit (8-12 mm)	527	
Kvartsit (12-16 mm)	527	
LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	7.5	17
Densitet (kg/m^3)	2445	
Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	1.3	

(Vbt)0.33:0:3

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	487	
Silikastoft	0	
Vatten	160	
Grus (0-8 mm)	696	
Kvartsit (8-12 mm)	522	
Kvartsit (12-16 mm)	522	
LP-medel (88L)	0.2	0.3
FT-medel (V33)	4.9	10
Densitet (kg/m^3)	2419	
Eftersträvad lufthalt (%)	3	
Erhållen lufthalt (%)	2.5	

(Vbt)0.33:0:4

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	487	
Silikastoft	0	
Vatten	160	
Grus (0-8 mm)	686	
Kvartsit (8-12 mm)	514	
Kvartsit (12-16 mm)	514	
LP-medel (88L)	0.2	0.5
FT-medel (V33)	4.9	10
Densitet (kg/m^3)	2311	
Eftersträvad lufthalt (%)	4	
Erhållen lufthalt (%)	3.5	

(Vbt)0.33:0:9

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	428	
Silikastoft	0	
Vatten	143	
Grus (0-8 mm)	650	
Kvartsit (8-12 mm)	489	
Kvartsit (12-16 mm)	489	
LP-medel (88L)	0.3	0.8
FT-medel (V33)	29.3	68.5
Densitet (kg/m^3)	2234	
Eftersträvad lufthalt (%)	5-10	
Erhållen lufthalt (%)	9.2	
vbt:	0.34	

(Vbt)0.33:10:8

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	386	
Silikastoft	43	
Vatten	146	
Grus (0-8 mm)	649	
Kvartsit (8-12 mm)	490	
Kvartsit (12-16 mm)	490	
LP-medel (88L)	0.6	1.5
FT-medel (V33)	29.9	77.5
Densitet (kg/m^3)	2246	
Eftersträvad lufthalt (%)	5-10	
Erhållen lufthalt (%)	8.2	
vbt:	0.34	
silikadosering i % av C:	11	

(Vbt)0.30:0:0

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	501	
Silikastoft	0	
Vatten	151	
Grus (0-8 mm)	535	
Kvartsit (8-12 mm)	624	
Kvartsit (12-16 mm)	624	
LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	10	20
Densitet (kg/m^3)	2482	
Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	1.1	

(Vbt)0.30:10:0

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	455	
Silikastoft	45	
Vatten	150	
Grus (0-8 mm)	533	
Kvartsit (8-12 mm)	622	
Kvartsit (12-16 mm)	621	
LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	11.2	24.7
Densitet (kg/m^3)	2469	
Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	0.8	

(Vbt)0.30:0:3

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	500	
Silikastoft	0	
Vatten	150	
Grus (0-8 mm)	525	
Kvartsit (8-12 mm)	613	
Kvartsit (12-16 mm)	613	
LP-medel (88L)	0.3	0.6
FT-medel (V33)	6	12
Densitet (kg/m^3)	2432	
Eftersträvad lufthalt (%)	3	
Erhållen lufthalt (%)	2.6	

(Vbt)0.30:0:4

Material	Dosering av LP/FT-medel kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	498	
Silikastoft	0	
Vatten	150	
Grus (0-8 mm)	515	
Kvartsit (8-12 mm)	601	
Kvartsit (12-16 mm)	601	
LP-medel (88L)	0.6	1.2
FT-medel (V33)	5.5	11
Densitet (kg/m^3)	2407	
Eftersträvad lufthalt (%)	4	
Erhållen lufthalt (%)	4	

(Vbt)0.30:10:2

Material	Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	456	
Silikastoft	45	
Vatten	150	
Grus (0-8 mm)	526	
Kvartsit (8-12 mm)	613	
Kvartsit (12-16 mm)	613	
LP-medel (88L)	0.4	0.8
FT-medel (V33)	6.8	15
Densitet (kg/m^3)	2438	
Eftersträvad lufthalt (%)	3	
Erhållen lufthalt (%)	1.9	

(Vbt)0.30:10:3

Material	Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	453	
Silikastoft	44	
Vatten	151	
Grus (0-8 mm)	514	
Kvartsit (8-12 mm)	601	
Kvartsit (12-16 mm)	601	
LP-medel (88L)	0.6	1.3
FT-medel (V33)	6.8	15
Densitet (kg/m^3)	2407	
Eftersträvad lufthalt (%)	4	
Erhållen lufthalt (%)	3.2	

(Vbt)0.27:0:0

Material	Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	556	
Silikastoft	0	
Vatten	150	
Grus (0-8 mm)	527	
Kvartsit (8-12 mm)	613	
Kvartsit (12-16 mm)	613	
LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	13.9	25
Densitet (kg/m^3)	2502	
Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	0.3	

(Vbt)0.27:5:0

Material	Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	536	
Silikastoft	25	
Vatten	150	
Grus (0-8 mm)	518	
Kvartsit (8-12 mm)	605	
Kvartsit (12-16 mm)	604	
LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	15.2	28.4
Densitet (kg/m^3)	2493	
Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	0.6	

(Vbt)0.27:10:0

Material	Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	497	
Silikastoft	50	
Vatten	149	
Grus (0-8 mm)	516	
Kvartsit (8-12 mm)	603	
Kvartsit (12-16 mm)	603	
LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	12.6	25.3
Densitet (kg/m^3)	2463	
Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	1.2	

(Vbt)0.27:0:3

Material	Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	549	
Silikastoft	0	
Vatten	150	
Grus (0-8 mm)	505	
Kvartsit (8-12 mm)	589	
Kvartsit (12-16 mm)	590	
LP-medel (88L)	0.5	1
FT-medel (V33)	8.2	15
Densitet (kg/m^3)	2421	
Eftersträvad lufthalt (%)	3	
Erhållen lufthalt (%)	3.5	

(Vbt)0.27:10:2

Material	Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	500	
Silikastoft	50	
Vatten	148	
Grus (0-8 mm)	513	
Kvartsit (8-12 mm)	597	
Kvartsit (12-16 mm)	597	
LP-medel (88L)	0.4	0.7
FT-medel (V33)	10.2	20.4
Densitet (kg/m^3)	2443	
Eftersträvad lufthalt (%)	3	
Erhållen lufthalt (%)	2	

(Vbt)0.27:10:4

Material	Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m^3 (Våtvikt)	‰ av C-vikt
Anläggningscement	493	
Silikastoft	50	
Vatten	146	
Grus (0-8 mm)	498	
Kvartsit (8-12 mm)	580	
Kvartsit (12-16 mm)	580	
LP-medel (88L)	0.8	1.7
FT-medel (V33)	11.1	22.5
Densitet (kg/m^3)	2382	
Eftersträvad lufthalt (%)	4	
Erhållen lufthalt (%)	4.2	

BILAGA 2 – VOLYMBESTÄMNINGAR

Utplacering september 1997.
Märkning: Vbt: % silika : %luft: 4: lagring i kalkvatten, 7: lagring i 3% NaCl-lösning före exponering.

Rigg: nr	Provkroppsnummer	$Vikt_{mättad,luft}$ (kg)	$Vikt_{mättad,vatten}$ (kg)	Volym (m^3)
A:1	0.40:0:0:4	1,44642	0,85781	0,58861
A:2	0.40:0:5:4	1,41086	0,82077	0,59009
A:3	0.35:0:0:4	1,43742	0,8537	0,58372
A:4	0.35:10:0:4	1,44162	0,85204	0,58958
B:1	0.35:0:4:4	1,44248	0,85009	0,59239
B:2	0.35:0:5:4	1,38903	0,80856	0,58047
B:3	0.33:0:0:4	1,4368	0,85373	0,58307
B:4	0.33:5:0:4	1,46567	0,86921	0,59646
C:1	0.33:0:3:4	1,44506	0,85506	0,59
C:2	0.33:0:4:4	1,42436	0,83861	0,58575
C:3	0.33:10:5:4	1,3191	0,75409	0,56501
C:4	0.30:0:0:4	1,47182	0,87881	0,59301
D:1	0.30:10:0:4	1,42339	0,84663	0,57676
D:2	0.30:0:3:4	1,46863	0,87303	0,5956
D:3	0.30:0:4:4	1,40694	0,82775	0,57919
D:4	0.30:10:3:4	1,38741	0,81903	0,56838
E:1	0.27:0:0:4	1,48963	0,89624	0,59339
E:2	0.27:5:0:4	1,47969	0,88829	0,5914
E:3	0.27:0:3:4	1,45812	0,8631	0,59502
E:4	0.27:10:3:4	1,4406	0,85575	0,58485
F:1	0.40:0:0:7	1,40452	0,83283	0,57169
F:2	0.40:10:0:7	1,44245	0,84826	0,59419
F:3	0.40:0:5:7	1,41745	0,83564	0,58181
F:4	0.35:0:0:7	1,45595	0,86717	0,58878
G:1	0.35:10:0:7	1,44456	0,85749	0,58707
G:2	0.35:0:4:7	1,43291	0,85024	0,58267
G:3	0.35:0:5:7	1,40397	0,82443	0,57954
G:4	0.33:0:0:7	1,40711	0,83891	0,5682
H:1	0.33:5:0:7	1,43522	0,85323	0,58199
H:2	0.33:10:0:7	1,46962	0,87148	0,59814
H:3	0.33:0:3:7	1,40514	0,83359	0,57155
H:4	0.33:0:4:7	1,42023	0,84033	0,5799
I:1	0.33:0:5:7	1,36896	0,79114	0,57782
I:2	0.33:10:5:7	1,31766	0,75983	0,55783
I:3	0.30:0:0:7	1,43455	0,85938	0,57517
I:4	0.30:10:0:7	1,46498	0,87204	0,59294
J:1	0.30:0:3:7	1,43604	0,85763	0,57841
J:2	0.30:0:4:7	1,42775	0,84565	0,5821
J:3	0.30:10:3:7	1,41343	0,83757	0,57586
J:4	0.30:10:4:7	1,40561	0,82713	0,57848
K:1	0.27:0:0:7	1,49168	0,89779	0,59389
K:2	0.27:5:0:7	1,44661	0,86939	0,57722
K:3	0.27:10:0:7	1,46729	0,87304	0,59425
K:4	0.27:0:3:7	1,43586	0,85297	0,58289
L:1	0.27:10:3:7	1,44527	0,86155	0,58372
L:2	0.27:10:4:7	1,41467	0,82675	0,58792

Provtagning juli 1998.
Märkning: Vbt: % silika : %luft: 4: lagring i kalkvatten, 7: lagring i 3% NaCl-lösning före exponering.

Rigg: nr	Provkroppsnummer	$Vikt_{mättad,luft}$ (kg)	$Vikt_{mättad,vatten}$ (kg)	Volym (dm^3)	97/98
A:1	0.40:0:0:4	1,442	0,858	0,584	1,008
A:2	0.40:0:5:4	1,403	0,82	0,583	1,012
A:3	0.35:0:0:4	1,433	0,857	0,576	1,013
A:4	0.35:10:0:4	1,439	0,856	0,583	1,011
B:1	0.35:0:4:4	1,437	0,852	0,585	1,013
B:2	0.35:0:5:4	1,381	0,809	0,572	1,015
B:3	0.33:0:0:4	1,431	0,856	0,575	1,014
B:4	0.33:5:0:4	1,467	0,872	0,595	1,002
C:1	0.33:0:3:4	1,441	0,857	0,584	1,010
C:2	0.33:0:4:4	1,418	0,838	0,58	1,010
C:3	0.33:10:5:4	1,307	0,752	0,555	1,018
C:4	0.30:0:0:4	1,467	0,882	0,585	1,014
D:1	0.30:10:0:4	1,413	0,847	0,566	1,019
D:2	0.30:0:3:4	1,464	0,875	0,589	1,011
D:3	0.30:0:4:4	1,401	0,829	0,572	1,013
D:4	0.30:10:3:4	1,385	0,823	0,562	1,011
E:1	0.27:0:0:4	1,486	0,899	0,587	1,011
E:2	0.27:5:0:4	1,478	0,893	0,585	1,011
E:3	0.27:0:3:4	1,454	0,865	0,589	1,010
E:4	0.27:10:3:4	1,439	0,861	0,578	1,012
F:1	0.40:0:0:7	1,399	0,833	0,566	1,010
F:2	0.40:10:0:7	1,437	0,85	0,587	1,012
F:3	0.40:0:5:7	1,4	0,825	0,575	1,012
F:4	0.35:0:0:7	1,45	0,867	0,583	1,010
G:1	0.35:10:0:7	1,44	0,86	0,58	1,012
G:2	0.35:0:4:7	1,421	0,845	0,576	1,012
G:3	0.35:0:5:7	1,384	0,811	0,573	1,011
G:4	0.33:0:0:7	1,4	0,838	0,562	1,011
H:1	0.33:5:0:7	1,431	0,856	0,575	1,012
H:2	0.33:10:0:7	1,466	0,875	0,591	1,012
H:3	0.33:0:3:7	1,394	0,829	0,565	1,012
H:4	0.33:0:4:7	1,406	0,833	0,573	1,012
I:1	0.33:0:5:7	1,35	0,779	0,571	1,012
I:2	0.33:10:5:7	1,306	0,757	0,549	1,016
I:3	0.30:0:0:7	1,428	0,86	0,568	1,013
I:4	0.30:10:0:7	1,461	0,876	0,585	1,014
J:1	0.30:0:3:7	1,427	0,854	0,573	1,009
J:2	0.30:0:4:7	1,415	0,839	0,576	1,011
J:3	0.30:10:3:7	1,41	0,84	0,57	1,010
J:4	0.30:10:4:7	1,402	0,83	0,572	1,011
K:1	0.27:0:0:7	1,486	0,899	0,587	1,012
K:2	0.27:5:0:7	1,444	0,873	0,571	1,011
K:3	0.27:10:0:7	1,465	0,878	0,587	1,012
K:4	0.27:0:3:7	1,425	0,849	0,576	1,012
L:1	0.27:10:3:7	1,442	0,865	0,577	1,012
L:2	0.27:10:4:7	1,411	0,829	0,582	1,010

Medelvärde: 1,012

Provtagning september 1999.
Märkning: Vbt: % silika : %luft: 4: lagring i kalkvatten, 7: lagring i 3% NaCl-lösning före exponering.

Rigg: nr	Provkroppsnummer	$Vikt_{mättad,luft}$ (kg)	$Vikt_{mättad,vatten}$ (kg)	Volym (m^3)	97/99
A:1	0.40:0:0:4	1,437	0,853	0,584	1,008
A:2	0.40:0:5:4	1,4	0,816	0,584	1,010
A:3	0.35:0:0:4	1,43	0,854	0,576	1,013
A:4	0.35:10:0:4	1,438	0,855	0,583	1,011
B:1	0.35:0:4:4	1,428	0,846	0,582	1,018
B:2	0.35:0:5:4	1,378	0,806	0,572	1,015
B:3	0.33:0:0:4	1,428	0,853	0,575	1,014
B:4	0.33:5:0:4	1,459	0,87	0,589	1,013
C:1	0.33:0:3:4	1,437	0,854	0,583	1,012
C:2	0.33:0:4:4	1,415	0,836	0,579	1,012
C:3	0.33:10:5:4	1,304	0,75	0,554	1,020
C:4	0.30:0:0:4	1,465	0,88	0,585	1,014
D:1	0.30:10:0:4	1,411	0,845	0,566	1,019
D:2	0.30:0:3:4	1,462	0,873	0,589	1,011
D:3	0.30:0:4:4	1,398	0,827	0,571	1,014
D:4	0.30:10:3:4	1,383	0,822	0,561	1,013
E:1	0.27:0:0:4	1,483	0,897	0,586	1,013
E:2	0.27:5:0:4	1,476	0,891	0,585	1,011
E:3	0.27:0:3:4	1,451	0,863	0,588	1,012
E:4	0.27:10:3:4	1,438	0,859	0,579	1,010
F:1	0.40:0:0:7	1,394	0,829	0,565	1,012
F:2	0.40:10:0:7	1,435	0,848	0,587	1,012
F:3	0.40:0:5:7	1,395	0,821	0,574	1,014
F:4	0.35:0:0:7	1,447	0,865	0,582	1,012
G:1	0.35:10:0:7	1,438	0,859	0,579	1,014
G:2	0.35:0:4:7	1,418	0,842	0,576	1,012
G:3	0.35:0:5:7	1,381	0,808	0,573	1,011
G:4	0.33:0:0:7	1,396	0,835	0,561	1,013
H:1	0.33:5:0:7	1,429	0,854	0,575	1,012
H:2	0.33:10:0:7	1,464	0,873	0,591	1,012
H:3	0.33:0:3:7	1,39	0,826	0,564	1,013
H:4	0.33:0:4:7	1,403	0,83	0,573	1,012
I:1	0.33:0:5:7	1,345	0,775	0,57	1,014
I:2	0.33:10:5:7	1,302	0,755	0,547	1,020
I:3	0.30:0:0:7	1,426	0,858	0,568	1,013
I:4	0.30:10:0:7	1,461	0,875	0,586	1,012
J:1	0.30:0:3:7	1,424	0,852	0,572	1,011
J:2	0.30:0:4:7	1,411	0,836	0,575	1,012
J:3	0.30:10:3:7	1,408	0,838	0,57	1,010
J:4	0.30:10:4:7	1,399	0,827	0,572	1,011
K:1	0.27:0:0:7	1,484	0,897	0,587	1,012
K:2	0.27:5:0:7	1,442	0,872	0,57	1,013
K:3	0.27:10:0:7	1,464	0,876	0,588	1,011
K:4	0.27:0:3:7	1,421	0,846	0,575	1,014
L:1	0.27:10:3:7	1,442	0,864	0,578	1,010
L:2	0.27:10:4:7	1,41	0,829	0,581	1,012

Medelvärde: 1,013

Provtagning oktober 2000.
Märkning: Vbt: % silika : %luft: 4:lagring i kalkvatten, 7: lagring i 3% NaCl-lösning före exponering.

Rigg: nr	Provkroppsnummer	$Vikt_{mättad,luft}$ (kg)	$Vikt_{mättad,vatten}$ (kg)	Volym (dm^3)	97/00
A:1	0.40:0:0:4	1,439	0,855	0,584	1,008
A:2	0.40:0:5:4	1,401	0,818	0,583	1,013
A:3	0.35:0:0:4	1,431	0,855	0,576	1,013
A:4	0.35:10:0:4	1,439	0,856	0,583	1,012
B:1	0.35:0:4:4	1,429	0,848	0,581	1,019
B:2	0.35:0:5:4	1,380	0,808	0,573	1,014
B:3	0.33:0:0:4	1,429	0,854	0,575	1,014
B:4	0.33:5:0:4	1,460	0,871	0,589	1,013
C:1	0.33:0:3:4	1,439	0,856	0,583	1,011
C:2	0.33:0:4:4	1,416	0,837	0,578	1,013
C:3	0.33:10:5:4	1,306	0,752	0,554	1,020
C:4	0.30:0:0:4	1,466	0,881	0,585	1,013
D:1	0.30:10:0:4	1,411	0,846	0,565	1,021
D:2	0.30:0:3:4	1,463	0,874	0,589	1,012
D:3	0.30:0:4:4	1,400	0,828	0,572	1,013
D:4	0.30:10:3:4	1,384	0,823	0,561	1,014
E:1	0.27:0:0:4	1,483	0,897	0,586	1,013
E:2	0.27:5:0:4	1,477	0,892	0,585	1,011
E:3	0.27:0:3:4	1,453	0,864	0,588	1,012
E:4	0.27:10:3:4	1,438	0,860	0,578	1,011
F:1	0.40:0:0:7	1,396	0,832	0,565	1,012
F:2	0.40:10:0:7	1,437	0,850	0,587	1,012
F:3	0.40:0:5:7	1,398	0,824	0,574	1,014
F:4	0.35:0:0:7	1,449	0,867	0,582	1,012
G:1	0.35:10:0:7	1,438	0,860	0,579	1,014
G:2	0.35:0:4:7	1,420	0,843	0,577	1,012
G:3	0.35:0:5:7	1,382	0,809	0,573	1,011
G:4	0.33:0:0:7	1,398	0,837	0,561	1,013
H:1	0.33:5:0:7	1,430	0,855	0,575	1,012
H:2	0.33:10:0:7	1,465	0,874	0,591	1,012
H:3	0.33:0:3:7	1,392	0,827	0,565	1,013
H:4	0.33:0:4:7	1,404	0,832	0,573	1,012
I:1	0.33:0:5:7	1,347	0,777	0,570	1,014
I:2	0.33:10:5:7	1,303	0,756	0,547	1,020
I:3	0.30:0:0:7	1,428	0,856	0,571	1,013
I:4	0.30:10:0:7	1,461	0,876	0,585	1,012
J:1	0.30:0:3:7	1,425	0,853	0,572	1,011
J:2	0.30:0:4:7	1,412	0,837	0,575	1,012
J:3	0.30:10:3:7	1,408	0,840	0,569	1,010
J:4	0.30:10:4:7	1,400	0,828	0,572	1,011
K:1	0.27:0:0:7	1,485	0,898	0,587	1,012
K:2	0.27:5:0:7	1,443	0,873	0,571	1,013
K:3	0.27:10:0:7	1,465	0,877	0,587	1,011
K:4	0.27:0:3:7	1,424	0,848	0,576	1,014
L:1	0.27:10:3:7	1,442	0,865	0,577	1,010
L:2	0.27:10:4:7	1,411	0,830	0,581	1,012

Medelvärde: 1,014

BILAGA 3 - ULTRALJUDSMÄTNINGAR

Ultraljudsmätningar september 1999.
Märkning: Vbt: % silika : %luft: 4: lagring i kalkvatten, 7: lagring i 3% NaCl-lösning före exponering.

Rigg: nr	Provkropp	Höjd (mm)	Tid 1(µs)	Tid 2 (µs)	Medeltid (µs)	Hastighet (m/s)
A:1	0.40:0:0:4	70,4	14,2	14,5	14,35	4906
A:2	0.40:0:5:4	71,55	14,8	15,5	15,15	4723
A:3	0.35:0:0:4	69,5	14,5	14,5	14,5	4793
A:4	0.35:10:0:4	70,35	14,2	14,2	14,2	4954
B:1	0.35:0:4:4	71,15	14,5	14,8	14,65	4857
B:2	0.35:0:5:4	69,3	14,2	14,5	14,35	4829
B:3	0.33:0:0:4	71,2	14,2	13,8	14	5086
B:4	0.33:5:0:4	71,8	14,8	14,2	14,5	4952
C:1	0.33:0:3:4	70,8	14,5	14,2	14,35	4934
C:2	0.33:0:4:4	70,8	14,2	14,2	14,2	4986
C:3	0.33:10:5:4	69	15,5	14,5	15	4600
C:4	0.30:0:0:4	70,9	14,2	14,2	14,2	4993
D:1	0.30:10:0:4	70,2	13,5	14,2	13,85	5069
D:2	0.30:0:3:4	71,6	14,8	14,8	14,8	4838
D:3	0.30:0:4:4	69,1	13,8	14,2	14	4936
D:4	0.30:10:3:4	68,2	13,5	13,8	13,65	4996
E:1	0.27:0:0:4	70,9	15,5	15,5	15,5	4574
E:2	0.27:5:0:4	70,4	14,5	14,2	14,35	4906
E:3	0.27:0:3:4	70,85	14,2	14,2	14,2	4989
E:4	0.27:10:3:4	70,2	14,5	14,8	14,65	4792
F:1	0.40:0:0:7	68,2	14,5	15,5	15	4547
F:2	0.40:10:0:7	70,9	14,8	15,5	15,15	4680
F:3	0.40:0:5:7	69,7	14,5	14,8	14,65	4758
F:4	0.35:0:0:7	70,25	14,8	14,2	14,5	4845
G:1	0.35:10:0:7	70,3	14,2	14,2	14,2	4951
G:2	0.35:0:4:7	69,9	14,5	13,8	14,15	4940
G:3	0.35:0:5:7	68	14,5	14,8	14,65	4642
G:4	0.33:0:0:7	68,05	13,5	14,8	14,15	4809
H:1	0.33:5:0:7	69,3	14,2	15,1	14,65	4730
H:2	0.33:10:0:7	71,4	14,8	15,8	15,3	4667
H:3	0.33:0:3:7	68,3	14,5	14,8	14,65	4662
H:4	0.33:0:4:7	68,9	17,1	14,5	15,8	4361
I:1	0.33:0:5:7	69,5	15,8	15,8	15,8	4399
I:2	0.33:10:5:7	69,3	16,1	16,4	16,25	4265
I:3	0.30:0:0:7	68,6	14,2	14,2	14,2	4831
I:4	0.30:10:0:7	70,7	14,5	14,8	14,65	4826
J:1	0.30:0:3:7	69,15	14,5	14,2	14,35	4819
J:2	0.30:0:4:7	69,5	14,2	14,8	14,5	4793
J:3	0.30:10:3:7	69,15	14,2	14,8	14,5	4769
J:4	0.30:10:4:7	69,15	14,5	14,2	14,35	4819
K:1	0.27:0:0:7	70,9	14,8	14,8	14,8	4791
K:2	0.27:5:0:7	68,4	13,8	14,8	14,3	4783
K:3	0.27:10:0:7	70,6	14,8	15,1	14,95	4722
K:4	0.27:0:3:7	68,9	14,2	13,8	14	4921
L:1	0.27:10:3:7	69	14,2	14,8	14,5	4759
L:2	0.27:10:4:7	69,8	15,1	16,4	15,75	4432

Medelvärde: 4788

Ultraljudsmätningar oktober 2000.
Märkning: Vbt: % silika : %luft: 4:lagring i kalkvatten, 7: lagring i 3% NaCl-lösning före exponering.

Rigg: nr	Provkropp	Höjd (mm)	Tid 1(µs)	Tid 2 (µs)	Medeltid (µs)	Hastighet (m/s)
A:1	0.40:0:0:4	70,4	14,5	14,5	14,5	4855
A:2	0.40:0:5:4	71,55	15,5	15,5	15,5	4616
A:3	0.35:0:0:4	69,5	14,2	14,5	14,2	4894
A:4	0.35:10:0:4	70,35	14,5	14,2	14,5	4852
B:1	0.35:0:4:4	71,15	14,8	15,0	14,9	4775
B:2	0.35:0:5:4	69,3	14,5	14,8	14,65	4730
B:3	0.33:0:0:4	71,2	14,5	14,5	14,5	4910
B:4	0.33:5:0:4	71,8	14,8	14,5	14,65	4901
C:1	0.33:0:3:4	70,8	14,8	14,8	14,8	4784
C:2	0.33:0:4:4	70,8	14,5	14,5	14,5	4883
C:3	0.33:10:5:4	69	14,8	15,0	14,9	4631
C:4	0.30:0:0:4	70,9	14,2	14,5	14,35	4941
D:1	0.30:10:0:4	70,2	14,8	14,8	14,8	4743
D:2	0.30:0:3:4	71,6	14,8	14,5	14,65	4887
D:3	0.30:0:4:4	69,1	14,5	14,5	14,5	4766
D:4	0.30:10:3:4	68,2	14,2	14,5	14,35	4753
E:1	0.27:0:0:4	70,9	14,5	14,8	14,65	4840
E:2	0.27:5:0:4	70,4	14,8	14,5	14,65	4805
E:3	0.27:0:3:4	70,85	14,5	14,5	14,5	4886
E:4	0.27:10:3:4	70,2	14,5	15,0	14,75	4759
F:1	0.40:0:0:7	68,2	15,5	14,5	15	4547
F:2	0.40:10:0:7	70,9	15,0	14,8	14,9	4758
F:3	0.40:0:5:7	69,7	15,0	15,0	15	4647
F:4	0.35:0:0:7	70,25	14,8	14,5	14,65	4795
G:1	0.35:10:0:7	70,3	14,5	15,5	15	4687
G:2	0.35:0:4:7	69,9	14,2	14,8	14,5	4821
G:3	0.35:0:5:7	68	14,8	14,8	14,8	4595
G:4	0.33:0:0:7	68,05	14,2	14,2	14,2	4792
H:1	0.33:5:0:7	69,3	14,8	15,0	14,9	4651
H:2	0.33:10:0:7	71,4	15,1	15,1	15,1	4728
H:3	0.33:0:3:7	68,3	14,8	15,1	14,95	4569
H:4	0.33:0:4:7	68,9	15,1	14,8	14,95	4609
I:1	0.33:0:5:7	69,5	15,8	16,0	15,9	4371
I:2	0.33:10:5:7	69,3	15,8	16,0	15,9	4358
I:3	0.30:0:0:7	68,6	14,2	14,2	14,2	4831
I:4	0.30:10:0:7	70,7	14,8	15,0	14,9	4745
J:1	0.30:0:3:7	69,15	14,5	15,0	14,75	4688
J:2	0.30:0:4:7	69,5	14,5	14,5	14,5	4793
J:3	0.30:10:3:7	69,15	15,0	14,5	14,75	4688
J:4	0.30:10:4:7	69,15	14,5	14,8	14,65	4720
K:1	0.27:0:0:7	70,9	14,8	15,0	14,9	4758
K:2	0.27:5:0:7	68,4	14,8	14,8	14,8	4622
K:3	0.27:10:0:7	70,6	14,5	15,5	15	4707
K:4	0.27:0:3:7	68,9	14,5	15,0	14,75	4671
L:1	0.27:10:3:7	69	14,2	14,5	14,35	4808
L:2	0.27:10:4:7	69,8	15,0	15,0	15	4653

Medelvärde: 4735