

Fordeling av fibre i fersk fiberarmert betong

Distribution of fibers in fresh fiber reinforced concrete

Eirik Birkeland Nikolaisen

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITTENSKAP
Institutt for matematiske realfag og teknologi
Masteroppgave 30 stp. 2010





Universitetet for miljø og biovitenskap
Institutt for matematiske realfag og teknologi

Masteroppgave våren 2010

Fagområde	Dato	Antall Sider
Konstruksjonsteknikk	12. mai 2010	51 + vedlegg

Tittel:

Fordeling av fibre i fersk fiberarmert betong

Distribution of fibers in fresh fiber reinforced concrete

Utført av:

Eirik Birkeland Nikolaisen

Intern veileder: Christian Sørensen, IMT, UMB
Ekstern veileder: Alf Egil Mathisen, Veidekke Entreprenør ASA
Lise Bathen, Veidekke Entreprenør ASA



Forord

Denne masteroppgaven, *Fordeling av fibre i fersk fiberarmert betong*, ble skrevet ved Institutt for matematiske realfag og teknologi, IMT, ved Universitetet for miljø- og biovitenskap, UMB, våren 2010, under veiledning av Christian Sørensen fra IMT og Alf Egil Mathisen og Lise Bathen fra Veidekke.

Gjennomføringen av forsøkene har foregått over en periode på 1 år, i hovedsak på Veidekkes anlegg rundt Oslo området. Byggeplassledelsen og arbeiderne på samtlige byggeplasser har vært meget imøtekommende og hjelpelige i forbindelse med tilretteleggingen og gjennomføringen av forsøkene.

Gjennom forsøkene på byggeplass har jeg samtidig fått mulighet til å se mer av det som foregår på byggeplassene og fått oppleve artige konsepter og spennende konstruksjoner. Dette har jeg satt meget stor pris på.

Jeg fikk tidlig muligheten til å delta i arbeidet med den nye veiledningen til fiberarmert betong som del av COIN prosjekte. Dette har vært utrolig lærerikt og nyttig, og jeg vil takke prosjektleder Terje Kanstad ved NTNU og Hedda Vikan ved SINTEF for at jeg fikk anledning til å delta på samlingene.

Jeg vil videre takke mine veiledere og alle berørte for god hjelp og støtte til denne masteroppgaven og for deres mulighet til fleksibel veiledning og hjelp underveis.

Eirik Birkeland Nikolaisen

Ås, 15. mai 2010



Sammendrag

Denne oppgaven tar for seg fordeling av stål- og plastfibre i fersk fiberarmert betong. Dette har relevans for om bruk av fiberarmert betong er hensiktsmessig i bærende konstruksjoner.

Oppgaven er delt inn i følgende to deler:

1. Litteraturstudie, med fokus på den fiberarmerte betongens egenskaper, fiberfordeling i betong og tidligere feltforsøk.
2. Feltarbeid utført på byggeplass, bestående av to forsøksserier; kvantitativ måling av henholdsvis plastfiber og stålfiber i fiberarmert betong. For å undersøke hvorvidt det forekommer variasjon i fiberfordelingen i betonglasset, ble det tatt ut prøver fra hver betongbil ved tre ulike tidspunkt: ved starten, midten og slutten av lasset.

På grunnlag av forsøksresultatene i dette studiet, kan følgende slutninger antydes:

- I stålfiberarmert betong med fiberinnhold på 25 kg/m^3 , øker avviket i fiberinnhold fra spesifisert mengde mot slutten av betonglasset.
- I plastfiberarmert betong med fiberinnhold på 7 kg/m^3 , minker avviket i fiberinnhold fra spesifisert mengde mot slutten av betonglasset.
- 33 % av prøvene med stålfiberarmert betong tilfredsstiller ikke det forslåtte kommende kravet til fiberinnhold $\geq 0,85 \times$ spesifisert fibermengde for enkeltprøver og $\geq 0,9 \times$ spesifisert fibermengde på en forsøksserie på tre prøver pr bil. I de tilfeller der fiberarmert betong er spesifisert i bærende konstruksjoner vil det derfor, i samsvar med den nye veiledningen for bruk av fiberarmert betong, bli krav om kontrollert innblanding i blandemaskin, som også sikrer dokumentasjon av tilførte fibre.
- Samtlige prøver med plastfiberarmert betong tilfredsstilte kravene.
- Fiberarmert betong benyttet sammen med moderne forskalingssystemer som Cofraplus 77 viser seg å være en rasjonell måte å utføre støpearbeid på, selv om fibre kun står for svinnarmering.
- Prøvemethodene som er brukt i denne oppgaven for å skille fiber fra betong, viste seg å være formålstjenelige. Prøvestørrelsen er større enn tidligere, men er likevel håndterbar.



Summary

This study examines the distribution of steel - and plastic fiber in fresh fiber reinforced concrete. This is in relevance to, whether the use of fiber reinforced concrete in structural concrete is advantageous or not.

The thesis is divided into the following two parts:

1. Literature study, focusing on the fiber reinforced concrete properties, fiber distribution in concrete and previous field trials.
2. Field work at the site of construction, consisting of two series of experiments; quantitative measurements of plastic fibers and steel fibers in fiber reinforced concrete. In order to investigate whether variation occurs in the fiber distribution of the concrete batch as delivered at the construction site, samples were taken from each concrete truck at three different time intervals: at the start-, middle- and end of discharge.

Based on the experimental results in this study, the following conclusions may be drawn:

- In steel fiber reinforced concrete with 25 kg fiber/m³, the deviation in fiber content from the quantity specified increases towards the end of discharge.
- In plastic fiber reinforced concrete with 7 kg fiber/m³, the deviation in fiber content from the quantity specified decreases towards the end of discharge.
- 33 % of the steel fiber samples from fiber reinforced concrete do not comply with the suggested upcoming requirement of a minimum fiber content of 0,85 x fiber content specified in individual samples, and a minimum 0,9 x fiber content specified in an experimental 3 tests series per truck. Therefore, in cases where the fiber-reinforced concrete is specified in structural concrete, it will, in accordance with the new guidelines for the use of fiber reinforced concrete, be a requirement to introduce fibers to the batch during mixing at the ready – mix plant, which also will ensure documentation of added fibers.
- Each one of the plastic fiber samples complied with the upcoming requirements.
- Fiber reinforced concrete used in conjunction with modern structurally integrated formwork systems, like Cofraplus 77, seems to be a rational way to do concrete work, even though the fibers only take care of the shrinking.
- Test methods used in this study to separate fiber from concrete, proved to serve their purpose. The size of samples are larger than before, but not too big to handle.



Innholdsfortegnelse

1.	Innledning	1
2.	Litteraturstudie	3
2.1	Fiber	3
2.1.1	To typer fiber: stål og plast	4
2.1.2	Fremstilling av fiber og fibrenes form	7
2.1.3	Måten fiber er festet sammen på og leveringsmuligheter i mengder ...	8
2.1.4	Pussing og overflatebehandling av fiberarmert betong	9
2.1.5	Fiberbetongen	11
2.1.6	Fibermengder	12
2.1.7	Fordeler som ergonomi og HMS	13
2.1.8	Fordeler med tid og kostnad	13
2.1.9	Tidsbesparende projektering, mindre stangstål å ta hensyn til	13
2.2	Sprøytebetong	14
2.3	Dagens bruksområder for fiberarmert betong	14
2.4	Nye bruksområder for fiberarmert betong	16
2.5	Fordeling, bearbeidelighet, utflyt og støpelighet	17
2.6	Innblandingsmetoder av fiber	18
2.6.1	I trommel på bil via sekk	18
2.6.2	I blander på blandeverk	19
2.6.3	Innblåsing i trommel på bil	19
2.7	Fiber til stede, kvitteringsbehov	20
2.8	Stålfiberskiller	20
2.9	Teknologirapport nr 2409, Statens vegvesen	21
2.10	Kontrakt entreprenør - byggherre hvis fiber ikke er godkjent.	22
2.11	Ny norsk fiberveiledning	23
3.	Feltarbeid	24
3.1	Gjennomføring av stålfiberskilling fra fersk betong	25
3.2	Gjennomføring av plastfiberskilling fra fersk betong	28
4.	Resultater	30
4.1	Statistikkberegninger på fiberinnholdet i stålfiberarmert betong	31
4.2	Statistikkberegninger på fiberinnholdet i plastfiberarmert betong	34
5.	Diskusjon	37
5.1	Innblandingene	37
5.2	Feilkilder	38
5.3	Prøvemethodene	39
5.4	Muligheter med bruk av fiberarmert betong	40
5.5	Resultatene	41
6.	Konklusjon	44
7.	Videre arbeid	45
8.	Figurliste	46
9.	Tabeller	47
10.	Referanser	48
11.	Vedlegg	51



1. Innledning

”Hvordan er fordelingen av fiber i fersk fiberarmert betong med henblikk på de kommende kravene?”

Fiber har i lang tid blitt brukt som armering i betong, og brukes i dag hovedsakelig i plater på mark, i sprøytebetong og i ikke - bærende vegger. Fordelene med bruk av fiberarmert betong er mange og har stadig blitt oppdaget av både entreprenører og byggherrer, og interessen for å ta i bruk denne type armering på flere områder er økende.

Denne oppgaven er en del av satsningen på fiberarmert betong gjennom COIN prosjektet. COIN, Concrete Innovation Centre, er et forskningssamarbeid som skal utvikle avanserte materialer, effektive konstruksjonsteknikker og nye designkonsepter innen betongfaget og igjen gjøre Norge blant de ledende i verden innen betongforskning. COIN prosjekt 3 omhandler innovative konstruksjonskonsepter innen betong og delprosjekt 3.1 omhandler fiberfordeling og verifisering av denne.

Det er i tidligere studier vist at fibre kan ta opp fastholdt svinn og målet er at fibrene etter hvert skal erstatte tradisjonell stangarmering i noen betongkonstruksjoner. Det vil skape tryggere arbeidsplasser og lette arbeidet til fagarbeiderne, noe som igjen kan minske faren for belastningsskader og redusere dagens stadig høye sykefravær og tidlig pensjonsalder innen byggebransjen.

I denne oppgaven er det lagt vekt på å ta prøver av betongen som brukes på byggeplass for å gjøre forsøkene så realistiske som mulig.

Det mangler regelverk og standarder å forholde seg til hvis man skal bruke fibre i konstruksjoner som ikke bare tar trykk og der fiberens hensikt er mer enn å fordele riss. Dette har vært en ulempe for å fremme bruken av fiberarmering i betong i større grad enn hva som er tilfelle i dag.



Et skritt på veien til å bruke fiber i bærende konstruksjoner er å undersøke om fordelingen av fiber er jevn over hele lasset med dagens innblandingsmetoder eller om disse må endres hvis fiber skal kunne erstatte stangarmering på en sikker og tilfredsstillende måte. Dette har relevans for entreprenører, som Veidekke, som ønsker å benytte seg mer av fiberarmert betong.

Masteroppgaven går ut på å vurdere hvordan fiberfordelingen varierer med hensyn på ulike innblandingsmetoder. Et mål på veien er å få til prøvemetoder som på lik linje med annen mottakskontroll skal hjelpe de utførende til forståelse for hva de har å hanske med når fiberarmert betong leveres fra betongbilen på byggeplassen.



2. Litteraturstudie

Mye av kunnskapen som finnes på temaet om spredning av fiber i betong i Norge er forholdsvis ny og/eller ikke skrevet ned, men erfart gjennom praktiske forsøk og utveksles muntlig innad i betongmiljøet. Jeg har vært så heldig å få innblikk i deler av dette miljøet og vært i kontakt med mange personer som innehar mye kunnskap og som bruker fiberarmert betong daglig.

Det ble i 2006 utgitt et forslag til en veiledning for prosjektering, utførelse og kontroll av fiberarmert betong. Denne veiledningen strandet, delvis grunnet uenigheter i bransjen, delvis noe tynt arbeid med verifikasjonen. (1) Det er nå en ny fiberveiledning under utarbeidelse, hvor utgaven fra 2006 er utbedret, og temaer som er vektlagt i den nye veiledningen er også tatt med i denne oppgaven og visa versa.

2.1 Fiber

Fiber har til nå primært vært brukt som minimumsarmering i betong for å fordele rissene som oppstår til å bli mange og små, istedenfor få og store, og gi betongen en duktil oppførsel etter opprissing. Fiber fungerer ved at de overfører strekkrefter fra betongen som heftspenninger i kontaktoverflaten. Derfor har fibrene enten en preget overflate eller er formet på en slik måte at heft mellom betong og fiber kan økes.

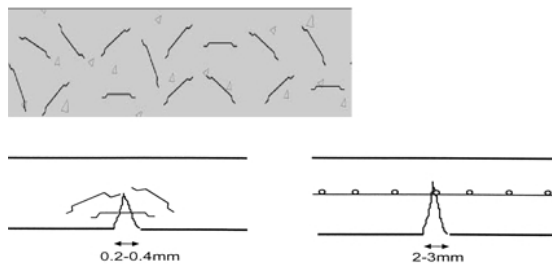


Figure 1: Fiber og rissvidde.

Rissdannelsen stoppes på et tidligere tidspunkt med fiber fordelt i hele tverrsnittet enn hva det gjør med tradisjonell armering. Rissvidden blir mindre og konstruksjonen påvirkes mindre av rust, da fibrenes tverrsnitt er så lite at eventuelle rustangrep ikke kan føre til så stor volumutvidelse at betongen sprenges og skalles av. (2)

Fiber ble så tidlig som for 3500 år siden brukt for å styrke sprø materialer, da hestehår ble blandet med leire for å lage murstein og gulv. I moderne tid og teknologi ble stålfiber som armering i betong for første gang introdusert av Romualdi i hans to artikler fra 1963 og 1964. Siden den gang har fibre til bruk i betong utviklet seg betydelig og hundrevis av bøker er gitt ut med tema om fiber i betong. (3) Forskning på fiberarmert betong har blitt gjennomført siden 1960 – tallet, (4) og gjennom 1970 – tallet økte den kommersielle bruken av denne type betong spesielt i Europa, USA og Japan. (5) Forskningen som pågår på fiber i Norge i dag, har som mål å utvide bruksområdene til også å gjelde fiberarmering i bærende betongkonstruksjoner. (6)

Denne oppgaven tar for seg både stål- og plastfiber, de mest brukte fibertypene. Stålfiberen som er brukt i forsøkene er av type HE 1/50 levert av Arcelor Mittal, mens plastfiberen er av type Shogun levert av Barship.

Vedlegg 1: Plastfiber

Vedlegg 2: Stålfiber

2.1.1 To typer fiber: stål og plast

Stålfiber finnes i en rekke utførelser, men mest brukt i Norge er stålfiber med endekroker som tar seg av heft til betongen. Stålfibrene har forskjellige lengder, slankhetsforhold og materialkvaliteter. Stålfiber kan primært deles inn i tre grupper avhengig av lengde/diameterforholdet. De tre gruppene har lengde/ diameterforhold på 45, 65 og 80, hvor 45 er nedre grense for å få en smidig fiberbetong og fiber med lengde/diameterforhold på 80 er beregnet på fiberarmert betong med særlig høye krav. (7) Stålfibrene har E-modul på



Figure 2: Stålfiber fra Arcelor Mittal

omkring 200000 N/mm^2 , bortsett fra stålfibre som er syrefaste eller behandlet på annen måte som har E-modul på omtrent 170000 N/mm^2 .

Table 1: Tekniske data for stålfiber type HE 1/50 levert av Arcelor Mittal.

Characteristics	Material Property
Base Resin	Steel
Length	50mm
Tensile Strength	1100 MPa
Surface Texture	End hook
No. fibres per kg	3100
Specific Gravity	ca 7,85
Youngs Modulus	200 GPa

Polymerfiber eller plastfiber, ble for første gang brukt i Norge i 2003 i Vadheimtunnelen. (41) Siden den gang har Veidekke brukt plastfiber i flere prosjekter, spesielt i sprøytebetong i tunneler. Det er også brukt fiber som svinnarmering i pælene under den nye operaen i Bjørvika, og den nye tunnelen mellom Økern og Sinsen blir i dag sikringsprøytet med plastfiber. (9)

Table 2: Tekniske data for plastfiber type Shogun levert av Barship

Characteristics	Material Property
Base Resin	Polyolefin
Length	48mm
Tensile Strength	550 MPa
Surface Texture	Continuously embossed
No. fibres per kg	>35,000
Specific Gravity	0,90-0,92
Youngs Modulus	10 GPa
Melting Point	150-165°C
Ignition Point	Over 450°



Fordelen med plastfiber er at den ikke ruster, og at den ved pumping gir mindre slitasje på utstyret enn stålfiber. Plastfiber har lavere E-modul enn stålfiber, men er motstandsdyktig mot alkalier og har en lavere egenvekt enn stålfiber og er derfor lettere å håndtere. Det er satt krav til fiber at de ikke skal gå i brudd i betongen, så det må derfor være samsvar mellom fiberens bruddkapasitet og betongkvalitet. For plastfiber betyr dette at betongkvalitet høyere enn B65 river fiberen i stykker og er med dette ikke egnet for plastfiber. (7)



Figure 3: Plastfiber (11)

Forsøk med lengre tids belastning av plastfiberarmerte bjelker er blitt utført. Det viser seg at det er uvisst om dette er en sikker måte å dimensjonere bærende bjelker på. Dersom plastfibreneres bæreevne forutsettes utnyttet over lengre tid, må disse egenskapene dokumenteres spesielt. (10)

Med dagens prisnivå på stål- og plastfiber kommer plastfiber gunstigst ut. Et regnestykke på bruk av fiber til sikring av tak og vegger i tunnel viser at plastfiber koster 56% av stålfiberen. Plastfiber har høyere kilopris enn stålfiber, men mengden plastfiber som skal til for å oppnå samme resultat som med stålfiber er mindre. Regnestykket har tatt utgangspunkt i E1000 kravet i tunnel, det strengeste kravet til energiabsorpsjon, som tilsvarer plastfibernengde på 7 kg/m^3 eller stålfibernengde på 25 kg/m^3 .



Figure 4: Brannfiber fra Elastoplastic (13)

Det som også ofte karakteriseres som plastfiber, men som ikke må forveksles med fiber som har konstruktiv virkning, er den brannsikrede fiberen som går under navnet ”englehår.” Dette er tynn fiber med tykkelse 18 mikrometer og lengde 6 mm (12) som ved brann skal smelte og lage åpne kanaler i betongen som slipper ut branngassene og hindrer avskalling av betong. Brannfiber reduserer i tillegg plastisk svinn i utstøpningsfasen.

2.1.2 Fremstilling av fiber og fibrenes form

Stålfiber kan fremstilles på flere ulike måter og avhengig av produksjonsmetode kan stålfiberen få ulik form.

Table 3: Ulike fremstillingsmetoder for stålfiber. (10)

I:	cold-drawn wire	kaldstrukket ståltråd
II:	cut sheet	Stanset fra stålplate
III:	melt extracted	smelteslagg
IV:	shaved cold drawn wire	splittet kaldstrukket ståltråd
V:	milled from blocks	frest fra stålblock

Den mest vanlige måten å produsere fiber til betongkonstruksjoner på er å kaldstrekke stålet. Stålfibrene kan være rette eller formede, men det viktige er at de har slik en form eller overflateutforming at de hefter til betongen.

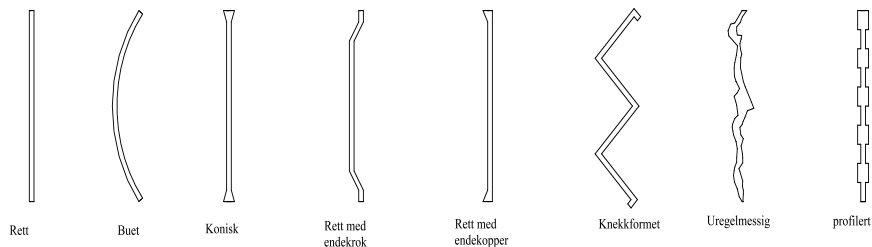


Figure 5: Noen vanlige fiberformer. (10)

Fibrene brukt til forsøk i denne oppgaven er av typen rett med endekrok i stål og rette, men med preget overflate i plast.

Polymerfiber er også rette eller formede stykker polymermateriale egnet for homogen innblanding og heft til betongen. Polymerfiber deles inn i klasse 1 og 2 avhengig av fiberens

lengde. Det er viktig å merke seg at fiber kortere enn 30 mm, klasse 1, ikke er dokumentert for konstruktiv virkning. (10)

2.1.3 Måten fiber er festet sammen på og leveringsmuligheter i mengder

Fiber leveres hovedsakelig i to former. Enten i kasser/poser eller i big bags. Begge alternativene leveres på pall og skal oppbevares tørt og ikke stables. Kassene/posene kommer i håndterlige størrelser på 5 eller 7 kg for plast og 20 kg eller 25 kg for stål. En full pall er på 60 kasser/poser og en full big bag veier som regel 1100 kg. (14)

Uavhengig av om fibre kommer i kasser eller big bags, kan fibre være pakket på lik eller ulik måte. Fibrene kan være limt sammen, være elektrisk orientert pakket eller pakket løst. (15)



Figure 6: Limte fiber fra Bekaert

Det er gjort ulike erfaringer med de forskjellige måter fibre er pakket på. Løse fibre har gitt en tendens til å balle seg, og brukes i mindre grad i dag. Elektrisk orienterte fibre, altså at fibre ligger pakket samme vei, har gitt et bedre resultat, mens limte fibre har vist seg å gi minst balling av fibre og jevnest fordeling. Denne måten å pakke fibre på brukes mye i dag. Fibrene blir da limt sammen i plater av 10 – 20 enkeltfibre av vannoppløselig lim. (48) Det viser seg òg at tilsetning av SP stoff også gir en reduksjon i fiberballing. (16) Merk viktigheten av å lagre fibre tørt, da dette limet går i oppløsning ved kontakt med vann og pakker med limte fibre som blir våte, har lett for å balle seg.

2.1.4 Pussing og overflatebehandling av fiberarmert betong

Det verserer meninger om at overflaten til fiberarmert betong ikke blir like fin som overflaten til betong med tradisjonell armering. Dette gir mest utslag i dekker, der fibre kan stikke opp i overflaten. I vegger er det ikke den samme utfordringen, siden fibre ne legger seg langs med forskalinga samtidig som finstoffet langs forskalinga hjelper til å få en fin overflate.

I dekker med fiberarmering kan oppstikk av fibre reduseres med dissing. Dissing vil si å stryke av den nyutlagte betongoverflaten med en dissestav. Dissingen presser fibre ne i betongen ned under overflaten og må uføres umiddelbart etter utleggingen. (17)



Figure 7: Nyutlagt betongoverflate før og etter dissing. (17)

Fiberruller er et annet verktøy som er med på å dytte fibre som stikker opp ned under betongoverflaten igjen. Dette verktøyet kan benyttes også etter at betongen har startet å størkne.



Figure 8: Fiberrulle minsker faren for fiberoppstikk. (18)

En måte å få en fin overflate på er å bruke moderne maskindrevne ”helikoptre” til å pusse over betongoverflaten. For å få til pussingen av fiberarmerte gulv er disse- og/eller rulleoperasjonene som beskrevet svært essensielle.



Figure 9: Maskindrevet pusseheliokopter.

Et godt eksempel er Vestby Outlet der det endelige golvet er i pusset fiberarmert betong i overflatetoleranse klasse 1.¹ Byggeplasseledelsen var i tvil om dette lot seg gjøre, men etter en

¹ Klasse 1 i.h.h.t NS 3420 – L:2008 vil si +/- 5 mm målt med 2 meter rettholt.

prøvestøp på et mindre dekke med fiberarmert betong, ble de overbevist om at fiberbetong var en rasjonell og effektiv metode å støpe butikkdekker på, i tillegg til at støpemetoden ivaretok overflatekravet.

Resultatet ble oppnådd ved å pusse dekket noen timer etter utstøping, akkurat som med vanlig betong, etter at membranherder ble påført den ferdig nivellerte og dissede overflaten.

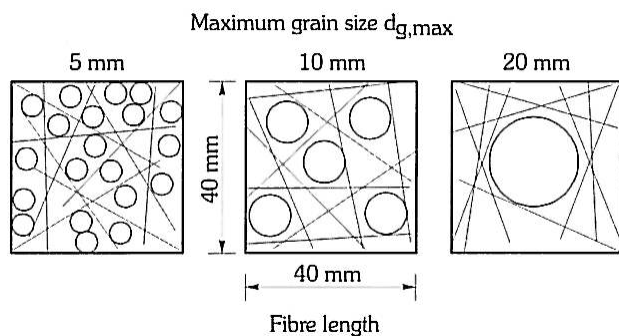


Figure 10: Endelig finish oppnås etter noen runder med pussemaskinen. (19)

2.1.5 Fiberbetongen

Fersk normalbetong inneholder fra 1,5 – 2% ”naturlig luft.” (20)

I fiberarmert betong benyttes vanligvis mindre størrelse på tilslaget, som regel maks 16 mm, og mer finstoffinnhold enn i normalbetong. Dette gir fibre mulighet til å orientere seg i flere



retninger og gi større virkning i betong. Med økt fibermengde, øker samtidig finstoffbehovet og reduksjon av steinstørrelse. Slike endringer i betongen gir økt vannbehov og vanligvis mindre luftinnhold. (10) Når

Figure 11: Effekten av tilslagets størrelse på fiberfordelingen. (21)

fiber blandes inn, øker likevel luftinnholdet i betongen. Ut ifra Vegvesenets rapport om dokumentasjon av spredning i fiberinnhold, viser det seg at det er mer luft i stålfiberarmert betong (4,2 % i snitt) enn i plastfiberarmert betong. (2,7 % i snitt) (16)

Betong som kan utsettes for frost kreves tilsatt L-stoff, luftinnførende stoff, slik at betongen blir frostbestandig. Det luftinnførende stoffet skaper små, jevnt fordelte luftbobler i betongen slik at vannet i betongen har plass til å ekspandere hvis det fryser. Disse luftboblene har en størrelse på mellom 10 og 100 mikrometer i diameter og er tilnærmet kuleformede. (22) Det anbefales et luftinnhold på 4 – 5 %, men det må likevel ikke tilsettes mer luft enn kritisk luftmengde som ligger på mellom 3,5 – 7 % avhengig av luftens fordeling. (20)

2.1.6 Fibermengder

All betong som inneholder fiber blir omtalt som fiberarmert betong. Det er to måter å angi fibermengden i betong på. I datablader og i byggebransjen brukes ofte benevningen kg/m^3 , mens det i forskningens verden ofte brukes volumprosent. Det er i denne oppgaven valgt å bruke kg/m^3 , da forsøkene har foregått på byggeplass og da dette er en benevning som er lett å forstå. I tillegg er dette en benevning som brukes i regelverk fra utlandet. (23)

Fiberinnholdet i betongen ligger ofte mellom 20 – 60 kg/m^3 for stålfiber, noe som tilsvarer en volumprosent av betongvolumet på 0,3 – 0,8. Et fiberinnhold på helt opp til 200 kg/m^3 lar seg, under spesielle forhold, ved hjelp av formvibrering, støpe i betongelementer. (24) Fibermengder opp til 100 kg/m^3 har tilfredsstillende bearbeidelighet og er støpt ut i betongkonstruksjoner i et høyhus under et prøveprosjekt i Estland. Her er fiberarmering brukt (i kombinasjon med tradisjonell armering over søylepunktene) til bæring i hele bygget. Heishusene er støpt med tradisjonell armering og skal ta seg av vindavstivingen. (25) Det er denne størrelsesorden (100 kg/m^3) som er aktuell hvis stangarmering skal erstattes fullstendig med fiberarmering.

Plastfiberinnholdet i betong ligger vanligvis på mellom 5 – 7 kg/m^3 . Resultater fra Saga og Østvold viser at en slik mengde med plastfiber gir en reduksjon i rissvidder på mellom 24 og 45 %, mens en fibermengde mindre enn dette ikke har noen hensikt. (26)

Det er i denne oppgaven brukt fibermengder på mellom 20 og 30 kg/m^3 for stål og 7 kg/m^3 for plast.



2.1.7 Fordeler som ergonomi og HMS

Jernbinding og betongarbeid er tungt arbeid med tunge løft og ugunstige arbeidsstillinger. Ved bruk av fiber i eksempelvis dekker, slipper jernbindere å stå bøyd eller sitte på kne for å binde jern, og den som opererer pumpslangen slipper å snuble i armeringsnett på dekket. Ved bruk av SKB, selvkomprimerende betong, sammen med fiber, faller øg behovet for vibrering av betongen bort, en positiv HMS – faktor. SKB gir også normalt en finere overflate og sparklingsbehovet blir dertil mindre. (27)

2.1.8 Fordeler med tid og kostnad

Entreprenørfirmaet Veidekke har utarbeidet erfaringstall fra produksjon av vegger med både tradisjonelt armert -, plastfiberarmert - og stålfiberarmert betong. Erfaringstallene viser at det er mest penger å spare på timeverk på fiber i favør tradisjonell armering, noe mindre på medgåtte materialer. Veidekke mener det i tillegg kommer en økonomisk effekt av en raskere fremdrift, men denne er ikke beskrevet i kroner. (27)

Storskalaforsøk har indikert at den økonomiske besparelsen på å bruke fiber som armering i plater på mark kontra tradisjonell slakkarmering kan være betydelig. En besparelse på 29 – 44% på forbrukt tid og en besparelse på 38 – 44% på prosjektert tid er beregnet. (28)

2.1.9 Tidsbesparende prosjektering, mindre stangstål å ta hensyn til

Det kan av og til være komplisert både for de prosjekterende og utførende å få plass til den armeringen som skal inn i en konstruksjon. Med beregningsgrunnlag og standarder for fiberarmert betong ferdig utarbeidet kan noe av stangstålet erstattes med fiberarmering, og de prosjekterende vil spare tid når det er mindre stangstål å ta hensyn til i sine beregninger. (29)

Det skal samtidig i en slik kombinasjon av fiberarmering og tradisjonell armering kontrolleres at fibre flyter rundt den tradisjonelle armeringen og at fibre ikke stopper opp og baller seg.



2.2 Sprøytebetong

Sprøytebetong er en type betong som er utviklet gjennom flere tiår i samband med bergroms- og tunnelarbeider. Sprøytebetongen er først og fremst utviklet gjennom praktisk bruk og etter markedets behov som en kostnadseffektiv metode for fjellsikring.

Til forskjell fra vanlig konstruksjonsbetong, er det spesielle med sprøytebetongen dens sammensetning av delmaterialene. Akselerator blir brukt for å oppnå momentan størkning og tidlig fasthetsutvikling. Tilslaget i sprøytebetongen har $D_{\text{maks}} \leq 8$ mm. (16)

Sprøytebetongen blir presset gjennom en sprøyterigg og videre ut gjennom munnstykket under stort trykk og påført f.eks. tunneltaket i tynne lag av gangen. Sprøyteriggen er festet på



Figure 12: Fjernstyrt sprøyting av tunneltak.(30)

sprøytebilen og blir operert av sprøyteoperatøren som fører sprøytebilen. Sprøyta blir fjernstyrt fra en plass der operatøren har best mulig utsyn til området som skal sprøytes og der han kan stå trygt uten fare for å få betong- og fiberprell på seg.

Sprøytebetong kan inneholde både plast- og stålfiber i den hensikt å fungere som armering, bedre bruddseigheten og begrense rissvidder. Av praktiske årsaker er denne fiberen noe kortere enn hva som er brukt i resten av forsøkene. Det er brukt sprøytebetong med plastfiberarmering i noen av forsøkene i denne oppgaven.

2.3 Dagens bruksområder for fiberarmert betong

Fiberarmering brukes i dag i plater på mark, hvor størrelsen på riss blir mindre og skadelige stoffer ikke trenger like langt og fort inn i betongen som ved bruk av stangarmering. Det er fortsatt viktig å ikke ha fastholdingspunkter. Det må derfor legges myke fuger rundt søyler og



lignende som stikker opp gjennom dekket. I tillegg må underlaget være jevnt og dekket med plast for minst mulig friksjon, som ved støp av betong med tradisjonell armering. En må samtidig huske ekstra - armering rundt søyler, innvendige hjørner og utsparinger ved bruk av fiberarmert betong i plater på mark.

Fiberarmert betong brukes også til påstøp på hulldekker som kan utføres på tre måter:

1. Limt påstøp direkte på hulldekket.
2. Direkte på hulldekket med plast som skiller påstøpen fra direkte kontakt med hulldekket.
3. På hulldekket med lydmatte eller annen isolasjon som skiller påstøpen fra hulldekket.

Påstøp skilt fra hulldekket med enten plast eller isolasjon, må behandles som en egen konstruksjon og bør være minst 80 – 100 mm for å unngå kantsprengning, riss og knusing av betong. (31)

Fiberarmering som erstatning for minimumsarmering i vegger er forsøkt brukt på Nermotunet på Hafjell. Her ble det brukt en plastfibrermengde på 4 kg/m^3 . Det ble brukt selvkomprimerende betong og veggene ble beregnet for å ta vertikal belastning og i tillegg tilfredsstillende brann og lydkrav. (8)

Plattendekker er forskalingslementer som består av en betongplate med innlagt underkantarmring. Etter at dekkene er montert, legges svinnarmering over breddekjøtene. Til slutt legges overkantarmring før støping. (32) Fiberarmert betong kombinert med plattendekker er en god kombinasjon. (33)

Fiber brukes i noen grad som armering i flytebrygger, men som betong med tradisjonell armering er strand- og bølgesone et utsatt område for betongkonstruksjoner.

Fiberarmert betong brukes i dag i utstrakt grad i tunneldrift, primært til sikringsprøyting for å ivareta HMS bestemmelsene og å hindre nedfall etter sprengning.



2.4 Nye bruksområder for fiberarmert betong

Det er i starten av 2010 under oppføring 66 boliger der stålfiberarmert betong er brukt i både gulv på grunn, vegger og etasjeskiller. Dette er et prosjekt på Jesseheim oppført av Grefsen Eiendom AS. Leverandør av betong og fiber er henholdsvis Betong Øst AS og Arcelor Mittal. Det er ingeniører fra Arcelor Mittal sin egen tekniske avdeling som står for beregningene og Alexis Borderon i Arcelor Mittal understreker at beregningene er prosjektbaserte. Han mener samtidig at dette er et pilotprosjekt i norsk sammenheng. (34)



Figure 13: Bewi veggforskaling fylt med med 30 kg/m³ stålfiberarmert betong.

Forskalingssystemet som er brukt i vegger i prosjektet på Jessheim er Bewi veggssystem med isolasjon på sidene og hulrom i midten til å fylle med fiberarmert betong, det første i Europa som har fått teknisk godkjenning for utstøping av bærende vegger med fiberarmert betong i bolighus med inntil to fulle etasjer over terreng. (35) Det er brukt kamstål på 8 mm med senteravstand på 1000 mm i tillegg til betong med stålfibermengde på 30 kg/m³. Kamstålet er brukt for å være på den sikre siden for å ta opp momenter, men Alexis mener dette ikke er nødvendig da veggene er 150 mm tykke.

Forskalingssystemet som er brukt i etasjeskillet er av type Cofraplus 77 som blir stående igjen som del av etasjeskillet etter utstøping. Spennvidden er 5,2 meter på Jessheim, mens Alexis Borderon forteller at maks spennvidde er 5,5 meter kombinert med fiberarmert betong. Dekketykkelsen er 180 mm med 35 kg/m³ stålfiber. Det gjøres oppmerksom på at forskalingssystemet samvirker med betongen og er å regne som



Figure 14: Cofraplus 77 dekkforskaling fylt med 35 kg/m³ stålfiberarmert betong. 5,2 meter spenn.

del av armeringen. PEVA 45 som er et annen type samvirkedekke, oppgir at armeringsbehovet reduseres med opp til 70 – 80 % ved bruk av deres dekker. (36) Det kan antas noe tilsvarende i dette tilfellet. Egne beregninger gjort på Cofraplus 77 med dekketykkelsen og spennet som er brukt på Jessheim, viser at forskalingsplata i seg selv står for armeringsmengden som skal til i henhold til NS 3473 og at fibre kun tar opp riss.

Vedlegg 3, Bergninger og bilder av cofraplus 77

Byggherren har vært tilfreds med effektiviteten, økonomien og framdriften på dette prosjektet, mye takket være bruk av overnevnte forskalingsystemer kombinert med fiberarmert betong. (37)

Dette prosjektet ligner prosjektet som er omtalt i kap 2.1.6 fra Estland og viser at Norge nå kommer etter resten av Europa og ser ut til å ligge i startgropa for å kunne bruke fiberarmert betong i større grad også i bærende konstruksjoner, selv om det her ser ut til at de prefabrikkerte forskalingsystemene står for mye av bæreevnen i konstruksjonene.

2.5 Fordeling, bearbeidlighet, utflyt og støpelighet

Det kan se ut til at flere aspekter avgjør fordelingen og orienteringen av fibre i betongen og den fiberarmerte betongens bearbeidlighet.

Generelt reduseres konsistensen til betong med økende l/d forhold på både stål – og plastfibre, økende tilslagsstørrelse og minkende pastainnhold. Partikkelsammensetningen til tilslaget vil også influere på betongens stabilitet. I tillegg påvirker innblandingmetoden fordelingen av fibre. (21)

Erfaringer med stålfiber viser at det er størst sannsynlighet for jevn fordeling av fiber ved normale doseringsmengder og at risikoen for ujevn og dårlig fiberfordeling øker ved svært høy eller svært lav doseringsmengde. (16) Normale doseringsmengder vil si en fibermengde på mellom 20 – 60 kg/m³. (24)

Fiberfordelingen og fiberorienteringen er påvirket av flere faktorer som er vanskelig å kontrollere og bestemme, og som i tillegg til å påvirke fiberfordelingen også har innvirkning



på betongkvalitet og betongegenskaper. Disse påvirkende faktorene som flyteevnen, viskositet og støpemulighet, gjør at spredningen av fiber kan bli signifikant i en statistisk sammenheng. For å anta at fibre har en homogen og isotropisk fordeling, som er en viktig antakelse for å kunne gjøre beregninger på bærende konstruksjoner med fiberarmert betong, trengs en sikkerhetsfaktor for å kunne ta i betraktning de overnevnte forhold i tillegg til støpeforhold, konstruksjonsstørrelse og geometri. Disse faktorene blir i den nye Modell code forenklet ved å legge inn en sikkerhetsfaktor for strekkspenningen i fiberarmert betong på 1,5 for massive konstruksjoner. (38)

2.6 Innblandingsmetoder av fiber

Det finnes i hovedsak tre metoder for å blande inn fiber i betong. Disse er: i trommel på bil direkte fra sekk, i betongblander på blandeverket og innblåsning i trommel på bil. Alle metodene blir nærmere beskrevet under, men i de aller fleste tilfellene i Norge i dag blir fiber blandet inn direkte i trommelen på betongbilen. (15)

2.6.1 I trommel på bil via sekk

Denne mest utbredte metoden gjennomføres ved at sekker med fiber blir ført inn i trommelen til betongbilen etter at betongen er lastet opp. Bilen rygger inntil ei rampe og sekker med fiber helles oppi trommelen.

Ved denne innblandingsmetoden anbefales det å tilsette fibre under maksimal omdreining på trommelen, 12 – 18 omdreininger pr. minutt. Tilsatt mengde fiber skal ikke overskride 60 kg/min og betongens synk skal være minst 120 mm. Etter tilsetting av fiber skal trommelen gå på maksimal hastighet i 5 min. (39)

Trommelen roterer i et normalt og rolig tempo på vei til byggeplassen. Etter ankomst på byggeplassen roteres trommelen hurtig i ca 5 minutter. Det gjøres oppmerksom på at fiber tilsatt på denne måten vanligvis ikke blir veid inn, men at det rundes opp til nærmeste hele eller halve sekk. (40)



2.6.2 I blander på blandeverk

Med denne metoden blir fiber blandet inn som en egen ingrediens i blandemaskinen på blandeverket. Fiber blir veid opp, ført inn i blanderen i eget rør eller på bånd og blandet sammen med resten av ingrediensene. Fibrene kan tilføres sammen med tilslaget eller til den ferske betongmassen, men må ikke tilføres blanderen som første ingrediens. (39) Ferdig fiberarmert betong helles så på bilen.

Dette er en mindre utbredt metode i Norge i dag, da det ikke er plass til nye tilførselsrør på alle blandeverk. Betongen har stadig fått nye og flere ingredienser og nye rør som skal føres inn i blandemaskinen. Flere av de gamle blandeverkene må derfor bygges om for å få plass til dette. De nye og mer moderne blandeverkene har derimot større muligheter og vilje til å få plass til beholdere og tilførselsrør med fiber. I forslaget til den nye fiberveiledningen ser det ut til at det blir krav til innblanding av fiber i blander på blandeverk.

2.6.3 Innblåsing i trommel på bil

En anretning som ved hjelp av høyt trykk blåser fiber inn i trommelen på betongbilen mens automixeren går, er den tredje innblandingsmetoden beskrevet her. Fibermengden blir på forhånd veid opp og vil forhåpentligvis gi en jevnere fordeling av fibrene da den blir blåst inn litt om litt mens trommelen går.



Figure 15: Innblåsing av fiber.(19)

2.7 Fiber til stede, kvitteringsbehov

I dag gjøres det enten intern og/eller ekstern kontroll av armeringsarbeidet i bærende konstruksjoner på byggeplasser før støpearbeidet gjøres.

De negative konsekvensene av manglende fiberarmering i bærende betongkonstruksjoner hvor fiberarmering er spesifisert kan bli betydelige. Derfor må det etableres et regelverk for kontroll av fiber i slike konstruksjoner.

For det første må det dokumenteres og skrives under på at spesifisert mengde fiber er tilsatt betongen. Videre må det gjøres en kontroll på byggeplassen på lik linje med dagens kontroll av stangarmering. Dette kan gjøres visuelt og/eller ved uttak av prøver av fersk betong som andre mottakskontroller.

Et forslag under utarbeidelse til sikre kontroller ivaretar dette. (10)

2.8 Stålfiberskiller

I den hensikt å påvise fiber i betong, er det produsert innretninger som kan skille ut stålfiber fra fersk betong. Dette er innretninger som er nye på det norske markedet, men som har eksistert på det internasjonale markedet en tid.



I forbindelse med COIN prosjektet og denne masteroppgaven er det kjøpt inn en stålfiberskiller. Denne viser seg å være effektiv og meget nyttig i registreringen av stålfiber i fersk betong.

Stålfiberskilleren fungerer ved at man tømmer den ferske stålfiberarmerte betongprøven i trakten på toppen av skilleren og lar betongen renne gjennom skilleren og ned i ei bølge under. Inne i skilleren står en stor og kraftig magnet. Den påmonterte elektromotoren vibrerer understellet til skilleren og betongen renner over magneten. Stålfibrene fester seg til magneten og

Figure 16: Stålfiberskiller.



betongen renner igjennom. Vann spyles igjennom skilleren for å vaske den og magneten med fibre på.

Døren til skilleren kan nå åpnes. På døren henger magneten med fibre som følger med ut. Magneten skylles av en gang til, slik at fibre blir helt rene og fri for smuss. Fibrene dras av magneten, samles i en pose og prøvene merkes. Fibrene kan nå tørkes og veies. I vedlegg nr 4 er det vist en prinsippsskisse av snittet til fiberskilleren.

Vedlegg 4: Prinsippsskisse, snitt av stålfiberskilleren.

Det har også nylig kommet en stålfiberskiller til Norge som Arcelor Mittal benytter. Denne blir kalt Dosometer, og fungerer i prinsippet på samme måte som fiberskilleren benyttet i denne oppgaven.

Vedlegg 5: Doseometer



Figure 17: Magneten på døren samler opp all fiberen.

2.9 Teknologirapport nr 2409, Statens vegvesen

Forsøk med en type stålfiber, Dramix RC-65/35 BN, og en type plastfiber, Enduro 600 med lengde 50 mm, og undersøkelsen av spredningen i fiberinnhold i sprøytebetong er blitt utført. (16) Prøvestørrelsene i forsøket er 2 – 10 kg.

Ved oppstart av arbeidet ble vekten av sekker med stålfiber kontrollert. Variasjonen i vekt var så liten (+/- 2 %) at en ikke vurderte denne kontrollen nødvendig å videreføre, noe som heller ikke er gjort i denne masteroppgaven. Den samme vurderingen ble gjort av plastfiber der variasjonen kun var +/- 0.6 %.

Enkeltresultater fra bil viser stålfiberinnhold fra ca 70 % til ca 130 % av tilsatt fiberinnhold for stålfiber, mens det i gjennomsnitt for alle prøvene ligger på 102,9 % målt fibermengde ved tilsatt 20 kg/m³ og på 104,8 % ved tilsatt 30 kg/m³. Mer enn 100 % vil her si mer registrert fiber i prøven som er tatt ut enn hva som ble tilsatt betonglasset i gjennomsnitt pr kubikk.

Innblandingsmetoden varierer mellom direkte i trommel på bil og i blandemaskin på blandeverk.

Forsøkene med plastfiber viser større forskjell på tilsatt mengde plastfiber og målt fibermengde fra bilen. I gjennomsnitt 135,1 % av de forskjellige tilsatte fibermengdene.

Feltforsøkene viser spredning i fiberinnhold registrert fra henholdsvis bil og vegg sammenlignet med opprinnelig tilsatt fiberinnhold.

Forskjellig luftinnhold i stålfiberbetong (gjennomsnitt 4,2 %) kontra plastfiberbetong (gjennomsnitt 2,7 %) er målt i samme forsøksserie. Samtidig ble det funnet minst fibermengde i starten av billasset og størst i slutten i stålfiberbetong, mens det i plastfiberbetong ble funnet mest fiber i starten av lasset og minst i midten.

Det blir under erfaringer påpekt at mindre spredning i lasset sannsynligvis kan oppnås hvis man utarbeider bedre prøvemetoder og blandeprosesser.

2.10 Kontrakt entreprenør - byggherre hvis fiber ikke er godkjent.

Pr dags dato finnes det ingen godkjent norsk standard for bruk av fiberarmert betong. Likevel brukes fiberarmering i utstrakt grad i byggenæringen. Veidekke er en av entreprenørene som har benyttet seg av dette i flere år og betongprodusenter leverer mer og mer fiberarmert betong.

Veidekke finner sitt omfang av fiberbruk forsvarlig på grunnlag av SINTEFs, fiberprodusenters og egen forskning og tidligere erfaringer. (41)

Fiberarmering i vegger er for eksempel prøvd ut på Raadhushavnen i Drammen. Her har rådgivende ingeniør og entreprenør blitt enige om å bruke erfaringstall fra Veidekkes v-teknikkavdeling, en spesialavdeling i Veidekke på betongteknologi og konstruksjonsteknikk, og resultatene virker lovende. Det ble i dette prosjektet laget en rapport som har ligget til grunn for å kunne bruke fiber i andre prosjekter. (27)

Prosjektbaserte løsninger er også noe fiberprodusenten Arcelor Mittal har satset på. Med beregningserfaringer fra utlandet har Arcelor Mittal en 24 – timers dimensjoneringservice overfor kundene i Norge. Firmaet kommer med svar på dimensjoneringsforespørsler innen et



døgn og mener å være sikre på holdbarheten i det de leverer. De gir samtidig en økonomisk garanti i de prosjekter de selv har stått for dimensjoneringen. (34)

I boligprosjektet på Jessheim utført av Grefsen Eiendom AS hvor fiberarmerte etasjeskillere er benyttet, har Arcelor Mittal vært inne i prosjektet fra starten av og de prosjektbaserte løsningene er utprøvd i praksis. Fiberprodusenten har hatt kompetansen på armeringsdimensjoneringen, deltatt på byggemøter, veiledet de utførende og samarbeidet med alle aktørene slik at dette har latt seg gjennomføre. (37)

2.11 Ny norsk fiberveiledning

Det er i skrivende stund under utarbeidelse en ny norsk veiledning for bruk og dimensjonering av fiberarmering.

Det vil i første omgang komme ut et COIN dokument sommeren 2010. COIN dokumentet vil så bli evaluert av Norsk Betongforening, industrien og Standard Norge og revidert for eventuell publisering.

Det som er spesielt interessant i den nye fiberveiledningen for denne masteroppgaven er kravet om samsvar i fiberinnhold, hvor det blir satt krav til maksimalt avvik.

Forfatteren av denne masteroppgaven har vært deltagende i kapittel 5: produksjon og utførelse, og spesielt kontroll og dokumentasjon av utførelse av fiberarmert betong.



3. Feltarbeid

Feltarbeidet har gått ut på å registrere fiberfordelingen i fiberarmert betong. Dette er gjort ved å ta ut prøver av fersk fiberarmert betong direkte fra betongbiler på byggeplasser for så å skille fibre fra den ferske betongmassen. For å få innblikk i fordelingen, er det tatt ut tre prøver fra hver bil. Det er tatt ut prøver i starten, midten og slutten av lasset til betongbilen. Det er registrert hvilken type innblandingsmetode som er benyttet. Det er gjort prøver av plast- og stålfiberarmert betong. Det er valgt prøvestørrelser på 10 liter som tilsvarer volumet av ei Thaulowbøtte.

Fersk betong kan være irriterende for hud og øyne og kan skape allergiske reaksjoner. Det er brukt briller, lange gummihansker, tette støvler og arbeidsklær som dekker hele kroppen i alle forsøk i denne oppgaven og rådene fra arbeidstilsynet, UMB, Veidekke og Unicon er fulgt. Se vedlegg 6 for utfyllende informasjon og råd om fersk betong og HMS.

Vedlegg 6: HMS ved kontakt med fersk betong

Det ble forsøkt å få til prøver på andre innblandingsmetoder enn direkte i bil fra sekk. Dette lot seg ikke gjøre, grunnet kombinasjonen av lite støping med fiber grunnet lavkonjunkturen da feltforsøkene ble gjennomført og at de produserende bruker innblandingsmetoden direkte på bil.

Det er brukt vekt som måler nøyaktighet på +/- 1 gram ved veiing av fibre som blir skilt ut av betongprøvene. Det ble vurdert vekt med desimaler av gram, men med tanke på prøvestørrelsen og at prøvene blir gjort på byggeplass og ikke i laboratoriet, endte det med vekt med nøyaktighet på 1 gram. Den tyske standarden for stålfiberarmert betong bruker også en nøyaktighet på +/- 1 gram. (23)



3.1 Gjennomføring av stålfiberskilling fra fersk betong

Stålfiberskilleren er brukt i alle forsøkene med stålfiberarmert betong for å skille stålfiber fra betongen. Under er listet opp utstyr som trengs for å ta ut prøver, bruke stålfiberskilleren og veie fibrene.

Utstyr:

Thaulowbøtta = 10 liter

eller luftmålerbøtta = 8 liter.

Stukepinne.

Bøtter til å ta ut prøver, 3 stk.

Bøtter til å ha under fiberteller, 2 stk.

Strømtilgang/skjøteledning.

Vann til å spyle.

Poser/esker med merkelapper til prøvene.

Olje/formfett.

Vekt for å veie fibrene.

Hansker, briller og verneutstyr



Figure 18: Thaulowbøtta. Størrelse 10 liter.

Forarbeid:

Kontroller at utstyret er rent og i orden.

Rigg opp fiberskilleren, plasser tom bøtte under, koble til strøm og ha vannslangen tilgjengelig. Sprøyt formfett på innsiden av fiberskilleren.

Utførelse:

Ta ut tre prøver fra betongbilen, hver på 10 liter. En fra starten, midten og slutten. Merk prøvene. Hell så den første prøven over i Thaulowbøtta i tre omganger. Fyll 1/3, stuk så 25 ganger gjennom laget. Fyll på 1/3 til, stuk gjennom dette laget også 25 ganger. Fyll til slutt den siste 1/3 av bøtta og stuk gjennom dette øverste laget 25 ganger. Avrett toppen med stukepinnen.

Skru på bryteren på stålfiberskilleren slik at det vibrerende bordet starter. Hell så Thaulowbøtta med betong forsiktig gjennom stålfiberskilleren. Skru av det vibrerende bordet.



Skyll av skilleren. Åpne døra og skyll spesielt av magneten. Dra fibrene av magneten og hell over i posen merket ”prøve start”. Lukk døren, skru på det vibrerende bordet og hell forsiktig prøven gjennom en gang til. Skru av det vibrerende bordet, skyll av, dra så de siste fibrene av magneten og hell over i posen merket ”prøve start”. Gjenta så dette for ”prøve midt” og ”prøve slutt”. Vei så de rene og tørkede fibrene fra hver prøve på en vekt som måler ± 1 gram.

Testrapport:

En testrapport skal utarbeides og bør inneholde:

Dato og tid for testen.

Fiberinnholdet i hver av de 3 prøvene til det nærmeste gram.

Den kalkulerede fibermengden for hver prøve til nærmeste kg/m^3 .

Gjennomsnittlig fiberinnhold til nærmeste kg/m^3 .

Datablad for den type fiber som er brukt.

Betongseddelen inklusive fibermengde fra blandeverket.

Dato, tid og underskrift av kontrolløren.

Feilmargin /samsvar oppnådd:

Den nye norske veiledningen til bruk av fiber vil sette krav til maksimal variasjon i fibermengde i fersk fiberarmert betong. Det ble vurdert flere muligheter for å oppnå samsvar for prøvene. Det foreslåtte kravet er tilsvarende kravet i den tyske standarden for bruk av fiber, Recommendations for Steel Fibre Concrete utgitt av Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, angitt i table 16a, og beskriver samsvar for prøvene på følgende måte (23) :

- Gjennomsnitt av n resultater: større enn eller lik $0,9 \cdot \text{nominell fiberinnhold}$.
- Hvert testresultat: større enn eller lik $0,85 \cdot \text{nominell fiberinnhold}$.

Det kreves også i forslaget underskrift av blandeoperatør og produksjonsleder for at den spesifiserte mengden er tilsatt for å oppnå godkjenning.



Konsekvens:

For å godkjenne prøven, må resultatene fra prøven ligge over kravet angitt i tabell 16 a. Hvis prøven ligger under kravet, underkjennes prøven. Armeringen er da ikke som forventet og den fiberarmerte betongen kan ikke brukes i bærende konstruksjoner ut ifra hva den er beregnet til å tåle. Dette indikerer at blandeprosessen og/eller resepten ikke er forskriftsmessig utført etter NS 206 – 1 og betongen kan risikere og måtte sendes tilbake til blandeverket. Det samme gjelder hvis det oppdages fiberballer i lasset.

Hyppighet:

Det har underveis blitt vurdert hvor ofte kontrollen av fibermengden i fersk fiberarmert betong bør gjennomføres. Det er diskutert forslag som registrering for hver x antall kubikk betong, for hver x antall betongbil, for hver konstruksjon og for hver x antall dag.

Den nye norske veiledningen vil foreløpig anbefale kontroll av fibermengden i fersk fiberarmert betong på byggeplass for hver påbegynte 200 m³ eller for hvert påbegynte støpeskift for utvidet kontroll. Kontrollen bør inneholde 3 prøver som i feltarbeidet i denne oppgaven. Dette tilsvarer mottakskontroll etter NS 3465 for utvidet kontroll.

Det anbefales utvidet kontroll på alle bærende konstruksjoner utført i fiberarmert betong.



3.2 Gjennomføring av plastfiberskilling fra fersk betong

Utstyr:

Thaulowbøtta = 10 liter eller luftmålerbøtta = 8 liter.

Stukepinne.

Plankebit til å røre om/drill med malingsblander

Bøtter til å ta ut prøver, 3 stk.

Stor bøtte/trau.

Vann.

Poser/esker med merkelapper til prøvene.

Vekt for å veie fibrene

Hansker, briller og verneutstyr.



Figure 19: Utstyr for plastfiberskilling.

Forarbeid:

Kontroller at utstyret er rent og i orden.

Fyll den store bøtta/trauet med ca 15 – 20 liter vann.

Utførelse:

Ta ut tre prøver fra betongbilen, hver på 10 liter. En fra starten, midten og slutten. Merk prøvene. Hell så den første prøven over i Thaulowbøtta/luftbøtta i tre omganger. Fyll 1/3, stuk så 25 ganger gjennom laget. Fyll på 1/3 til, stuk gjennom dette laget også 25 ganger. Fyll til slutt den siste 1/3 av bøtta og stuk gjennom dette øverste laget 25 ganger. Avrett toppen med stukepinnen.

Hell så betongprøven i Thaulowbøtta forsiktig over i trauet fylt med vann. Pass på sprut, bruk briller! Rør rundt i trauet med en plankebit til alle fibre flyter til overflaten. Dra fibre av vannoverflaten og hell disse over i posen merket ”prøve start”. Gjenta denne omrøringen tilstrekkelig antall ganger slik at det til slutt ikke flyter fiber til overflaten. Gjenta så dette for ”prøve midt” og ”prøve slutt”. Vei så de rene og tørre fibre fra hver prøve på en vekt som måler +/- 1 gram.



Dette viser seg å være en enkel metode å skille plastfibre fra betongen på. Hjelpemidlene som trengs er få og enkle og finnes på enhver byggeplass. Utførelsen er også enkel og kan gjennomføres av enhver person på byggeplass, men gjennomføringen tar noe tid.

Figure 20: Fibrene tørkes for de veies.

Omrøringsstida kommer an på mengde vann i bøtta/trauet og størrelsen på bøtta/trauet. Avtrekking av fiber fra vannoverflaten etter omrøring må gjennomføres så mange ganger at det etter siste omrøring ikke lenger flyter opp fiber, noe som tilsvarer mellom 4 til 7 omrøringer.

Hvis det er ønskelig å automatisere denne prosessen, lar det seg gjøre. Det kan installeres en automatisk omrører i bøtta. Det anbefales vel så mye å trekke av fibrene fra vannoverflaten manuelt som å få til noe maskinelt på dette området.

Det er ikke forsøkt installert automatisk omrøring under forsøkene i denne oppgaven, da forsøkene på plastfibre har foregått inne i tunnel og det ikke har vært hensiktsmessig å koble til noen elektrisk omrører som krever strømtilgang.

Det er derimot forsøkt brukt elektrisk drill, påmontert omrører, med suksess. En malingsblander er sveist på et bor og festet på drill. Dette forenkler prosessen en hel del, både med tanke på HMS og tid, og er å anbefale til videre arbeid. Det holder da å bruke omrøreren, la fibrene flyte opp og dra av fibrene fra overflaten ca 4 ganger for å skille alle fibrene fra den ferske betongprøven.

Det stilles like krav til plastfiberarmert betong som til stålfiberarmert betong med tanke på utarbeidelse av testrapport for prøver, prøvehyppighet, samsvar og konsekvens ved underkjennelse.

4. Resultater

Det foreligger 69 prøver fra 23 betongbiler tatt på byggeplass i Oslo og omegnsområdet. Det er tatt tre prøver fra hver bil, en i starten av lasset, midten og slutten. Av noen av bilene er det i tillegg tatt en fjerde prøve, etter betongen har gått igjennom pumpe­slangen.

Resultatene er tolket statistisk. Hver prøve i starten av lasset er sammen­liknet med hverandre. Tilsvarende er gjort for prøvene i midten og slutten av lasset. Etter dette er resultatene fra starten, midten og slutten sammen­liknet med hverandre for å se på spredningen av fiber innad i betong­lasset.

Det er forskjellige fibermengder i prøvene. Prøvene med lik fibermengde er sammen­liknet. Det er gjort prøver på fibermengder på 20 kg/m^3 , 25 kg/m^3 og 30 kg/m^3 for stålfiber og 7 kg/m^3 for plastfiber. Det er gjort ytterlige prøver utover de nevnte 69. Disse prøvene kan betraktes som utvikling av prøvemethoden og siden disse prøvene med fiberinnhold på 20 og 30 kg/m^3 for stålfiber bare er gjennomført på noen få biler, er de ikke tatt med i resultatdelen og sammen­liknet. Det er skilt på stålfiber og plastfiber og innblandingsmetoden er registrert til å være den samme i alle forsøkene. Betongseddelen fra hver prøve er tatt vare på og informasjonen derfra er ført inn i et excelark vedlagt. Det samme gjør tallene som ligger til grunn for statistikk­beregningene. Statistikk­beregningene er utført i statistikk­programmet Minitab.

Vedlegg 7: Betongsedler.

Vedlegg 8: Tallmateriale fra alle prøvene.



4.1 Statistikkeregninger på fiberinnholdet i stålfiberarmert betong

Det er gjort prøver av stålfiberarmert betong med stålfibermengde på 25 kg/m^3 . Prøvene er gjort av pumpebetong på byggeplassen til Vestby Outlet. Det foreligger prøver fra 15 biler og innblandingsmetoden er direkte i bil fra sekk.

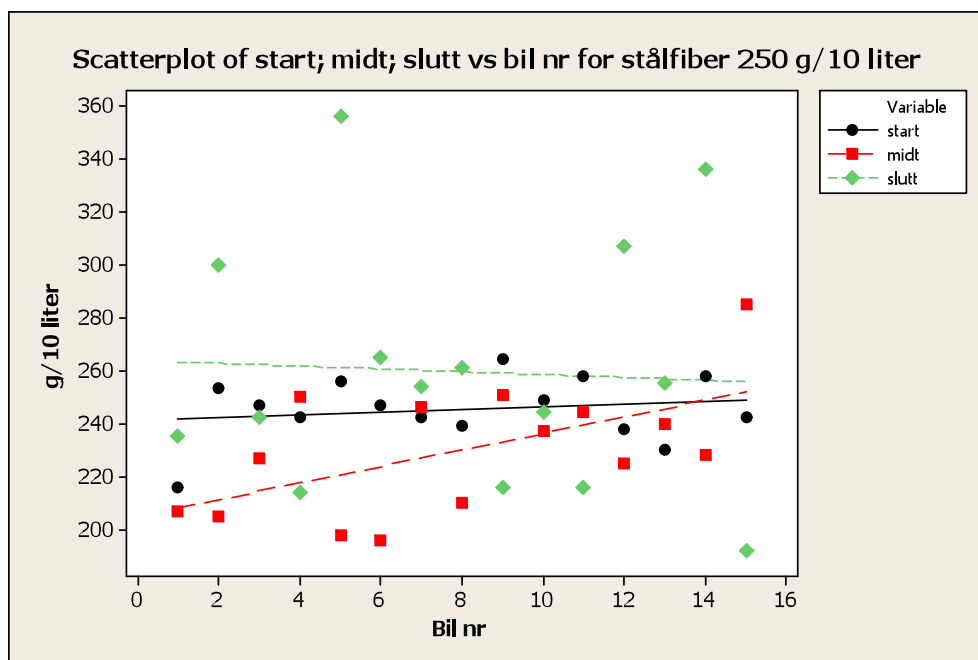


Figure 21: Resultater fra stålfiberprøvene.

Svart, rød og grønn viser resultatene fra henholdsvis start, midt og slutt av de 15 bilene.

Det er utført variansanalyse på resultatene fremkommet av prøvene. Det ser ut til at det er minst avvik fra spesifisert fiberinnhold i starten av lasset og økende avvik fra spesifisert fiberinnhold mot slutten av lasset. Dette samsvarer med resultatene Vegvesenet fikk i 2005.

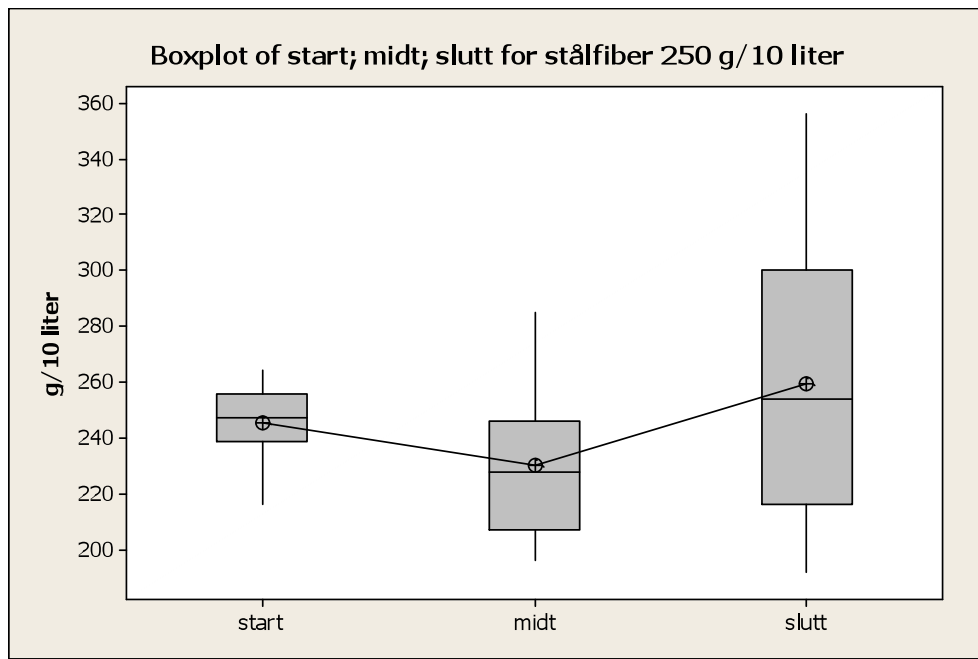


Figure 22: Variansanalyse av stålfiber.

Den tynne vertikale streken viser yttergrensene til mengdene. Den grå boksen viser Q1 – Q3, sirkelen med kryss viser gjennomsnittet og den horisontale streken inne i den grå boksen viser medianen. Vi kan se et økende avvik fra spesifisert fibermengde på 250 g/10 liter mot slutten av bilen.

Det viser seg at det er størst avvik fra spesifisert fibermengde mot slutten av bilen. Her er avviket så stort at kravet for enkeltprøver med fiberinnhold på mer enn eller lik 0,85 x nominelt fiberinnhold ikke blir nådd. Disse avvikene er derimot ikke så store at det overskrider kravet til gjennomsnittet av de tre prøvene med fiberinnhold på mer enn eller lik 0,9 x nominelt fiberinnhold. Det er i tillegg registrert avvik høyere enn spesifisert fiberinnhold, selv om dette ikke får innvirkning på om prøvene underkjennes.

Table 4: Resultater stålfiberarmert betong, fiberinnhold 25 kg/m³

Stålfiber 25 kg/m ³					
	start	midt	slutt	Gj.snitt	% av tilført
Bil 1	216,0	207,0	235,0	219,3	87,7
Bil 2	253,0	205,0	300,0	252,7	101,1
Bil 3	247,0	227,0	242,0	238,7	95,5
Bil 4	242,0	250,0	241,0	244,3	97,7
Bil 5	256,0	198,0	356,0	270,0	108,0
Bil 6	247,0	196,0	265,0	236,0	94,4
Bil 7	242,0	246,0	254,0	247,3	98,9
Bil 8	239,0	210,0	261,0	236,7	94,7
Bil 9	264,0	251,0	216,0	243,7	97,5
Bil 10	249,0	237,0	244,0	243,3	97,3
Bil 11	258,0	244,0	216,0	239,3	95,7
Bil 12	238,0	225,0	307,0	256,7	102,7
Bil 13	230,0	240,0	255,0	241,7	96,7
Bil 14	258,0	228,0	336,0	274,0	109,6
Bil 15	242,0	285,0	192,0	239,7	95,9
Gj.snitt	245,4	229,9	261,3	245,6	
% av tilført	98,2	92,0	104,5		98,2

Tilsatt mengde: 250g/10 liter

Table 4 er presentert på samme måte som Vegvesenet presenterte sine resultater på fordeling av fiber i betong i 2005. Dette er gjort for å direkte kunne sammenligne resultatene fremkommet fra 2005 og resultatene fremkommet av feltforsøk i denne oppgaven. Det gjøres oppmerksom på at prøvestørrelsen var vesentlig mindre i 2005. Likevel er ikke det totalt målte fiberinnholdet på 98,2 % i resultatene gjort i denne masteroppgaven nevneverdig nærmere 100 % enn hva det var i forsøkene fra 2005 (104,8 % for 30 kg/m³ og 102,9 for 20 kg/m³). Det samme gjelder enkeltresultatene som i forsøkene i denne oppgaven spriker fra 76 – 142 % av tilsatt stålfibermengde. (Vegvesenet ca 70 – 130 %)

En kan ut ifra tabellen lese at 1 av prøvene som danner gjennomsnittet pr bil ligger under kravet om samsvar for gjennomsnittet av en serie på tre prøver. 5 av enkeltprøvene ligger under kravet om samsvar for enkeltprøver. Totalt ligger 5 av 15 biler, tilsvarende 33,3 %, under kravene om samsvar.



4.2 Statistikkberegninger på fiberinnholdet i plastfiberarmert betong

Det er gjort prøver av plastfiberarmert betong med plastfibermengde på 7 kg/m^3 . Prøvene er gjort av sprøytebetong i den nye tunnelen mellom Økern og Sinsen. Det foreligger 8 prøver og innblandingsmetoden er direkte i bil fra sekk.

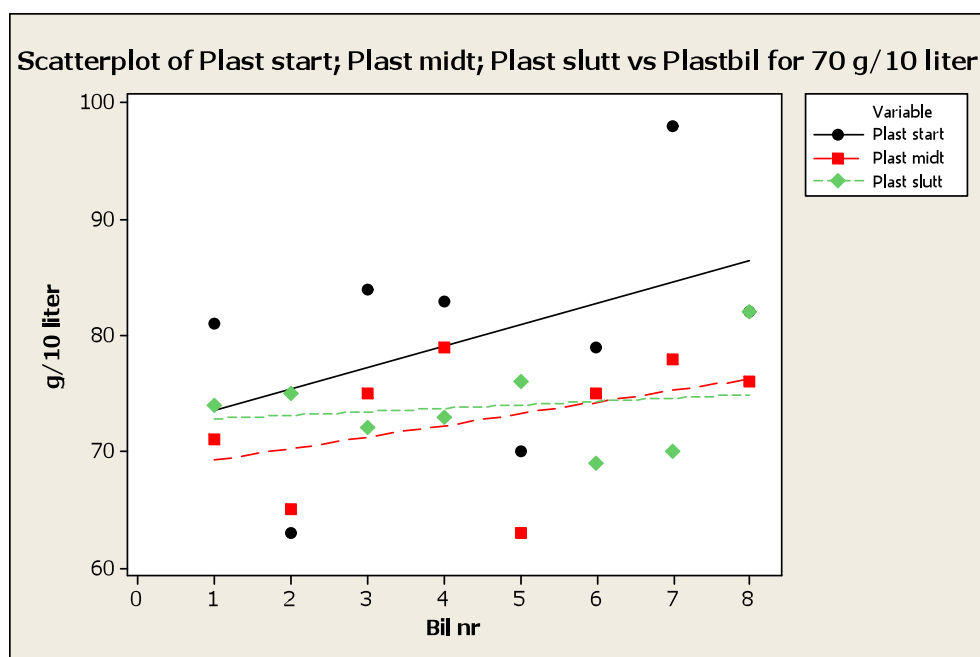


Figure 23: Resultater fra plastfiberprøvene.

Svart, rød og grønn viser resultatene fra henholdsvis start, midt og slutt av de 8 bilene.

Det er utført variansanalyse på resultatene fremkommet av prøvene. Det ser ut til at det er mest avvik fra spesifisert fibermengde i starten av lasset og minkende avvik fra spesifisert fibermengde mot slutten av lasset. Dette samsvarer delvis med resultatene Vegvesenet fikk i 2005 der de fant mest fibermengde i starten av lasset og minst i midten.

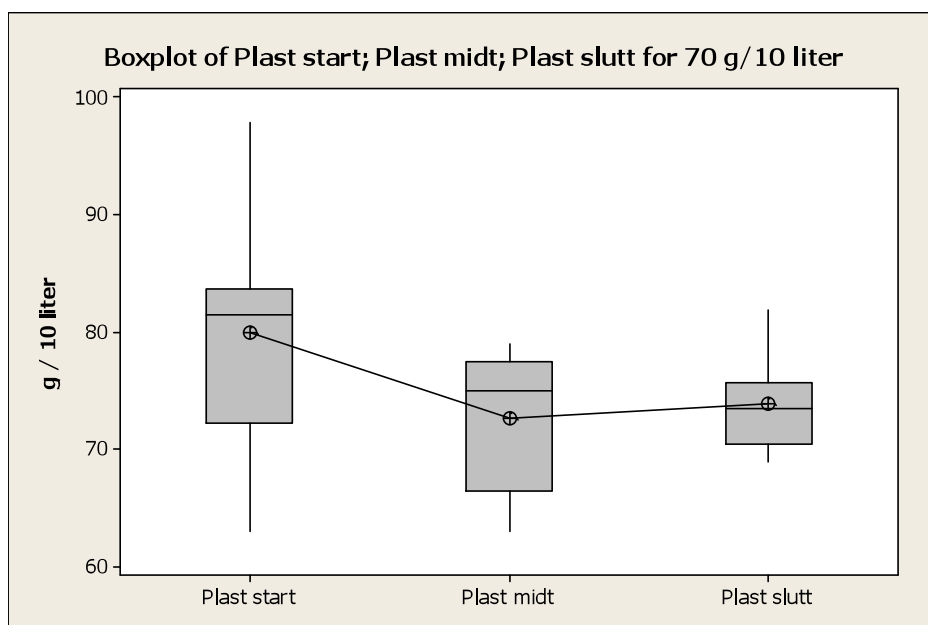


Figure 24: Variansanalyse av plastfiber.

Den tynne vertikale streken viser yttergrensene til mengdene. Den grå boksen viser Q1 –Q3, sirkelen med kryss viser gjennomsnittet og den horisontale streken inne i den grå boksen viser medianen. Vi kan se at avvikene fra spesifisert fibermengde på 70 g/10 liter minker mot slutten av betongbilen.

Det viser seg at de største avvikene ligger i starten av bilen. Kravet om samsvar til enkeltprøver ser likevel ut til å bli oppnådd, da de største avvikene er over spesifisert fibermengde.

Table 5: Resultater plastfiberarmert betong, fiberinnhold 7 kg/m³

	Plastfiber 7 kg/m ³			Gj.snitt	% av tilført
	start	midt	slutt		
Bil 1	81,0	71,0	74,0	75,3	107,6
Bil 2	63,0	65,0	75,0	67,7	96,7
Bil 3	84,0	75,0	72,0	77,0	110,0
Bil 4	83,0	79,0	73,0	78,3	111,9
Bil 5	70,0	63,0	76,0	69,7	99,5
Bil 6	79,0	75,0	69,0	74,3	106,2
Bil 7	98,0	78,0	70,0	82,0	117,1
Bil 8	82,0	76,0	82,0	80,0	114,3
Gj.snitt	80,0	72,8	73,9	75,5	
% av tilført	114,3	103,9	105,5		107,9

Tilsatt
mengde: 70 g/10 liter



Table 5 er presentert på samme måte som Vegvesenet presenterte sine resultater på fordeling av fiber i betong i 2005. Dette er gjort for å direkte kunne sammenligne resultatene fremkommet fra 2005 og resultatene fremkommet av feltforsøk i denne oppgaven. Det gjøres oppmerksom på at prøvestørrelsen var vesentlig mindre i 2005. Dette kan også gjenspeiles i resultatene, da det totale avviket på 107,9 % i resultatene gjort i denne masteroppgaven viser seg å være mindre enn i forsøkene fra 2005 (114,4 %).

En kan ut ifra Table 5 lese at ingen av prøvene ligger under kravet om samsvar for gjennomsnittet av de tre prøvene pr bil. Ingen av prøvene ligger heller under kravet om samsvar for enkeltprøver. Alle prøvene i denne forsøksserien tilfredsstillr de nye kravene.



5. Diskusjon

5.1 Innblandingen

Innblandingsmetoden som er brukt i samtlige forsøk tilsvarer dagens mest brukte metode for å blande inn fiber i betong på, fiber innblandet direkte i bil fra sekk.

Det ble forsøkt funnet prosjekter med andre innblandingsmetoder enn å blande fiber direkte i bil fra sekk, men dette lot seg ikke gjøre i den aktuelle forsøksperioden.

Det er lagt vekt på at prøvene som er gjort til denne oppgaven har den spesifiserte fibermengden og at ingen avrunding ved innblanding er gjort. Dette for å kunne eliminere feilkilden om at fibermengden blandet inn i betongen ikke er kjent. Det er derfor tilsatt hele sekker med fiber på hele kubikk med betong.

Innblåsningsmetoden av fiber er dyrere enn å ha sekker direkte på bilen og kan være noe av årsaken til at den ikke er i bruk i noen utstrakt grad i dag. Innblåsning kan likevel være lønnsomt i det lange løp, og hvis den nye fiberveiledningen får rotfeste i bransjen, kan innblandingsmetoden være noe av det betongprodusenten vil satse mer på for å redusere hyppigheten av prøvingen av den fiberarmerte betongen. Over tid kan en få en mer økonomisk og ikke minst sikker måte å blande inn fiber på ved å se på innblandingsmetoden.

Det samme vil gjelde innblanding av fiber i blandemaskin på blandeverket. Denne metoden er heller ikke like utstrakt som direkte i trommel på bil. Da det kan kreve endringer på dagens produksjonsutstyr og at det pr dags dato ikke er noe krav til type innblanding av fiber i betong, blir ikke denne metoden brukt i like stor grad.

Det kan se ut til at det er vanskelig å endre innblandingsrutinene dersom de ikke gir noen økonomisk gevinst eller gir en eller annen form for prekvalifisering.

I den nye veiledningen til bruk av fiberarmert betong er det satt et foreløpig forslag om krav til innblanding av fiber i blandemaskin for fiberarmert betong som skal brukes i bærende konstruksjoner. Dette vil forhåpentligvis minske variasjonen som er beskrevet i resultatene i denne oppgaven og ytterligere redusere fiberballing, da både fiberballing og avvik i variasjon utover det tillate kan medføre retur av den fiberarmerte betongen. Det blir på den måten satt



press på bransjen til å endre rutinene ved bruk av fiberarmert betong til det tryggere med tanke på fiberfordeling og fiberballing. I tillegg kommer kanskje den viktigste effekten av å blande fiber inn i blandemaskinen, en utskrift av tilført fibermengde. Dette er en prosess som da går automatisk, og som ikke er avhengig av personer som tilsetter sekker med fiber i trommelen i etterkant. Man eliminerer dermed en av de største feilkildene, den menneskelige svikten som alltid kan forekomme, med å tilføre for få sekker med fiber i trommelen. Med krav om innblanding i blandemaskin kommer og krav om utskrift av tilført mengde fiber.

Ved å sette kravene som kommer i den nye veiledningen til bruk av fiberarmert betong, blir betongprodusenten på en måte ”forhåndsgodkjent” eller ”prekvalifisert” på kompetanse og metode. Dette er en liten vri på systemet de bruker i Frankrike der hvert byggeprosjekt som skal benytte seg av fiberarmert betong blir godkjent etter CSTB, Centre Scientifique et Technique du Batiment, på bakgrunn av tester. (33) Det settes i tillegg krav til entreprenøren om utførelsen av en slik type betong som en slags ”forhåndsgodkjenning” i den nye norske veiledningen til bruk av fiber.

5.2 Feilkilder

Det ble ikke tatt prøver av betongen med tanke på luft, slump, utflyt og andre egenskaper utover hva som er gjort på blandeverk beskrevet på betongseddelen. Dette var noe som ble bemerket av COIN komiteen (6) underveis, men som ikke var hovedmålet til oppgaven og ble derfor heller ikke valgt gjennomført for resten av forsøkene, da det bare har vært en person til å gjennomføre forsøkene. Intensjonen var å gjøre flest mulig gjentakelser.

Blandetid er en faktor som ikke er spesifisert i forsøkene og som ikke har latt seg registrere. Det som derimot er registrert er at avstanden fra blandeverket til byggeplassen er lengre (totalt 25 km) på den plassen der prøvene av plastfiber er gjort enn der prøvene av stålfiber (totalt 6,5 km) er gjort. Det kan generelt sies at det er stor variasjon i hvilken hastighet betongbilsjåføren har på trommelen under transporten til byggeplass og hvor lenge og under hvilken hastighet trommelen blir kjørt også på byggeplassen, noe som kan ha innvirkning på fordelingen.



5.3 Prøvemethodene

Prøvemethodene som er brukt er et sammendrag av metode utviklet gjennom denne masteroppgaven, tidligere prøvemethoder og erfaringer, tidligere standarder og veiledninger og anbefalinger fra betongmiljøet. Prøvestørrelsen har etter sterke anbefalinger blitt økt fra et par liter til konsekvent 10 liter. Prøvemethodene ser nå ut til å skille ut alle fibre fra den ferske betongmassen.

Fiber produsert forskjellige steder vil gi forskjellige prøveresultater også på fordeling. (33) Dette kan bety at det ikke går an å sammenligne resultatene fra denne masteroppgaven direkte med resultatene fra Vegvesenets rapport fra 2005.

Den fjerde prøven, vist i vedlegg 8 med tallmaterialene, er tatt etter passering av pumpe slangene ved noen av betongbilene og verifiserer at det ikke er noe tap av fiber etter pumpeprosessen.

Hyppigheten av prøvingen er foreløpig foreslått i den nye veiledningen til bruk av fiber i betong til hver påbegynte 200 m³ eller for hvert påbegynte støpeskift. Dette er et forslag som fortløpende vil bli vurdert. Det er mange betonglass på 200 m³, så denne hyppigheten kan virke til å være nokså sjelden.



5.4 Muligheter med bruk av fiberarmert betong

Muligheten med fiber som armering i betong er et alternativ til tradisjonell armering, og kan se ut til å bli lettere å benytte i flere konstruksjoner når den nye veiledningen til bruk av fiber kommer ut. Prøveresultater viser effekter av fiber opptil 2,14 ganger hva en regner med. (42) Sikkerhetsfaktorer bør klart benyttes og bruken skal selvsagt ikke gå på bekostning av liv og helse, men man kan se på mulighetene som finnes med bruk av fiber i betong. Man skal òg være oppmerksom på at fibermengden som blir benyttet i dag er for liten til å brukes i bærende konstruksjoner og utspillene og anbefalingene om at langtids E-mod for plastfiber ikke er bra nok til å kunne brukes i slike konstruksjoner. Derfor bør den nye veiledningen bli tatt godt imot, slik at entreprenører og byggherrer kan se nytten og mulighetene ved bruk av fiber i betong, og samtidig være klar over begrensningene.

Fiber kombinert med forskalingsplata Cofraplus 77, som på Jessheim, ser ut til å være en god kombinasjon. Her tar forskalingsplata seg av både forskaling og armering i dekket og fibre bidrar med å hindre oppriss av betongen. Dette kan være en start for bruk av fiber i mer bærende konstruksjoner enn hva en bruker i Norge i dag.

Det er gjort fullskalaforsøk på å støpe bygg i fiberarmert betong i militærleiren på Rena med suksess. Når en i tillegg ser på resten av Europa hvor det er bygget høyhus der fiberarmert betong er benyttet i kombinasjon med stangarmering som bærende konstruksjon, er dette et materiale man bør kunne se nærmere på og se på muligheten for å utvide bruken av.



5.5 Resultatene

Fibermengden som er brukt i forsøkene i denne oppgaven viser seg å være fibermengder som lett lar seg arbeide med og som de utførende vet hvordan de skal behandle. Fiberballing er mer eller mindre fraværende og det virker som om betongprodusenten har god kontroll på fiberarmert betong.

Det er likevel registrert avvik av fiber fra spesifisert mengde innad i betonglasset til bilene med stålfiberarmert betong. 1/3 av bilene med stålfiberarmert betong det er gjort forsøk på, tilfredsstillende ikke kravet om samsvar. Hadde det vært en tilsvarende øvre grense for kravet om samsvar, altså maks 10 og 15 % avvik også over spesifisert mengde, hadde resultatene sett annerledes ut. Med et slikt krav kunne hele 53 % av bilene måtte blitt sendt i retur. Det skal understrekes at kravet som er satt er et forslag.

Prøvene utført på plastfiberarmert betong viser seg alle å tilfredsstillende kravene om samsvar, selv om noe avvik er registrert. Hadde det her vært en øvre grense som beskrevet i avsnittet over, ville derimot 62 % av prøvene ikke tilfredsstillende kravene.

Som beskrevet av Prisco har Modell Code lagt inn en samlet sikkerhetsfaktor på 1,5 for å ta hensyn til variasjonen som oppstår i fiberfordeling i betongen og likevel kunne gjøre beregninger på fiberarmert betong i bærende konstruksjoner. Det vil derfor ikke være noen krise så lenge en er klar over denne variasjonen og den blir tatt hensyn til i sikkerhetsfaktorer. Det er i den nye norske fiberveiledningen lagt inn materialfaktorer og faktor for fiberorientering for å ivareta sikkerheten. Det foreligger foreløpig ingen sikkerhetsfaktor for mengde fiber i betongen.

Variasjonen som er funnet i feltforsøkene kan på en måte sammenlignes med bunting av armeringsjern. Ved bruk av kamstål forekommer bunting av jerna for å kunne fylle betong mellom armeringsjerna og praktisk kunne støpe konstruksjonen. Det er med andre ord ikke sikkert det er noen krise at det ikke er fullstendig lik mengde med fiber gjennom lasset på bilen.

Det er diskutert hva som skal være godkjent avvik i fiberinnhold i den nye veiledningen for bruk av fiber: et prosentvis avvik, avvik i kg eller avvik som beskrevet i den tyske standarden. Et avvik i kg ble raskt forkastet og det stod mellom et prosentvis avvik og det prosentvise



avviket beskrevet i den tyske standarden. Det endte foreløpig med kravet som også er satt i den tyske final draft standarden:

- Gjennomsnitt av n resultater: større enn eller lik $0,9 \cdot$ nominell fiberinnhold.
- Hvert testresultat: større enn eller lik $0,85 \cdot$ nominell fiberinnhold.

Dette er et krav som er satt slik at betongprodusenten har noe å strekke seg etter. Det er diskutert i samband med betongprodusenter, fiberprodusenter og utførende aktører som en overkommelig, men streng nedre grense.

Det er likevel en svakhet med kravene angitt i den nye standarden for bruk av fiber. Kravet sier noe om den nedre grensen, men ingenting om noen øvre grense. Det vil med andre ord si at et avvik merkbart høyere enn spesifisert mengde ikke får noen innvirkning på kravet om samsvar. Et ”triks” fra betongprodusentene kan da bli å tilføre mer fiber pr kubikk for å unngå undermålere. Dette blir noe dyrere, men man reduserer muligheten for å måtte sende bilen i retur betraktelig. Det blir da redusert fare for undermålere, men ingen utvikling i metoder. Et stort avvik over spesifisert mengde en plass i lasset, vil muligens gi tilsvarende avvik, eller noe mindre, under den spesifiserte mengden et annet sted i lasset.

Avvik i fiberfordeling kan komme av at stålfibre har en tendens til å synke, mens plastfibre har en tendens til å flyte i betong. Samtidig som at trommelen er skråstilt og innblandingen skjer ved at betongen skrues nedover mot førerhuset, kan dette gjøre at plastfibre flyter mer opp og er overrepresentert og har mer variasjon i avvik i starten av lasset med plastfiberarmert betong, mens stålfibre synker og er overrepresentert og har mer variasjon i avvik i slutten av lasset med stålfiberarmert betong. Det skal og sies at resultatene med plastfiber er gjort av sprøytebetong der tilslagsstørrelsen er betydelig mindre enn i normalbetong.





Figure 25: Betongbil med trommel hellende mot førerhytta. (43)

Som beskrevet av Vegvesenet i sin rapport nr 2409, gir SP stoff en reduksjon i fiberballing. Dette er en interessant oppdagelse og en oppdagelse det går an å trekke videre til å vurdere hvorvidt SP stoff eller andre tilsetningsstoffer (TSS) kan ha innvirkning på fiberfordelingen i betong. En påvirkning av TSS på for eksempel flyteevnen til fiber i betong ville mest sannsynlig gi resultater med mindre

avvik i tilsvarende forsøk som er gjort i feltarbeidet i denne oppgaven. Produktavdelingen for TSS i Rescon Mapei er kontaktet, og de kan bekrefte at de ikke hadde vært borte i et slikt TSS.

Det finnes en rekke forskjellige innblandingsmetoder for fiber, og det er gjennom denne oppgaven også kommet inn forslag som å tilsette fiber i det samme momentet som man heller betongen av bilen eller i munnstykket til sprøyteriggen som med andre tilsetningsstoffer der sprøytebetong brukes. Det presiseres at de tre metodene som er beskrevet i litteraturstudiet i denne oppgaven er en samlebetegnelse for de innblandingsmetoder som brukes i Norge i dag. Fiber- og betongprodusentene har dette som innarbeidede metoder og det er derfor ikke forsøkt noen innblandingsmetode utover de tre beskrevne metodene.

Resultatene fra forsøkene i denne oppgaven ligner resultatene utarbeidet av Statens Vegvesen. Det ser ut til at variasjonen er noe mindre i resultatene i denne masteroppgaven. Dette kan skyldes prøvestørrelsen som er opptil 10 ganger så store som i forsøkene til Statens Vegvesen, samt at fibrene mest sannsynlig er produsert på forskjellige steder og at resultatene da ikke er direkte sammenlignbare.

6. Konklusjon

Feltarbeidet i denne oppgaven har gitt svar på problemstillingen som lå til grunn for denne masteroppgaven om hvordan fordelingen av fiber er i fersk fiberarmert betong. Det viser seg å være forskjell på stål- og plastfiber med tanke på fordelingen i betong. Følgende slutninger kan antydes:

- I stålfiberarmert betong med fiberinnhold på 25 kg/m^3 , øker avviket i fiberinnhold fra spesifisert fibermengde mot slutten av betonglasset.
- I plastfiberarmert betong med fiberinnhold på 7 kg/m^3 , minker avviket i fiberinnhold fra spesifisert fibermengde mot slutten av betonglasset.
- 33 % av prøvene med stålfiberarmert betong tilfredsstill ikke det foreløpig kommende kravet på fiberinnhold $\geq 0,85 \times$ spesifisert fibermengde på enkeltprøver og $\geq 0,9 \times$ spesifisert fibermengde på en forsøksserie på tre prøver pr bil. I de tilfeller der fiberarmert betong er spesifisert i bærende konstruksjoner vil det derfor, i samsvar med den nye veiledningen for bruk av fiberarmert betong, bli krav om kontrollert innblanding i blandemaskin, som også sikrer dokumentasjon av tilførte fibre.
- Samtlige prøver av plastfiberarmert betong tilfredsstilte kravene.
- Fiberarmert betong benyttet sammen med moderne forskalingssystemer som Cofraplus 77 ser ut til å være en rasjonell måte å utføre støpearbeid på, selv om fibre kun står for svinnarmering.
- Målsetningen om en effektiv prøvemethode for å skille både plast- og stålfiber fra betong ble nådd, og metodene beskrevet under feltarbeid viste seg å være formålstjenelige. Prøvestørrelsen er større enn tidligere, men likevel håndterbar.



7. Videre arbeid

For videre arbeid kan en se mer på forskjellige typer fiber og de forskjellige innblandingsmetodene som finnes for fiber for å kunne finne ut mer om fordelingen generelt. Det kan spesielt være interessant å se på innblanding av fiber i blandemaskin på blandeverket, som etter den nye veiledningen blir et foreløpig krav til fremtidige betongkonstruksjoner armert med fiber.

Det kan som videre arbeid vurderes å legge mer vekt på volumprosent luft, slump, densitet og andre egenskaper og spesifikasjoner til betongen i tillegg til fiberfordelingen. Dette var noe som ble bemerket av COIN komiteen (6) underveis i prøvingen og kan gi bedre svar på hvorfor fordelingen er som den er. Det anbefales da å være flere enn en person om en slik oppgave.

Det kan være nyttig å forsøke lage en trommel i liten skala og undersøke mulighetene med å legge lokk på trommelen og skru betongmassen også oppover ved innblanding av fiber direkte på bil. Dette kan gi andre resultater på fordelingen av fiber i betongmassen og forklaring på hvordan fibre oppfører seg i betongmassen i trommelen og om fibre synker og flyter.

For videre arbeid kan det være interessant å ta prøver av fiberarmert betong med fibermengder større enn hva som er gjort i denne oppgaven. Dette vil være mer realistisk med tanke på økende fibermengde i fiberarmert betong beregnet for bærende konstruksjoner.

Metodene som er brukt til å skille fiber fra fersk betongmasse, både på plast- og stålfiber, har fungert bra og er å anbefale til videre arbeid innen samme tema.



8. Figurliste

Figure 1: Fiber og rissvidde.....	3
Figure 2: Stålfiber fra Arcelor Mittal	4
Figure 3: Plastfiber (11).....	6
Figure 4: Brannfiber fra Elastoplastic (13).....	6
Figure 5: Noen vanlige fiberformer. (10).....	7
Figure 6: Limte fiber fra Bekaert.....	8
Figure 7: Nyutlagt betongoverflate før og etter dissing. (17).....	9
Figure 8: Fiberrulle minsker faren for fiberoppstikk. (18).....	10
Figure 9: Maskindrevet pusseheliokopter.	10
Figure 10: Endelig finish oppnås etter noen runder med pussemaskinen. (19).....	11
Figure 11: Effekten av tilslagets størrelse på fiberfordelingen. (21).....	11
Figure 12: Fjernstyrt sprøyting av tunneltak.(30).....	14
Figure 13: Bewi veggforskaling fylt med med 30 kg/m ³ stålfiberarmert betong.....	16
Figure 14: Cofraplus 77 dekkeforskaling fylt med 35 kg/m ³ stålfiberarmert betong. 5,2 meter spenn.....	16
Figure 15: Innblåsing av fiber.(19).....	19
Figure 16: Stålfiberskiller.....	20
Figure 17: Magneten på døren samler opp all fiberen.....	21
Figure 18: Thaulowbøtta. Størrelse 10 liter.....	25
Figure 19: Utstyr for plastfiberskilling.....	28
Figure 20: Fibrene tørkes før de veies.....	29
Figure 21: Resultater fra stålfiberprøvene.....	31
Figure 22: Variansanalyse av stålfiber.....	32
Figure 23: Resultater fra plastfiberprøvene.....	34



Figure 24: Variansanalyse av plastfiber.	35
Figure 25: Betongbil med trommel hellende mot førerhytta. (43)	43

9. Tabeller

Table 1: Tekniske data for stålfiber type HE 1/50 levert av Arcelor Mittal.....	5
Table 2: Tekniske data for plastfiber type Shogun levert av Barship	5
Table 3: Ulike fremstillingsmetoder for stålfiber. (10)	7
Table 4: Resultater stålfiberarmert betong, fiberinnhold 25 kg/m ³	33
Table 5: Resultater plastfiberarmert betong, fiberinnhold 7 kg/m ³	35



10. Referanser

- (1) Seehusen, J. (2009) Teknisk ukeblad, desember. Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/bygg/article228075.ece>. Lest 27.1.2010.
- (2) <http://www.betongost.no/betongprodukter/donn-armert/14-produktark/56-donn-armert-boliggulv> Lest 17.2.2010
- (3) Brandt, M. 2008: *Fibre reinforced cement-based (FRC) composites after over 40 years of development in building and civil engineering*
- (4) Shah, S. P.; Skarendahl, Å. (1985): *Steel fiber concrete*. Preface. US-Sweden Joint seminar (NSF-STU, Stockholm Sweden).
- (5) Clarke, J. L., Vollum, R. L., Swannell, N. et al. (2007). *Technical Report No. 63. Guidance for the Design of Steel-Fibre-Reinforced Concrete*. Report of a Concrete Society Working Group. UK.
- (6) COIN komiteen 2010, for ny norsk veiledning til bruk og dimensjonering av fiber, bestående av: Terje Kanstad, Sindre Sandbakk, Åse Lyslo Døsland, Dan Arve Juvik, Hadda Vikan, Arne Vatnar, og Alf Egil Mathisen.
- (7) Sandbakk, S. Lauvålien, K. (2007): *Fiberarmerte betongkonstruksjoner med stål- og syntetiskfiber. Masteroppgave*.
- (8) Dyrhaug, G., Sørhøy, C. (2008): *Syntetisk fiberarmert betong, Støpeteknikker, fiberorientering og fordeling*.
- (9) <http://www.veidekke.no/norge/nyheter/article17547.ece?tipAFriend=true>, lest 28.1.2010
- (10) Kanstad, T. et al. (2010): *Foreløpig ny fiberveiledning, våren 2010*.
- (11) Byggeindustrien, (2008): Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/id/34078>, lest 10.5.2010
- (12) Brannfiber, Meyco Fib PP 6/18 M, varedeklarasjon 2010.
- (13) <http://www.elastoplastic.com/english/products.htm>
- (14) Bekaert, fiberprodusent (2009): *Product data sheet Dramix 65/35*.
- (15) Juvik, D.A. (2009/2010) Rescon Mapei, personlig kommunikasjon.
- (16) Dahl, R, Uglestad, O, (2005): *Dokumentasjon av spredning i fiberinnhold*, Teknologirapport nr 24, tilgjengelig fra <http://www.vegvesen.no/binary?id=15096> Hentet 11.1.2010.
- (17) <http://www.betongost.no/nyttig-a-vite/stoping-av-gulv/1-nyttig-a-vite/8-stoping-av-sale-og-gulv> lest 25.2.2010



- (18) <http://www.betonova.se/documents/22852122820060305193312.jpg> lest 10.5.2010.
- (19) http://www.twintec.co.uk/process_technique.asp lest 10.5.2010.
- (20) <http://byggutengrenser.no.s7.subsys.net/fordeler/frostbestandighet>
- (21) Vikan, H. (2007): SINTEF report, *Concrete workability and fibre content*.
- (22) NS – ENV 206. 1995: *Betong, Egenskaper, fremstilling, støping og samsvarskriterier*.
- (23) Deutscher ausschuss für stahlbeton (2008): *DAfStb Recommendations for Steel Fibre Concrete*
- (24) Sandbakk, S. Lauvålien, K. Stenvaag, G.H (2006): *Fiberarmerte betongkonstruksjoner. Prosjektoppgave*.
- (25) Paulsen, O.R, veidekke magasin nr 5, (2008): Tilgjengelig fra http://www.veidekke.no/multimedia/archive/00013/Veidekke_Magasin_nr_13534a.pdf lest 10.5.2010
- (26) Saga, P, Østvold, A, (2009): *Fastholdt svinn i fiberarmert betong ved bruk av ringtesten*
- (27) Paulsen, O.R, Veidekke Magasin nr 5, (2007): Tilgjengelig fra http://www.veidekke.no/multimedia/archive/00010/Veidekke_Magasin_nr_10266a.pdf Lest 7.1.2010
- (28) Bengtsson J, Sigström D. (2007): *Stålfiberarmert betong - En økonomisk jämförelse*, Institutionen för bygg- och miljöteknik CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA GÖTEBORG 2007 Examensarbete 2007:54
- (29) Seehusen, J. (2008): Teknisk ukeblad. Tilgjengelig fra <http://www.tu.no/bygg/article187723.ece> lest 7.1.2010.
- (30) www.betongsproyting.no/imgs/galleri/brannsikring/Risnestunnelen19.JPG lest 10.5.2010
- (31) Alf Egil Mathisen 2009: *Påstøp på hulldekker*
- (32) Plattendekker, tilgjengelig fra <http://www.spenncon.no/informasjon.asp?meny=6,196,305,306,316> lest 10.5.2010.
- (33) Borderon, A. (2010): Arcelor Mittal, personlig kommunikasjon.
- (34) Homleid, Å. (2010): Byggeindustrien nr. 1, *Boliger i stålfiberbetong*.
- (35) Bewi forskalingssystem, tilgjengelig fra http://www.bewi.no/index.php?mact=News.cntnt01_detail,0&cntnt01articleid=2&cntnt01returnid=51&cntnt01returnid=51&hl=nb_NO lest 17.2.2010



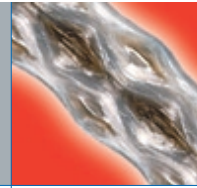
- (36) Forskalingsystem PEVA 45, tilgjengelig fra http://lasso.norbye.no/weblicate/lasso/alsvag.no/resources/Brosjyre_Peva-45.pdf lest 11.03.2010
- (37) Skjæret, S (2010) Betong Øst, personlig kommunikasjon.
- (38) Prisco, M., Plizzari, G., Vandewalle, L. 2009: *Fibre reinforced concrete: new design perspectives*
- (39) Rescon Mapei, (2008): *produktblad Steelfibre 65/35* Tilgjengelig fra http://www.gecon.no/filestore/steelfiber_65-35.pdf lest 10.5.2010.
- (40) Petersen. B.G. (2009): Unicon, personlig kommunikasjon.
- (41) Mathisen, A. E. (2009/2010): Veidekke, personlig kommunikasjon.
- (42) Leirud, N. (2010): Bekaert, personlig kommunikasjon.
- (43) <http://www.storegga.as/Betong/Bilder/Betongbil.jpg> lest 10.5.2010.
- (44) Lindland, J. (2004), Stærk & co: *Veiledning i metoder for utbedring av karbonisert betong i verneverdige bygninger*. Tilgjengelig fra http://riksantikvaren.no/filestore/betong_veil.pdf lest 10.5.2010.
- (45) <http://www.arbeidstilsynet.no/artikkel.html?tid=79446#1> Lest 14.1.2010.
- (46) http://www.nilu.no/index.cfm?ac=topics&folder_id=4429&text_id=26793&view=text. Lest 8.2.2010.
- (47) UNICON (2003): *HMS-datablad, fersk fabrikkblandet betong*. Tilgjengelig fra <http://www.unicon.dk/9B41BF1D-04E2-41B9-B1E4-FCD4A528D892> lest 10.5.2010.
- (48) Brandt.O et al. (1995) Dansk betonforening. Publikation nr. 43. : *Praktisk anvendelse af fiberbeton*.



11. Vedlegg

Vedlegg 1: Plastfiber	4
Vedlegg 2: Stålfiber.....	4
Vedlegg 3, Bergninger og bilder av cofraplus 77.....	17
Vedlegg 4: Prinsippskisse, snitt av stålfiberskilleren.	21
Vedlegg 5: Doseometer	21
Vedlegg 6: HMS ved kontakt med fersk betong	24
Vedlegg 7: Betongsedler.	30
Vedlegg 8: Tallmateriale fra alle prøvene.	30





Vedlegg 1

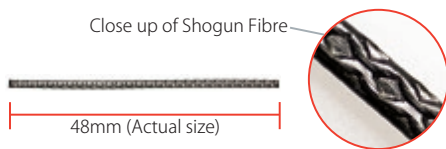
Product Name

SHOGUN

epc Elasto Plastic Concrete

Description

Barchip "Shogun" is a Structural Synthetic fibre reinforcement added to concrete and shotcrete to replace welded wire reinforcing mesh and steel fibres.



Product Features

Characteristics	Material Property
Base Resin	Polyolefin
Length	48mm
Tensile Strength	550 MPa
Surface Texture	Continuously embossed
No. fibres per kg	>35,000
Specific Gravity	0,90-0,92
Youngs Modulus	10 GPa
Melting Point	150-165°C
Ignition Point	Over 450°

Benefits

- Flexural toughness equal to steel
- Long term durability ~ corrosion free
- Safer and lighter to handle than steel
- Reduced fire damage ~ anti-spalling
- Reduced wear on concrete pumps and hoses

Dosage

Barchip "Shogun" fibre can be dosed between 2 to 20 kg/m³ depending on project requirements. Typical dose rates fall in the range of 3 kg/m³ for concrete floors and 5 kg/m³ for shotcrete applications in normal ground conditions. Please ask your representative for assistance in determining fibre addition rates.

Mixing

Barchip "Shogun" fibre is best added to the batching process following the instructions detailed on EPC's "Technical Procedure: Batching and Mixing" information sheet. Barchip is packaged in a water soluble paper bag. It is recommended that the bag and contents are added to an empty agitator prior to loading other materials. Barchip disperses uniformly following 5 minutes of mixing. Dose rates in the range of 7 kg/m³ may reduce slump by approximately 20mm.

Pumping

Barchip "Shogun" fiber can be pumped through 50mm rubber hoses without difficulty. Precaution should be taken to ensure the fibres can pass freely through the pump hopper grate.

Handling and Storage

- 5 kg degradable paper bag.
- Bulk bags available on request.

Store protected from the weather.

For safety please refer to EPC's Material Safety Data Sheet.



Product Data Sheet

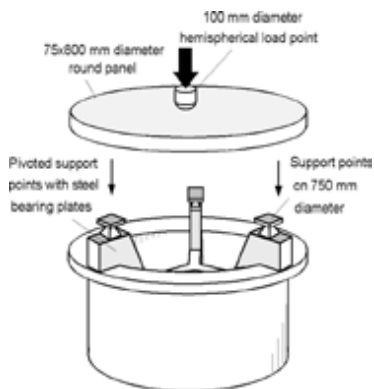
Testing

ASTM C 1550 round "determinate" panel

Suitable for analysis of concrete used in the following applications:

- Shotcrete
- Concrete Wall Construction
- Precast Products

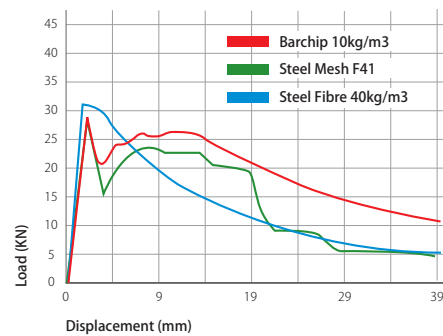
ASTM C1550 round panel test offers designers, contractors and owners several important advantages over alternative forms of post-crack performance assessment. The most important of these is the low variability in sample results due to the repeat ability of the cracking pattern, but other advantages include the elimination of saw cutting during specimen production and the use of easy to prepare form work.



The test involves applying a point load at the centre of a round panel measuring 800mm x 75mm centred on three symmetrically arranged pivots located on a 750mm diameter circle. The loading piston is advanced at a constant rate of 4mm/min. The test proceeds to a total central deflection of 40mm after which the energy absorbed by the specimen (Joules) is measured as the area under the load-deflection curve.



The load-deflection graph typical of panels reinforced with steel mesh, steel fibre and Barchip fibre is show below.



Reinforcing Material	ASTM C1550 Energy Absorption @40mm displacement
Steel Fibre 40 kg/m3	522 Joules
Steel Mesh (500 Mpa 4mm wire 100mm centres)	475 Joules
Barchip Shogun 10 kg/m3	687 Joules

Other test result information is available on:

- Fire Resistance ~ anti-spalling
- Long Term Durability ~ superior to steel fibre



ArcelorMittal

Vedlegg 2

Technical Data Sheet

Hooked-End Steel Fibres

HE 1/50

Dimensions

▶ Wire diameter d	1,00 mm	± 0,04 mm
▶ Fibre length L	50,0 mm	+ 2/-3 mm
▶ Hook length l et l'	1 - 4 mm	
▶ Hook depth h et h'	1,80 mm	+1/-0 mm
▶ Bending angle α et α'	45°	min.30°
▶ Aspect ratio L/d	50	
▶ Camber of the fibre		max. 5% of L'
▶ Torsion angle of the fibre	< 30°	
▶ Number of fibres per kg	3100	
▶ Total fibre length per 10 kg	1575 m	

Packaging

- ▶ Recyclable cardboard boxes
- ▶ Net weight / Box 25 kg
- ▶ Boxes / Palette 48
- ▶ Weight / Palette 1200 kg
- ▶ The fibres are oriented in one direction
- ▶ Palettes are wrapped or welded in a plastic folio
- ▶ Available also from stock in Big Bags of 500 kg

Miscellaneous

The described fibre is in accordance with the following standards:

- ▶ EN 14889-1 type 1, cold-drawn wire
- ▶ ASTM A820/A820M-04 type I, cold-drawn wire

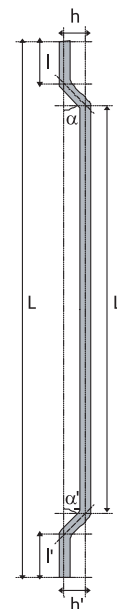
Data given in this leaflet are liable to change and are given without obligation. Edition: May 2008

ArcelorMittal Wire Solutions

B.P. 16 L-7703 Bissen
Tel : 352 82 57 73 1

Material characteristics

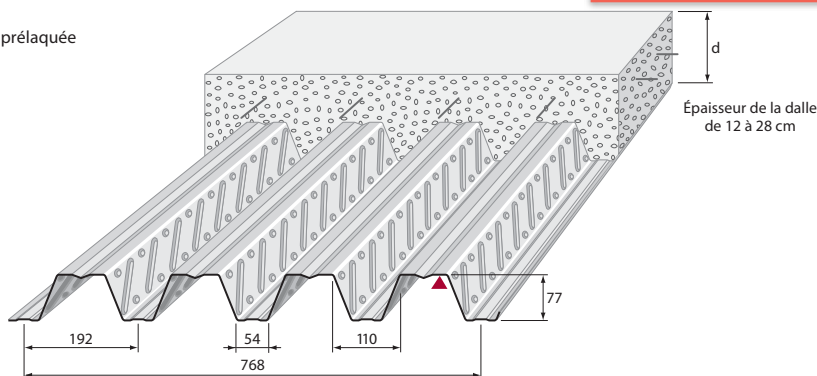
- ▶ Tensile strength of drawn wire 1100 N/mm²
- ▶ Rod wire C4D or C7D according to EN 10016-2



CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES

Vedlegg 3

▲ Face prélaquée



APPLICATIONS

Cofraplus 77 est un profil nervuré cranté latéralement destiné à la construction de dalles béton.
Cofraplus 77 évite le décoffrage, allège le plancher et économise une nappe d'armatures.

Cofraplus 77 est spécialement conçu pour les ouvrages à surcharges modérées et portées moyennes.
Les planchers sur vide sanitaire doivent être visitables et ventilés.

DÉFINITIONS / NORMES

Identification de l'acier

- Norme NF EN 10326 : "bandes et tôles en acier de construction revêtues en continu par immersion à chaud".
- Norme XP P 34-301 : "Tôles et bandes d'acier de construction galvanisées prélaquées ou revêtues d'un film organique contrecollé ou laminé, destinées au bâtiment".
- Norme EN 10169-3 : "Produits plats en acier revêtus en continu de matières organiques (prélaqués) - partie 3 : produits pour applications intérieures dans le bâtiment".
- Acier : S350 GD selon norme NF EN 10326.

Coffrage

Cofraplus 77 sert de coffrage porteur, entre solives dans la pose sans étau, ou entre files d'étais et solives.
Sa légèreté facilite la manipulation d'éléments de grand format livrés à longueur jusqu'à 15 mètres.

Armature

Le crantage latéral scelle le profil autour des nervures moulées en sous-face de la dalle béton des planchers.
Comme armature, Cofraplus 77, en épaisseur 0,75 mm apporte 11,10 cm²/ml ou 15,00 cm²/ml d'acier en épaisseur 1,00 mm dans le sens porteur du plancher.

Revêtement

- galvanisé Z 275.
- galvanisé prélaqué :
 - Intérieur 12 :
 - catégorie II selon XP 34-301
 - catégorie CPI2 selon EN 10169-3
 - Hairplus® 25 :
 - catégorie IIIa selon XP 34-301
 - catégorie CPI3 selon EN 10169-3
- Autres revêtements : sur consultation.

Réglementation

- Suivant Avis Technique N° 3/07.528* 01 Add.

Versions

- Deux versions sont disponibles :
- La version standard est appelée **COFRAPLUS 77**.



- COFRAPLUS 77 peut être réalisé avec préperçage pour le passage des goujons soudés en atelier. Cette version est appelée **COFRAPLUS 77 P** : Étude et fabrication sur demande.

COFRAPLUS 77 P



CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU PLANCHER VERSION STANDARD

Caractéristiques utiles du profil

Épaisseur nominale de la tôle e	mm	0,75	0,88	1,00
Poids au mètre carré utile	daN/m ²	9,54	11,20	12,73
Section active d'acier : A	cm ² /ml	11,10	13,13	15,00
Inertie propre du profil : i	cm ⁴ /ml	99,16	117,31	134,08
Position fibre neutre : v _i	cm	4,21	4,21	4,21
Module d'inertie : I/v _i	cm ³ /ml	23,55	27,86	31,84

Consommation nominale de béton

Épaisseur d	cm	12	13	14	15	16	17	18	20	22	24	28
Litrage	l/m ²	76	86	96	106	116	126	136	156	176	196	236
Poids théorique du béton seul*	daN/m ²	182	206	230	254	278	302	326	374	422	470	566

* Pour obtenir le poids total de la dalle il faut ajouter le poids du béton dû à la flèche ainsi que le poids du profil.
Poids volumique du béton 2400 daN/m³.

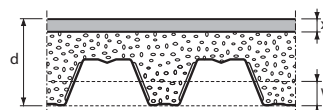
Caractéristiques utiles en travée de la dalle

Épaisseur d	cm	12	13	14	15	16	18	20	22	24	26	28
Pour e = 0,75 mm distance d-v _i	cm	7,79	8,79	9,79	10,79	11,79	13,79	15,79	17,79	19,79	21,79	23,79
Distance x	cm	3,69	4,00	4,28	4,56	4,82	5,31	5,77	6,21	6,62	7,01	7,39
I ₁₅	cm ⁴ /m	397,40	496,06	610,39	740,69	887,25	1230,08	1640,49	2119,81	2669,15	3289,43	3981,47
z	cm	6,56	7,46	8,36	9,27	10,18	12,02	13,87	15,72	17,58	19,45	22,33

Épaisseur d	cm	12	13	14	15	16	18	20	22	24	26	28
Pour e = 1,00 mm distance d-v _i	cm	7,79	8,79	9,79	10,79	11,79	13,79	15,79	17,79	19,79	21,79	23,79
Distance x	cm	4,07	4,41	4,74	5,05	5,35	5,91	6,44	6,94	7,41	7,86	8,29
I ₁₅	cm ⁴ /m	453,79	573,68	713,26	872,98	1053,26	1476,88	1986,55	2584,24	3271,63	4050,11	4920,91
z	cm	6,43	7,32	8,21	9,11	10,01	11,82	13,64	15,48	17,32	19,17	21,03

Notation

- d : épaisseur de la dalle, nervure du bac incluse
- v_i : distance de l'axe neutre du bac à sa fibre inférieure
- x : distance de l'axe neutre de la dalle à sa fibre supérieure
- I₁₅ : inertie mixte équivalente en acier correspondant à E_s/E_b = 15
- z : bras de levier conventionnel (d-v_i - x/3)



Les valeurs de "m" et de "k" sont données dans le système d'unités : longueur en cm, force en daN.

Cisaillement admissible entre tôle et béton

$$\tau = T / 100 \cdot z \leq m \cdot \rho \cdot d / L + k$$

avec

ρ = rapport de la section de la tôle à la section utile de béton (hauteur d-v_i)

L = portée de calcul en cm

	Résistance	Glissement	
		Charge statique	Charge dynamique
m	1922	764	611
k	0,1498	0,5686	0,4549

Résistance au feu

CF : degré coupe-feu du plancher brut.

Une épaisseur minimale est requise pour le respect du critère de température en face non exposée.

En l'absence d'armatures spécifiques, avec une dalle de 13 cm, les planchers Cofraplus sont CF 30'. Pour des CF supérieurs, la résistance du plancher pour le délai requis d'exposition au feu doit être justifiée par la prise en compte des seules armatures enrobées dans le béton.

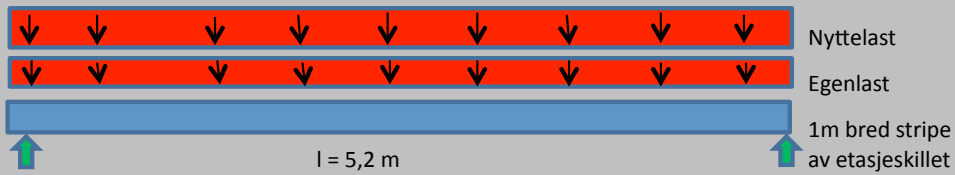
CF demandé	60'	90'	120'
d mini en cm	13	13	14,50

Isolation acoustique

Le comportement acoustique du plancher brut correspond à la loi de masse. (valeurs calculées par modélisation)

Épais. d en cm	12	13	14	15	16	17	20	24	28
Rw (C;Ctr)	45 (+0;-3)	46 (+0;-3)	47 (-0;-4)	48 (-1;-4)	49 (-1;-5)	50 (-1;-5)	52 (-1;-6)	54 (-1;-6)	57 (-2;-7)

Manuell kontroll av Cofraplus 77



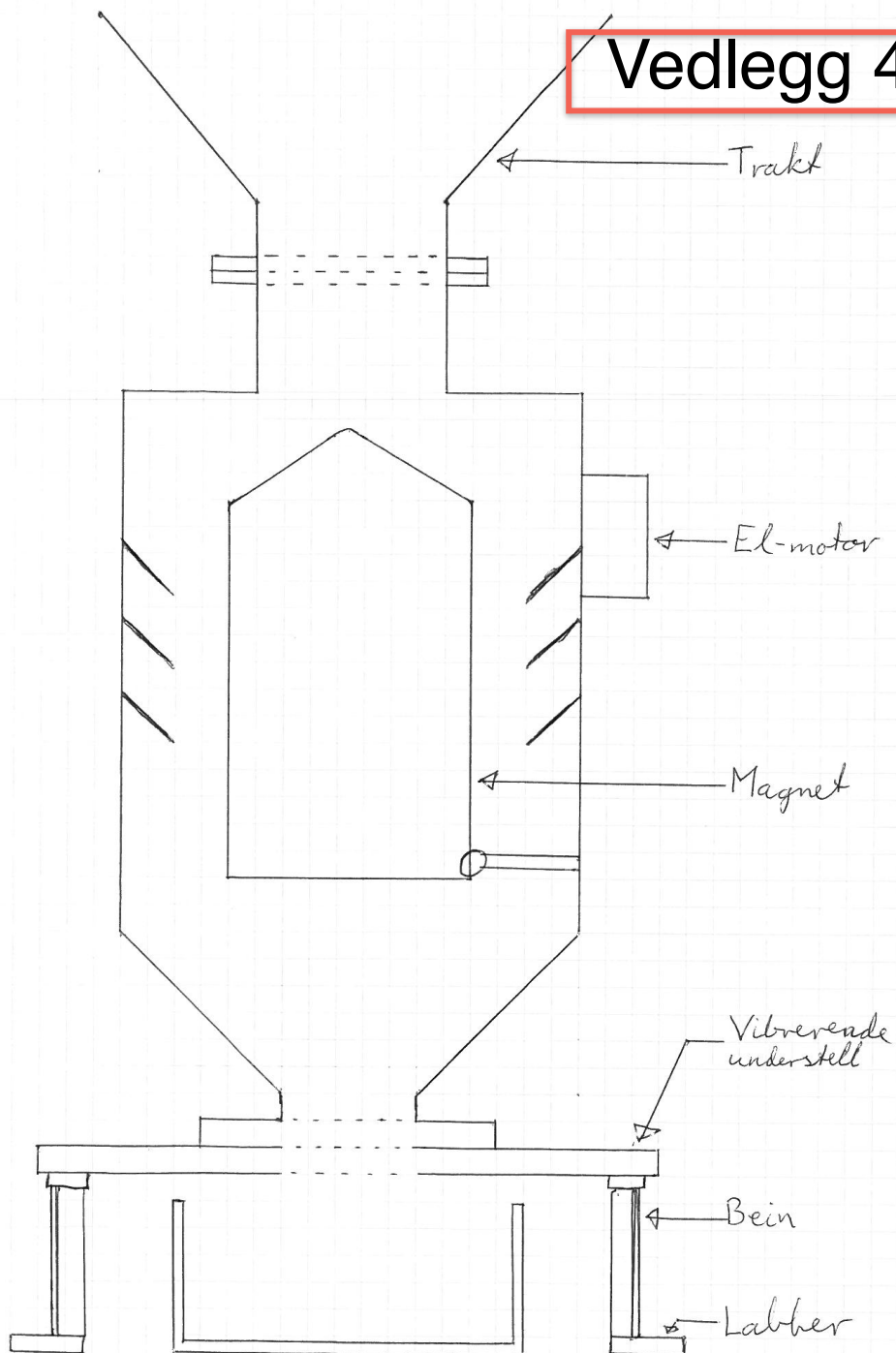
Påstøp	2,5 kN/m	Lastfaktor	1,2	3 kN/m
Antatt nyttelast	2,5 kN/m		1,5	3,75 kN/m
Antatt egenlast	4,5 kN/m		1,2	5,4 kN/m
b =	1 m	Bredde		
l =	5,2 m	Spenn		
h =	0,18 m	Tverrsnittshøyde		
d =	137,9 mm	Effektiv høyde		
$f_{cn} =$	23,8 N/mm ²	Antatt B30 betong		
$f_{sk} =$	275 N/mm ²	Stålkvalitet s275		
γ_m betong	1,4	Materialfaktor betong		
γ_m stål	1,25	Materialfaktor stål		
$f_{cd} =$	17 N/mm ²			
$f_{sd} =$	220 N/mm ²			
$M_f = ql^2/8 =$	41,1 kNm	Opptredende moment		
$M_{cd} = 0,275f_{cd}bd^2 =$	88,90 kNm	Betongbjelkens momentkapasitet		
$\Delta M = M_f - M_{cd} =$	-47,83 kNm	Siden $M_{cd} > M_f$ regner man som delvis utnyttet og bruker følgende formel for armeringsmengde		
Armering:				
$A_s = M_f / (f_{sd}z)$	1465 mm ²	Nødvendig armering		
Hvor;				
$z = (1 - 0,165 M_f / M_{cd})d$	127 mm	Indre momentarm		

Cofraplus 77 tilsvarer 1500mm²/m

1500 > 1465): Trenger ikke tilleggsarmering.

Prinsippskisse, snitt av stål fiber skilleren

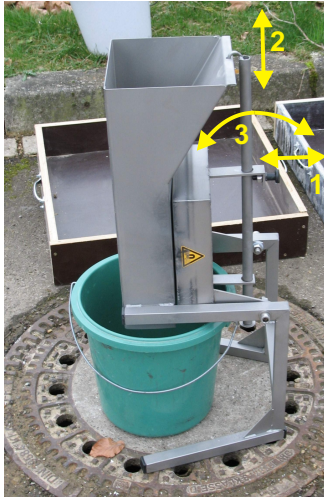
Vedlegg 4



DOSOMETER

Vedlegg 5

for controlling the fibre dosage rate in SFRC



Weight: +/- 22 kg
Width: 420 mm
Length: 300 mm
Depth: 770 mm
Stainless steel AISI 304 recipient
Block magnet type FDA/ND grade BM 35
Easy cleaning and maintenance
Telescopic handle for easy opening

- 1) Handle locking/unlocking
- 2) Handle lengthening for system opening and for obtaining a greater lever arm for pulling back the magnet
- 3) System opening by pulling back the magnet



1



2



3

- 1 Filling the dosimeter with 10 liters of fresh steel fibre concrete
- 2 Flushing with water
- 3 Fibres will be retained by the magnet



4



5



6

- 4 By opening the system, the fibres are released
- 5 Fibre collection in a bucket
- 6 After a second water cleaning and drying the fibres are weighed (measured weight in g : 10 = dosage in kg/m³)

Vedlegg 6

HMS ved kontakt med fersk betong

Fersk betong er sterkt alkalisk med en pH – Verdi i området 12,5 – 14, (44) og er med dette basisk og irriterende for hud og øyne. Går man i klær som er tilsølt av våt sement, risikerer man etseskader som kan kreve legebehandling. Omtrent 10% av de som til stadighet arbeider med fersk betong får irritasjonseksem. Har man først fått irritasjonseksem, er det også større risiko for at man blir allergisk for løselig seksverdig krom, som finnes som en naturlig bestanddel i sement. (45) Seksverdig krom er en av formene krom kan eksistere i og virker giftig på biologiske systemer. (46)



IRRITERENDE

Man skal ta sine forhåndsregler og bruke egnet verneutstyr. Ved kontakt med hud, skal tilsølte klær fjernes og det aktuelle området straks skyldes og vaskes med rent vann og såpe. Ved kontakt med øyne eller ved svelging, skal det skylles og lege tilkalles. (47)

Det er brukt briller, lange gummihansker, tette støvler og arbeidsklær som dekker hele kroppen i alle forsøk i denne oppgaven og rådene fra arbeidstilsynet, UMB, Veidekke og Unicon er fulgt.

Forebyggende tiltak for å unngå etseskader og eksem: (45)

- Legg opp arbeidet slik at det blir minst mulig tilsøling av arbeidsklær og hud.
- Skift umiddelbart arbeidsklær som er gjennombløte av fersk betong eller mørtel. Sørg for å ha flere sett med arbeidsklær.
- Bruk vanntette støvler.
- Beskytt hendene med førede gummihansker når du arbeider med fersk betong eller mørtel.
- Skyll bort mørtel/betong med **rent** vann. Det sementblandede vannet i rengjøringsbøtta for redskap er til liten nytte.
- Bruk fuktighetskrem på hendene flere ganger daglig dersom du har tendens til tørr hud eller eksem.

Vedlegg 7

Bil	Dato	D max	Redusert stein	Slump	Kjørelengde	Fibertype	Fibermengde	Resept	Temperatur	V/c tall
Bil 1	29.4.09	16 mm	..	200 mm	20 km	Dramix kort	30 kg/m ³	B30 M60 Cl 0,1	..	..
Bil 2	05.5.09	8 mm	..	200 mm	10 km	Dramix kort	25 kg/m ³	B35 M45 Cl 0,1	> 20, oppvarma	..
Bil 3	05.5.09	8 mm	..	200 mm	10 km	Dramix kort	25 kg/m ³	B35 M45 Cl 0,1	> 20, oppvarma	..
Bil 4	11.5.09	16 mm	25 % d max	220 mm	7 km	Dramix lang	20 kg/m ³	B30 M60 Cl 0,1	..	..
Bil 5	07.9.09	16 mm	25 % d max	210 mm	5 km	HE 1/50	25 kg/m ³	B30 M60 Cl 0,1	..	0,54
Bil 6	16.9.09	16 mm	25 % d max	210 mm	6,5 km	HE 1/50	25 kg/m ³	B30 M60 Cl 0,1	..	0,54
Bil 7	16.9.09	16 mm	25 % d max	210 mm	6,5 km	HE 1/50	25 kg/m ³	B30 M60 Cl 0,1	..	0,54
Bil 8	16.9.09	16 mm	25 % d max	210 mm	6,5 km	HE 1/50	25 kg/m ³	B30 M60 Cl 0,1	..	0,54
Bil 9	16.9.09	16 mm	25 % d max	210 mm	6,5 km	HE 1/50	25 kg/m ³	B30 M60 Cl 0,1	..	0,54
Bil 10	16.9.09	16 mm	25 % d max	210 mm	6,5 km	HE 1/50	25 kg/m ³	B30 M60 Cl 0,1	..	0,54
Bil 11	17.9.09	16 mm	25 % d max	210 mm	6,5 km	HE 1/50	25 kg/m ³	B30 M60 Cl 0,1	..	0,54
Bil 12	17.9.09	16 mm	25 % d max	210 mm	6,5 km	HE 1/50	25 kg/m ³	B30 M60 Cl 0,1	..	0,54
Bil 13	17.9.09	16 mm	25 % d max	210 mm	6,5 km	HE 1/50	25 kg/m ³	B30 M60 Cl 0,1	..	0,54
Bil 14	17.9.09	16 mm	25 % d max	210 mm	6,5 km	HE 1/50	25 kg/m ³	B30 M60 Cl 0,1	..	0,54
Bil 15	21.9.09	16 mm	25 % d max	210 mm	6,5 km	HE 1/50	25 kg/m ³	B30 M60 Cl 0,1	..	0,54
Bil 16	21.9.09	16 mm	25 % d max	210 mm	6,5 km	HE 1/50	25 kg/m ³	B30 M60 Cl 0,1	..	0,54
Bil 17	21.9.09	16 mm	25 % d max	210 mm	6,5 km	HE 1/50	25 kg/m ³	B30 M60 Cl 0,1	..	0,54
Bil 18	21.9.09	16 mm	25 % d max	210 mm	6,5 km	HE 1/50	25 kg/m ³	B30 M60 Cl 0,1	..	0,54
Bil 19	21.9.09	16 mm	25 % d max	210 mm	6,5 km	HE 1/50	25 kg/m ³	B30 M60 Cl 0,1	..	0,54
Bil 20	04.2.10	8 mm	..	200 mm	25 km	Barship	7 kg/m ³	B35 M45 Cl 0,1	22	..
Bil 21	04.2.10	8 mm	..	200 mm	25 km	Barship	7 kg/m ³	B35 M45 Cl 0,1	22	..
Bil 22	22.3.10	8 mm	..	200 mm	25 km	Barship	7 kg/m ³	B35 M45 Cl 0,1	20	..
Bil 23	22.3.10	8 mm	..	200 mm	25 km	Barship	7 kg/m ³	B35 M45 Cl 0,1	20	..
Bil 24	22.3.10	8 mm	..	200 mm	25 km	Barship	7 kg/m ³	B35 M45 Cl 0,1	20	..
Bil 25	13.4.10	8 mm	..	200 mm	25 km	Barship	7 kg/m ³	B35 M45 Cl 0,1	..	..
Bil 26	13.4.10	8 mm	..	200 mm	25 km	Barship	7 kg/m ³	B35 M45 Cl 0,1	..	..
Bil 27	15.4.10	8 mm	..	200 mm	25 km	Barship	7 kg/m ³	B35 M45 Cl 0,1	..	..

.. Ingen informasjon foreligger

Vedlegg 8

Dato: 29-04-09

Sted: Enebakk

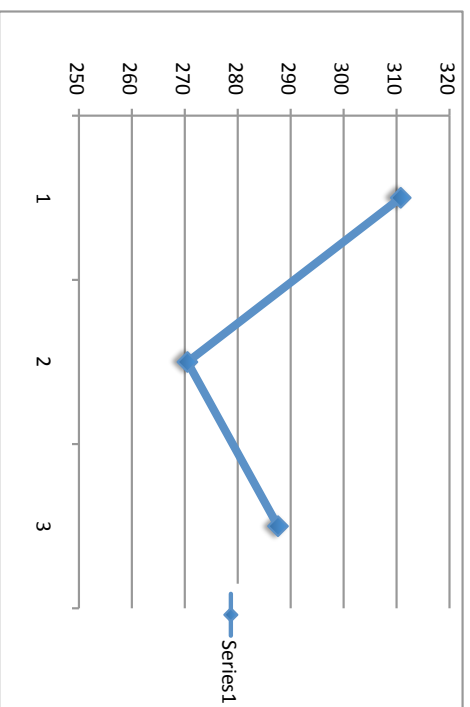
Hvem: Alf E. og Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 30 300

Innblandsingsmetode: ?? Kort fiber

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvareer pr kubikk
Start	310,8	289,6	21,2	7,3	31080
Midt	270,5	289,6	19,1	6,6	27050
Slutt	287,6	289,6	2,0	0,7	28760
Tilsvareer pr kubikk i snitt:			28963,3		



Dato: 05-05-09

Sted: Økern

Hvem: Eirik

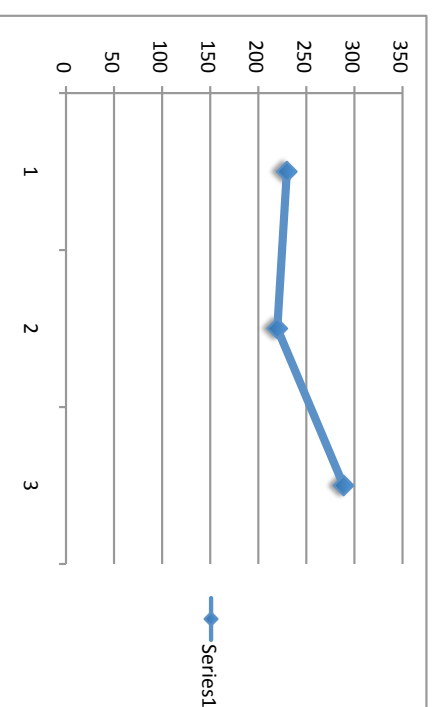
Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 25

Innblandsingsmetode:

Hele søker på bil

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvareer pr kubikk
Start	229,7	246,1	16,4	6,7	22970
Midt	219,8	246,1	26,3	10,7	21980
Slutt	288,7	246,1	42,6	17,3	28870
Tilsvareer pr kubikk i snitt:			24606,7		

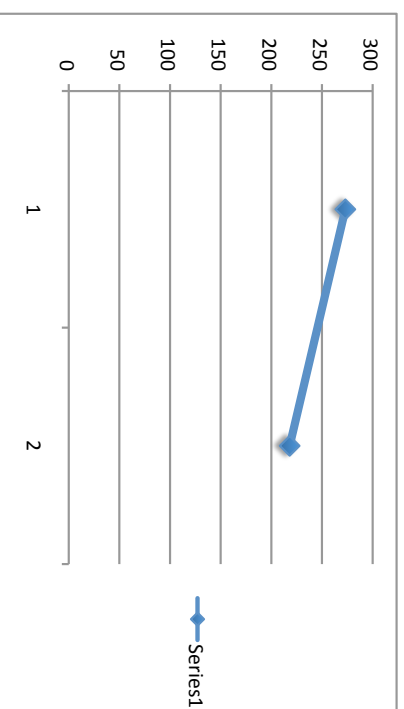


Dato: 05-05-09
Sted: Økern
Hvem: Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 25
Innblandingsmetode: Hele sekker på bil

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	273,1	245,6	27,5	11,2	27310
Midt	218,1	245,6	27,5	11,2	21810
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			24560,0		0

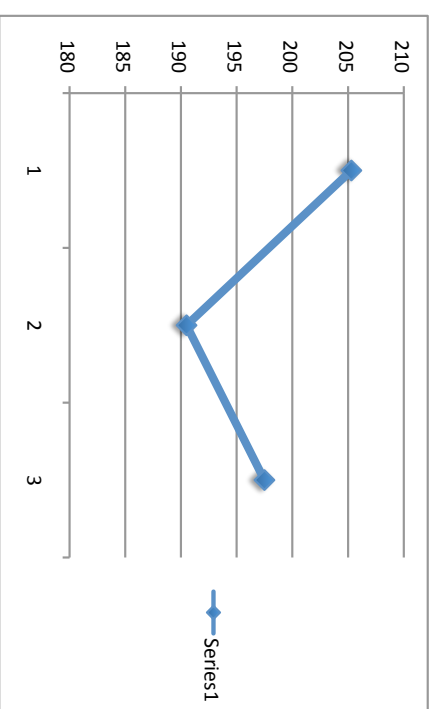


Dato: 11.mai 2009
Sted: Asko Vestby
Hvem: Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 20
Innblandingsmetode: Veid opp og tilsatt i resepten

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	205,3	197,8	7,5	3,8	20530
Midt	190,5	197,8	7,3	3,7	19050
Slutt	197,5	197,8	0,3	0,1	19750
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			19776,7		



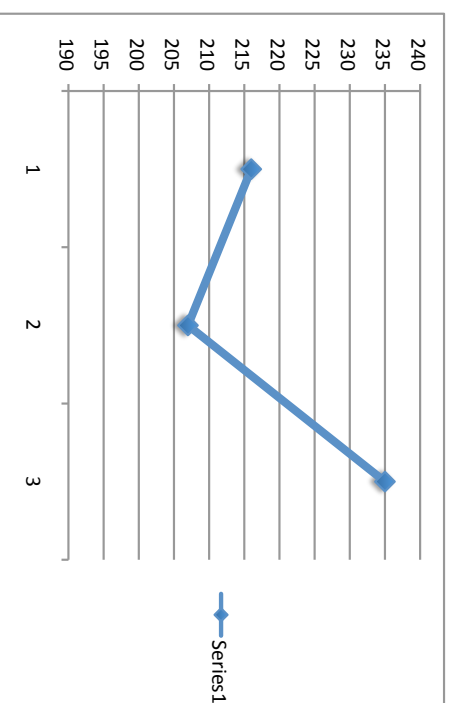
Dato: 7.sept 2009
Sted: Vestby Outlet
Hvem: Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 25
Innblandingsmetode:

Veid opp og tilsatt i eget rør sammen med betongen fra blandemaskinen

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	216	219,3	3,3	1,5	21600
Midt	207	219,3	12,3	5,6	20700
Slutt	235	219,3	15,7	7,1	23500
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			21933,3		



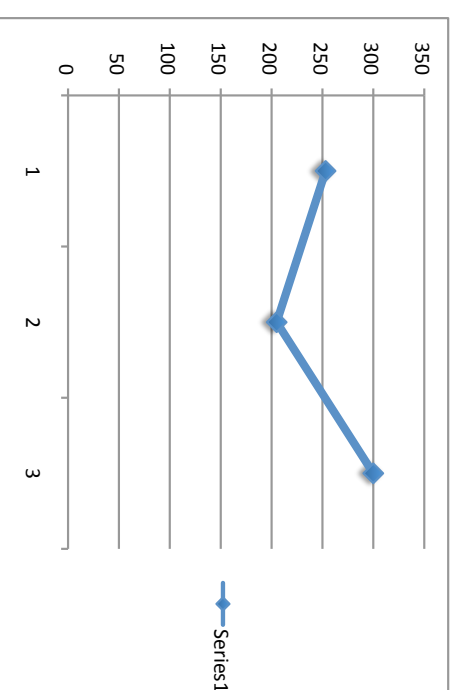
Dato: 16.sept 2009
Sted: Vestby Outlet
Hvem: Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 25
Innblandingsmetode:

Tilsatt hele esker på 25 kg til lass med hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	253	252,7	0,3	0,1	25300
Midt	205	252,7	47,7	18,9	20500
Slutt	300	252,7	47,3	18,7	30000
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			25266,7		



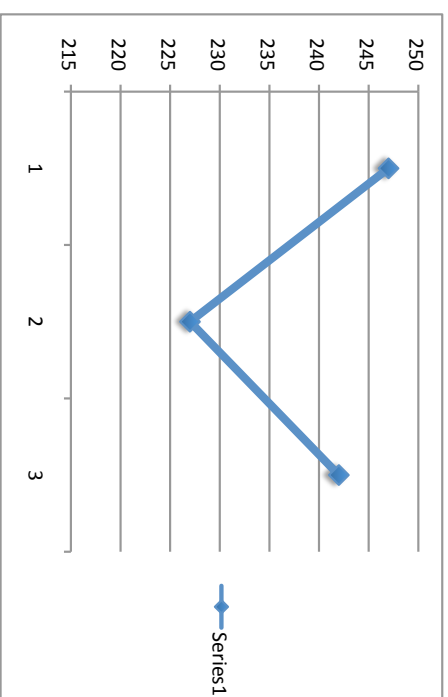
Dato: 16.sept 2009
Sted: Vestby Outlet
Hvem: Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt:
Innblandingsmetode:

25
Tilsatt hele esker på 25 kg til lass med
hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	247	238,7	8,3	3,5	24700
Midt	227	238,7	11,7	4,9	22700
Slutt	242	238,7	3,3	1,4	24200
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			23866,7		



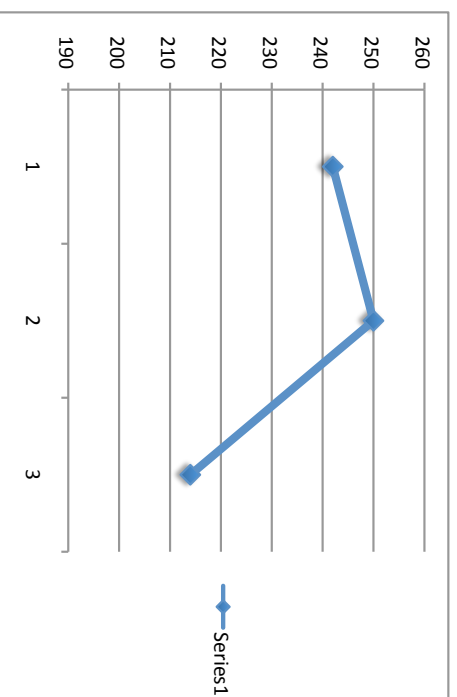
Dato: 16.sept 2009
Sted: Vestby Outlet
Hvem: Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt:
Innblandingsmetode:

25
Tilsatt hele esker på 25 kg til lass med
hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	242	235,3	6,7	2,8	24200
Midt	250	235,3	14,7	6,2	25000
Slutt	214	235,3	21,3	9,1	21400
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			23533,3		

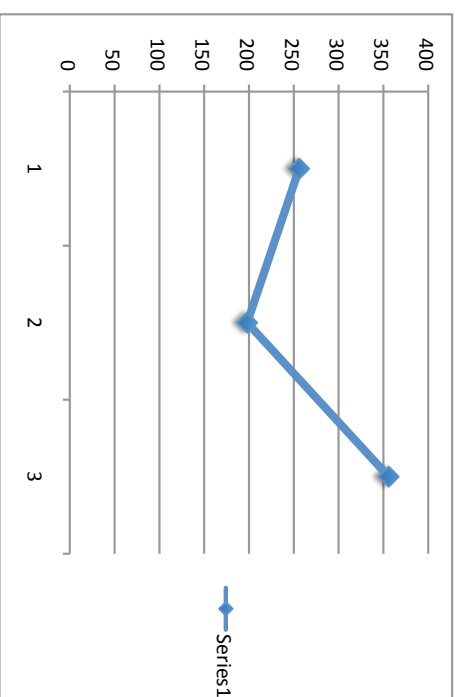


Dato: 16.sept 2009
Sted: Vestby Outlet
Hvem: Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 25
Innblandingsmetode: Tilsatt hele esker på 25 kg til lass med hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	256	270,0	14,0	5,2	25600
Midt	198	270,0	72,0	26,7	19800
Slutt	356	270,0	86,0	31,9	35600
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			27000,0		

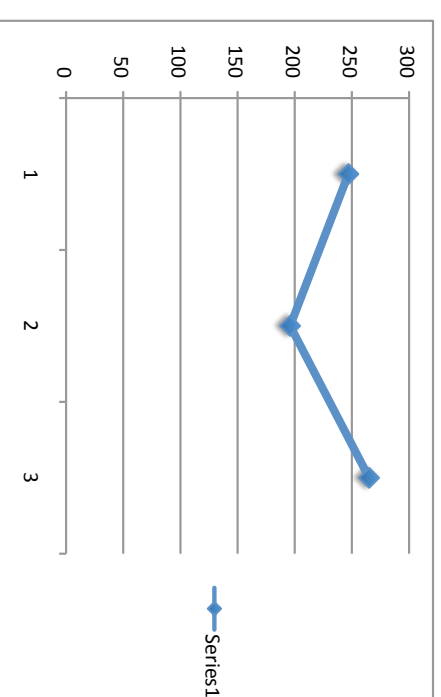


Dato: 16.sept 2009
Sted: Vestby Outlet
Hvem: Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 25
Innblandingsmetode: Tilsatt hele esker på 25 kg til lass med hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	247	236,0	11,0	4,7	24700
Midt	196	236,0	40,0	16,9	19600
Slutt	265	236,0	29,0	12,3	26500
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			23600,0		

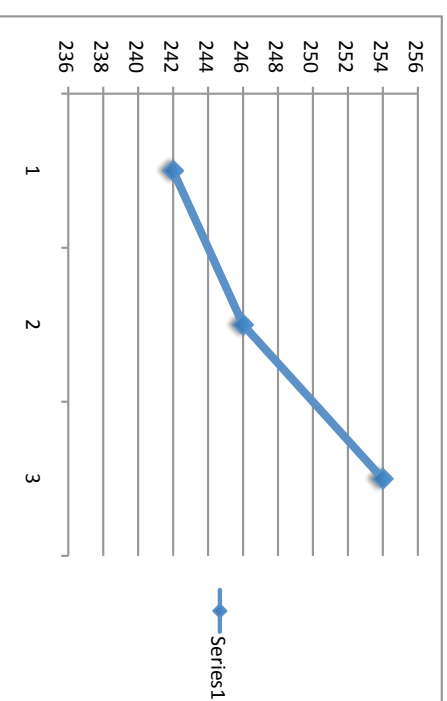


Dato: 17 sept 2009
Sted: Vestby Outlet
Hvem: Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 25
Innblandingsmetode: Tilsatt hele esker på 25 kg til lass med hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvareer pr kubikk
Start	242	247,3	5,3	2,2	24200
Midt	246	247,3	1,3	0,5	24600
Slutt	254	247,3	6,7	2,7	25400
Tilsvareer pr kubikk i snitt:			24733,3		

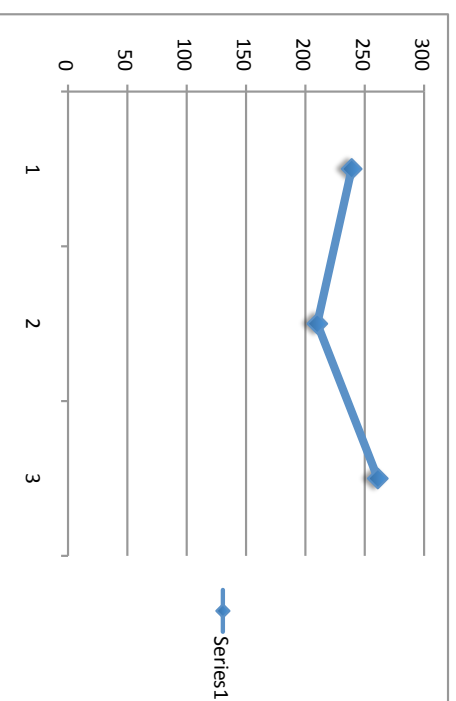


Dato: 17 sept 2009
Sted: Vestby Outlet
Hvem: Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 25
Innblandingsmetode: Tilsatt hele esker på 25 kg til lass med hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvareer pr kubikk
Start	239	236,7	2,3	1,0	23900
Midt	210	236,7	26,7	11,3	21000
Slutt	261	236,7	24,3	10,3	26100
Tilsvareer pr kubikk i snitt:			23666,7		

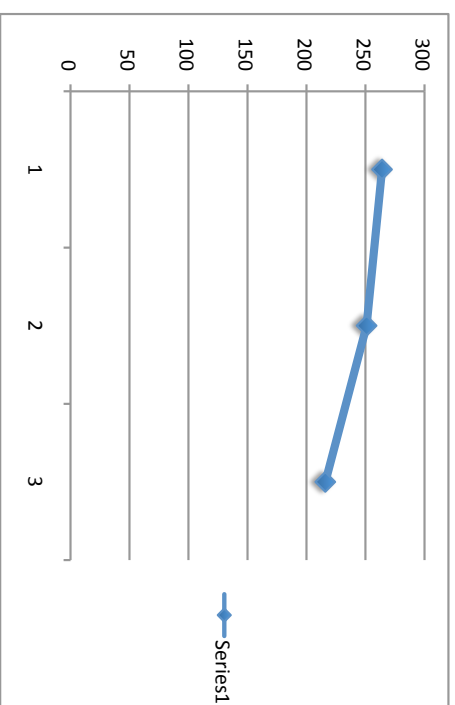


Dato: 17.sept 2009
Sted: Vestby Outlet
Hvem: Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 25
Innblandingsmetode: Tilsatt hele esker på 25 kg til lass med hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	264	243,7	20,3	8,3	26400
Midt	251	243,7	7,3	3,0	25100
Slutt	216	243,7	27,7	11,4	21600
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			24366,7		

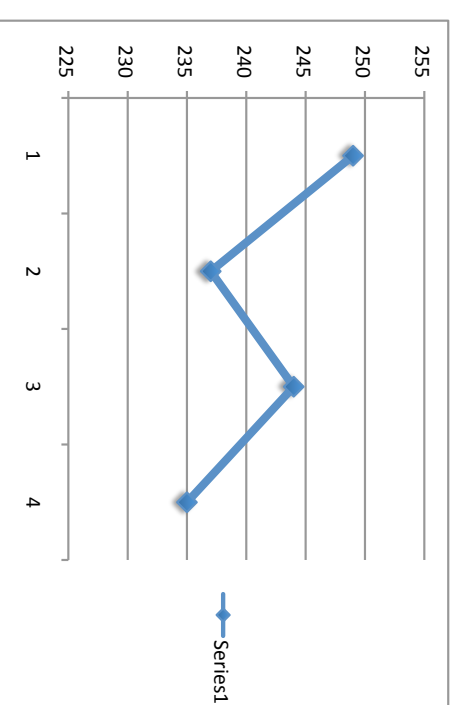


Dato: 17.sept 2009
Sted: Vestby Outlet
Hvem: Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 25
Innblandingsmetode: Tilsatt hele esker på 25 kg til lass med hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	249	241,3	7,8	3,2	24900
Midt	237	241,3	4,3	1,8	23700
Slutt	244	241,3	2,8	1,1	24400
Etter	235	241,3	6,3	2,6	23500
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			24125,0		

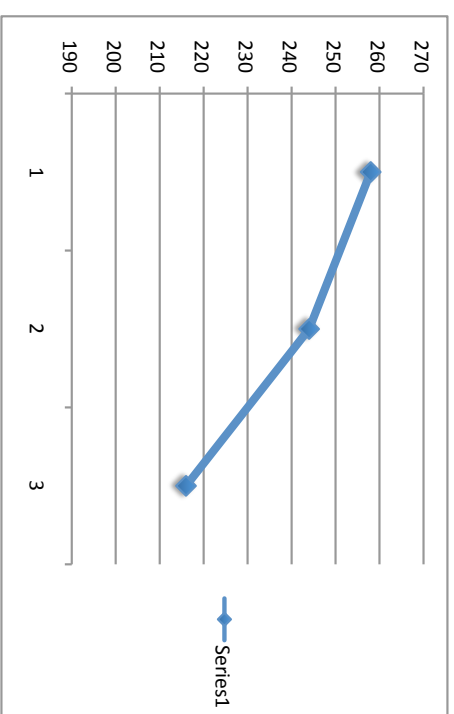


Dato: 21.sept 2009
Sted: Vestby Outlet
Hvem: Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 25
Innblendingsmetode: Tilsatt hele esker på 25 kg til lass med hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	258	239,3	18,7	7,8	25800
Midt	244	239,3	4,7	1,9	24400
Slutt	216	239,3	23,3	9,7	21600
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			23933,3		

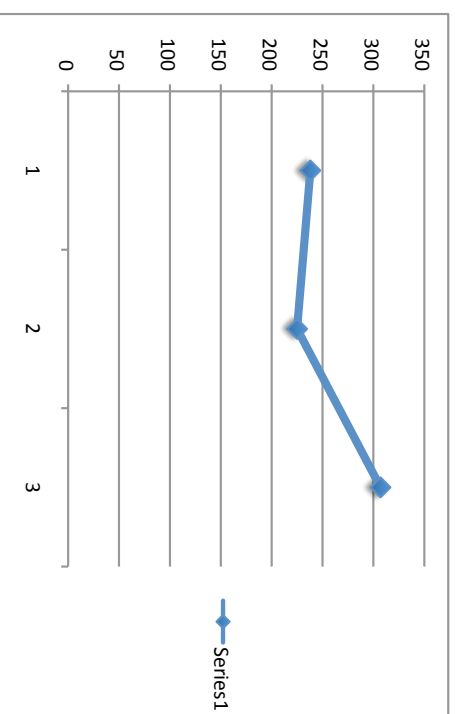


Dato: 21.sept 2009
Sted: Vestby Outlet
Hvem: Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 25
Innblendingsmetode: Tilsatt hele esker på 25 kg til lass med hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	238	256,7	18,7	7,3	23800
Midt	225	256,7	31,7	12,3	22500
Slutt	307	256,7	50,3	19,6	30700
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			25666,7		

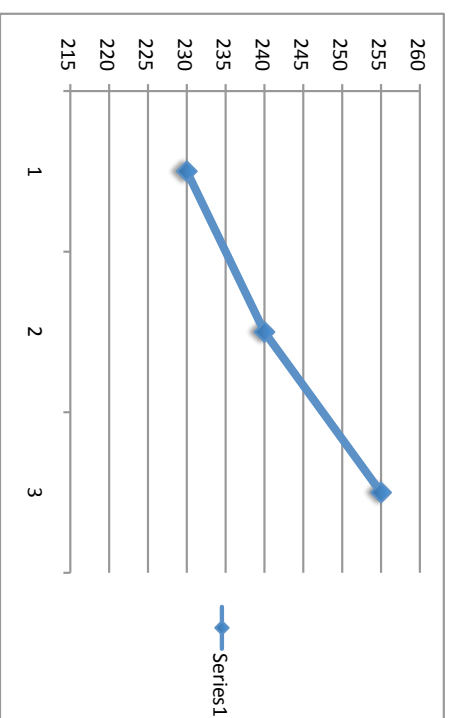


Dato: 21.sept 2009
Sted: Vestby Outlet
Hvem: Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 25
Innblandingsmetode: Tilsatt hele esker på 25 kg til lass med hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	230	241,7	11,7	4,8	23000
Midt	240	241,7	1,7	0,7	24000
Slutt	255	241,7	13,3	5,5	25500
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			24166,7		

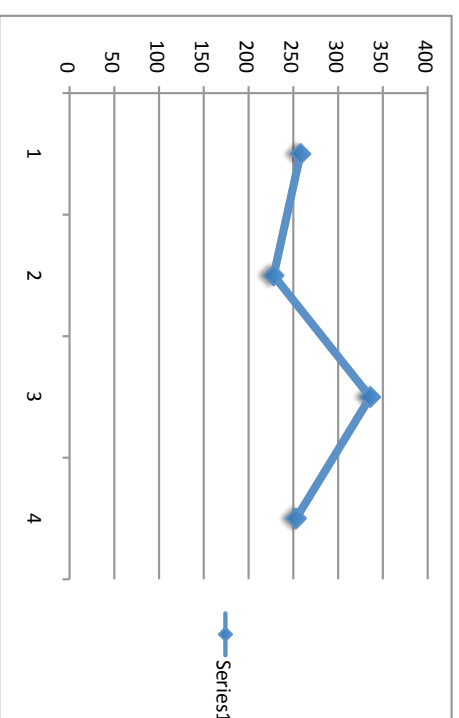


Dato: 21.sept 2009
Sted: Vestby Outlet
Hvem: Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 25
Innblandingsmetode: Tilsatt hele esker på 25 kg til lass med hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	258	268,8	10,8	4,0	25800
Midt	228	268,8	40,8	15,2	22800
Slutt	336	268,8	67,3	25,0	33600
Etter	253	268,8	15,8	5,9	25300
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			26875,0		

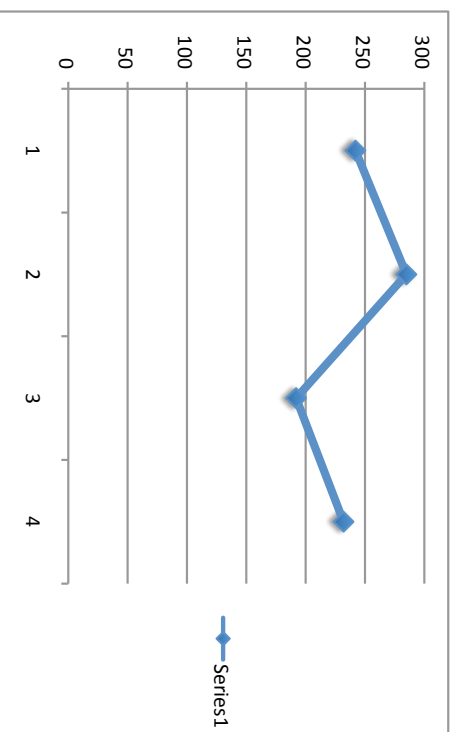


Dato: 21.sept 2009
Sted: Vestby Outlet
Hvem: Eirik

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 25
Innblandingsmetode: Tilsatt hele esker på 25 kg til lass med hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	242	237,8	4,3	1,8	24200
Midt	285	237,8	47,3	19,9	28500
Slutt	192	237,8	45,8	19,2	19200
Etter	232	237,8	5,8	2,4	23200
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			23775,0		

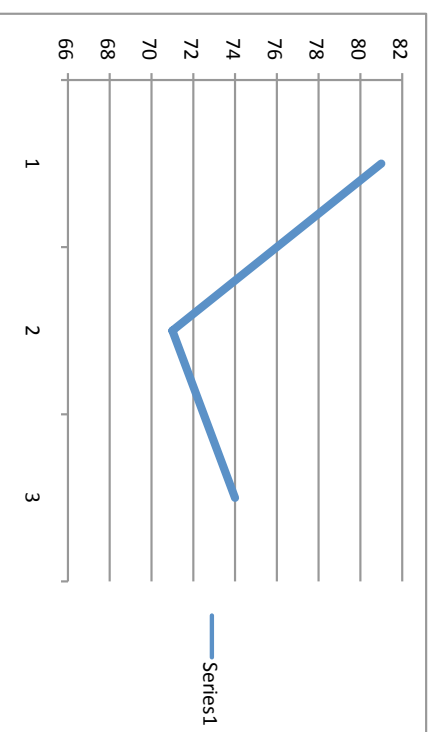


Dato: 4.feb 2010
Sted: Tunnel Økern
Hvem: Eirik og Steinar Hansen VD

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 7 plast
Innblandingsmetode: hele esker på 7 kg på hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	81	75,3	5,7	7,5	8100
Midt	71	75,3	4,3	5,8	7100
Slutt	74	75,3	1,3	1,8	7400
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			7533,3		

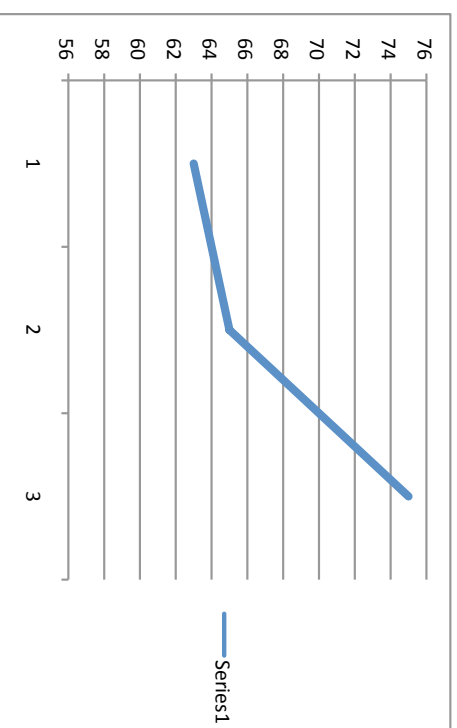


Dato: 4.feb 2010
Sted: Tunnel Økern
Hvem: Eirik og Steinar Hansen VD

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 7 plast
Innblandingemetode: hele esker på 7 kg på hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	63	67,7	4,7	6,9	6300
Midt	65	67,7	2,7	3,9	6500
Slutt	75	67,7	7,3	10,8	7500
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			6766,7		

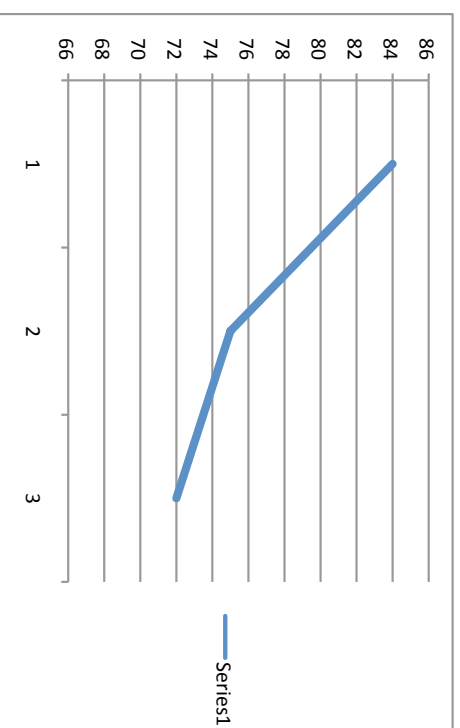


Dato: 22.mars 2010
Sted: Tunnel Økern
Hvem: Eirik og Steinar Hansen VD

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 7 plast
Innblandingemetode: hele esker på 7 kg på hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	84	77,0	7,0	9,1	8400
Midt	75	77,0	2,0	2,6	7500
Slutt	72	77,0	5,0	6,5	7200
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			7700,0		

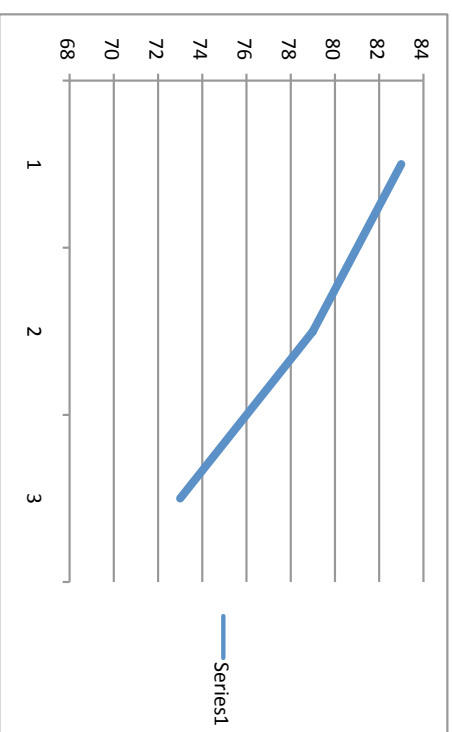


Dato: 22.mars 2010
Sted: Tunnel Økern
Hvem: Eirik og Steinar Hansen VD

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 7 plast
Innblandingemetode: hele esker på 7 kg på hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvareer pr kubikk
Start	83	78,3	4,7	6,0	8300
Midt	79	78,3	0,7	0,9	7900
Slutt	73	78,3	5,3	6,8	7300
Tilsvareer pr kubikk i snitt:			7833,3		

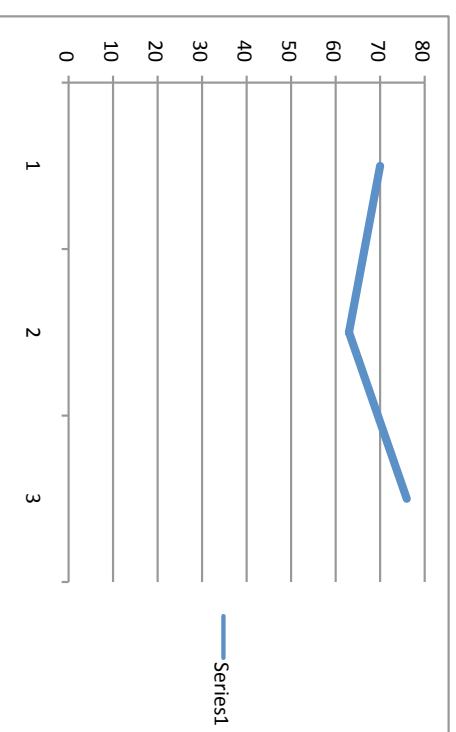


Dato: 22.mars 2010
Sted: Tunnel Økern
Hvem: Eirik og Steinar Hansen VD

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 7 plast
Innblandingemetode: hele esker på 7 kg på hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvareer pr kubikk
Start	70	69,7	0,3	0,5	7000
Midt	63	69,7	6,7	9,6	6300
Slutt	76	69,7	6,3	9,1	7600
Tilsvareer pr kubikk i snitt:			6966,7		

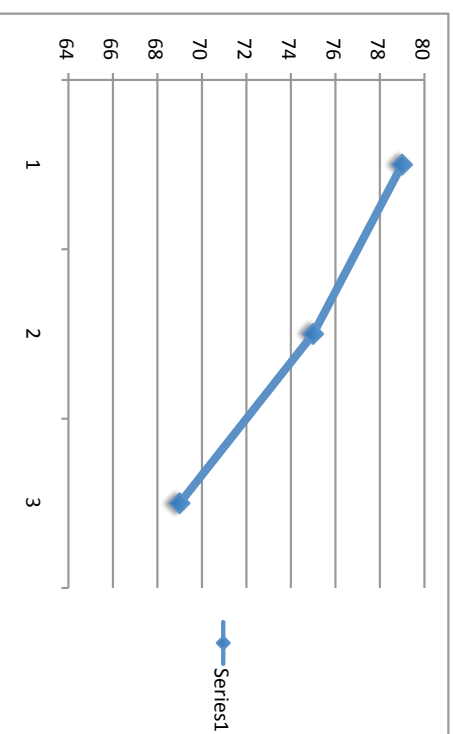


Dato: 13. april 2010
Sted: Tunnel Økern
Hvem: Eirik og Steinar Hansen VD

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 7 plast
Innblandingemetode: hele esker på 7 kg på hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvareer pr kubikk
Start	79	74,3	4,7	6,3	7900
Midt	75	74,3	0,7	0,9	7500
Slutt	69	74,3	5,3	7,2	6900
Tilsvareer pr kubikk i snitt:			7433,3		

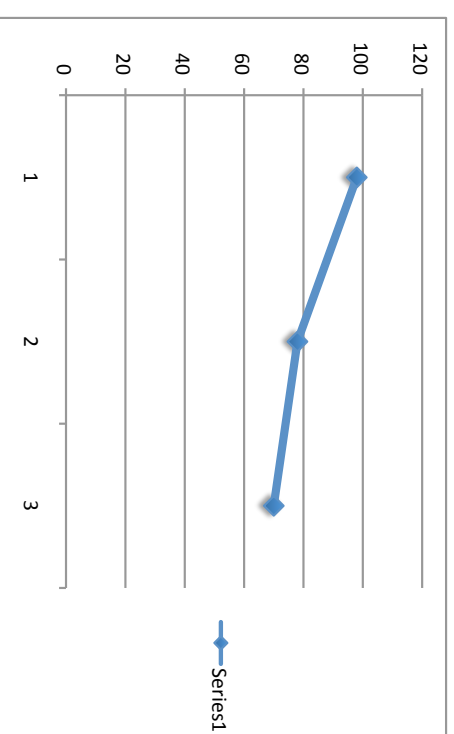


Dato: 13. april 2010
Sted: Tunnel Økern
Hvem: Eirik og Steinar Hansen VD

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 7 plast
Innblandingemetode: hele esker på 7 kg på hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvareer pr kubikk
Start	98	82,0	16,0	19,5	9800
Midt	78	82,0	4,0	4,9	7800
Slutt	70	82,0	12,0	14,6	7000
Tilsvareer pr kubikk i snitt:			8200,0		

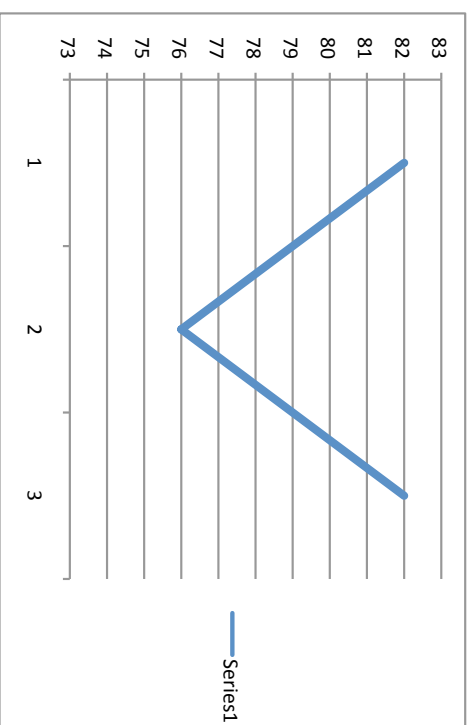


Dato: 15. april
Sted: Tunnel Økern
Hvem: Eirik og Steinar Hansen VD

Fiber i kg pr kubikk oppgitt: 7 plast
Innblandingsmetode: hele esker på 7 kg på hele kubikk

Resultater:

Prøver	Verdi i g	Snitt i g	Avstand fra snitt i gram	Avstand fra snitt i %	Tilsvarer pr kubikk
Start	82	80,0	2,0	2,5	8200
Midt	76	80,0	4,0	5,0	7600
Slutt	82	80,0	2,0	2,5	8200
Tilsvarer pr kubikk i snitt:			8000,0		



Rødd celle betyr ikke tilfredsstillende i.h.t. De foreløpig nye krav angitt i ny norsk fiberveiledning:

Enkeltprøver: større enn eller lik 0,85 x nominelt fiberinnhold.
Gjennomsnitt av 3 prøver pr bil: større enn eller lik 0,90 x nominelt fiberinnhold.