




Universitetet  
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

## MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering:  Konstruksjoner og materialer / Byggkonstruksjoner	Vår semesteret, 2019  åpen
Forfatter: Jon Emil Tobias Knutsson	 (signatur forfatter)
Fagansvarlig:  Veiledere:	Sudath Siriwardane  Kjell Tore Fosså (UiS) Samdar Kakay (UIS)
Tittel på masteroppgaven:  Engelsk tittel:	Bruk av AVA-måler for å studere porestruktur i fersk betong  Use of air void analyzer to study pore structure in fresh concrete
Studiepoeng: 30	
Emneord:  Betong Porestruktur Luftporeanalyse Frostbestandighet	Sidetall: ..... 40  + vedlegg/annet: ..... 23  Stavanger, .....14.06/2019 ..... date/year



---

Universitetet  
i Stavanger

Teknisk naturvitenskapelig fakultet

Masteroppgave våren 2019

# Bruk av AVA-måler for å studere porestruktur i fersk betong

Emil Knutsson

# Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved Universitetet i Stavanger (UIS). Alt labarbeid samt testing i forbindelse med oppgaven er utført på laboratoriet i Ivar Lange's hus, UIS. En stor takk til UIS for å stille med alt av material og utstyr som var nødvendig for at oppgaven kunne gjennomføres.

En stor takk til min veileder ved UIS, Prof. II Kjell Tore Fosså for god veiledning, gode samtaler underveis og tips om oppgaven.

En stor takk til senioringeniør Samdar Kakay for alt av hjelp med laben, utstyr og god hjelp når ting ikke har gått helt som forventet.

Takk til sivilingeniør Christian Wegner Haaland for god hjelp med oppgavedrøfting og hjelp med oppgaven.

Takk til mine medstudenter som har hjulpet godt med løsningsorienterte diskusjoner og faglige diskusjoner som har hjulpet meg med oppgaven.

Takk til alle på laben som har bidratt til meget god opplevelse samt et lærerikt og artig miljø.

# Presentasjon av oppgaven

Alle konstruksjoner som blir bygd ute i Norge vil kunne bli utsatt for frost. Frostbestandighet er en faktor som må tas høyde for under støping av betong ute. I NS-EN206 står det at kravet for frostbestandig betong er minimum 4% luft i betongen. Statens Vegvesen skriver i presskode 2:

”Dersom betongens frostbestandighet ikke dokumenteres på annen måte akseptert av byggherren, skal doseringen av luftinnførende tilsetningsstoff være slik at luftporevolumet målt i den ferske betongen umiddelbart før utstøping (etter eventuell pumping) er:  
-5,0 ± 1,5 % for spesifiserte fasthetsklasser til og med B 45,  
-3,5 ± 1,5 % for spesifiserte fasthetsklasser over B 45 [1].”

Det er altså kun krav til hvor mye luft som skal til for at betongen skal være frostbestandig, men ikke noe krav til hvilken type luftporer. Vi vet at ikke alle luftporer er like effektive for frostbestandighet. Enten om de er for store eller for små.

I denne oppgaven vil jeg ta for meg porestrukturen til forskjellige betongblandinger og se hvordan porestrukturen forandrer seg ved forskjellig dosering av L-stoff, FA, silika samt variere sementtype og v/c-tall.

# Sammendrag

Alle konstruksjoner som blir bygd ute i Norge vil kunne bli utsatt for frost. Frostbestandighet er en faktor som må tas høyde for under støping av betong ute. I NS-EN206 står det at kravet for frostbestandig betong er minimum 4% luft i betongen. Det er satt et krav i oppgaven for avstandsfaktor for å lettere kunne bedømme frostbestandigheten til en betong. Krav til gjennomsnittlig avstandsfaktor iht. CSA A.23.1, clause 4.3.3.3 er 0.23mm. For v/c-tall mindre enn 0.36 så er krav til avstandsfaktor <0.26. I denne oppgaven er 0.25 mm brukt som maksverdi for avstandsfaktor.

Det er ikke bare luftinnholdet om påvirker frostbestandigheten, men også størrelsen på luftporene. Luftporer på størrelse mellom 0.03-0.3mm gir god frostbestandighet. Derfor er det i denne oppgaven fokus på porestrukturen til forskjellige blandinger. Ved å blande inn luftinnførende tilsetningsstoff (L-stoff) får betongen jevnt fordelte luftporer på størrelsen 0.03-0.3mm.

Andre delmaterialer i betongen vil reagere forskjellig med L-stoffet. Det ble derfor satt opp et prøveprogram for å kunne teste parameterne L-stoff, sementtype, v/c-tall, flygeaske og silika. Det er derfor lagd 8 betongblandinger hvor nevnte parametere varieres. De blir i testet for synkmål, synkutbredelse, trykkfasthet, luftinnhold og porestruktur.

For analyse av porestruktur brukes programmet AVA-3000. AVA-3000 er et program og et rheometer fabrikkert av Germann Instrument A/S og nylig kjøpt inn av UIS. Programmet analyserer porestrukturen til en betong i fersk tilstand ved å måle hvor mye luft betonger har og størrelse på luftporene.

Resultater i rapporten samtaler med mange resultat fra litteraturen og viser at økende L-stoff mengde gir høyere luftinnhold, finere porestruktur og lavere avstandsfaktor.

Industrisement gir høyere luftinnhold, finere porestruktur og lavere avstandsfaktor.

V/C-tall på 0.6 får lavt luftinnhold og høy avstandsfaktor, mens 0.33 v/c-tall for noe høyere enn 0.6 men lavere enn 0.4 v/c-tall.

Silika og flygeaske inneholder restkarbon som kan påvirke effekten av L-stoff som fører til lavere luftinnhold og høyere avstandsfaktor.

# Innholdsfortegnelse

Forord .....	3
Presentasjon av oppgaven .....	4
Sammendrag .....	5
Innholdsfortegnelse .....	6
Forkortelser og Terminologi .....	8
1 Introduksjon .....	9
2 Litteraturstudie .....	10
2.1 Frostskeer.....	10
2.2 Porestruktur .....	10
2.3 V/C-tall .....	11
2.4 L-stoff .....	11
2.5 Sement .....	11
2.6 Silika.....	12
2.7 Flygeaske .....	12
2.8 Air Void Analyser, AVA-3000 .....	12
2.9 Andre relevante tester .....	16
3 Metodebeskrivelse .....	17
3.1 Blandeprosedyrer .....	17
3.2 Synkmål .....	17
3.3 Synkutbredelse.....	17
3.4 Støping Av 100x100mm Kuber .....	18
3.5 Prøving Av Fasthet .....	18
3.6 Lufttest.....	18
3.7 Air Void Analysis .....	18
4 Prøveprogram.....	20
4.1 Prøveprogrammet .....	20
4.2 Praktisk Utførelse i Lab .....	20
4.3 Resepter .....	21
4.4 Materialer.....	21
5 Resultater .....	22
5.1 Resepter .....	22
5.2 Gjennomføringsbeskrivelse .....	22
5.3 Resultat Blandinger .....	23
5.3.1 Blanding 1 ANL FA 5% L-stoff .....	23

5.3.2	Blanding 2 ANL FA 3,5% L-stoff .....	25
5.3.3	Blanding 3 REF IND 6% Silika 3,5% L-stoff.....	26
5.3.4	Blanding 4 ANL FA 0,33 v/c 3,5% L-stoff.....	28
5.3.5	Blanding 5 ANL FA 0,6 v/c 3,5% L-stoff.....	29
5.3.6	Blanding 6 ANL FA 8% L-stoff .....	30
5.3.7	Blanding 7 ANL FA +15% FA 3,5% L-stoff.....	31
5.3.8	Blanding 8 IND 11% Silika 3,5% L-stoff .....	32
5.4	Diskusjon .....	34
5.4.1	Diskusjon blanding 1, 2 og 6.....	34
5.4.2	Diskusjon blanding 2 og 3.....	35
5.4.3	Diskusjon blanding 2, 4 og 5.....	36
5.4.4	Diskusjon blanding 3 og 8.....	37
5.4.5	Diskusjon blanding 2 og 7.....	37
5.5	Oppsummering .....	38
5.6	Feilkilder og utfordringer .....	38
5.7	Forslag til videre arbeid .....	38
6	Konklusjon.....	39
	Kilder.....	40
	Vedlegg .....	41

# Forkortelser og Terminologi

SP stoff – Superplastifiserende tilsetningsstoff

L-stoff – Luftinnførende tilsetningsstoff

FA – Flygeaske

v/b tall – mengde vann per mengde bindemiddel

v/c-tall – mengde vann per mengde sement

K<sub>s</sub> – K faktor for silika

K<sub>fa</sub> – K faktor for flygeaske

IND – Norcem sin industrisement

ANL FA – Norcem sin anleggssement som inneholder FA

L-stoff tilsvarende x% luft: beskriver at betongen vil øke x% i luftinnhold av det totale betongvolumet fra det luftinnholdet betongen allerede ville hatt uten L-stoffet.



# 1 Introduksjon

Luftbobler dannes naturlig i betong ved sementhydratiseringen. Sementen reagerer med vannet og mens pastaen herder holder volumet til betongen seg likt mens vannet går til de mindre reaksjonsproduktene av sementhydratiseringen. Dette etterlater luftporer. Å oppnå planlagt luftinnhold kun basert på luften som oppstår av herding er vanskelig. Det blir derfor brukt luftinnførende tilsetningsstoffer for å oppnå god frostbestandig betong.

NS-EN 206 har satt at en betong med over 4% luft generelt blir ansett som en betong med god frostbestandighet. Samtidig vil en avstandsfaktor på mindre enn 0,25 mm være med på å hjelpe vannets transport til nærmeste pore med tanke på kun vann. NS-EN 206 har ikke noe krav for avstandsfaktor, men CSA (kanadisk standard) har avstandsfaktor  $<0.23\text{mm}$  som krav i A23.1, clause 4.3.3.3. En betong med v/c-tall under 0.36 har et krav på avstandsfaktor  $<0.26\text{mm}$  (Vedlegg E).

For fersk betong vil det alltid være innblandet luft fra tilslaget samt fra blandeprosedyren. Denne luften varierer avhengig av tilslagsgradering, blandemaskinen, betongkonsistens og blandetid. Derimot er lite av luften der som følge av sementhydratiseringen. Dette gjør at ved testing av porestrukturen i fersk tilstand er det først og fremst L-stoffmengde og den innestengte luften som påvirker luftinnholdet.

Det er altså minimumskrav til luftinnhold for en frostbestandig betong og anbefalt avstandsfaktor. Men stilles ikke krav til hvilke typer porer som en betong skal ha, selv om forskningen har vist at størrelsen på porene betyr mye for frostbestandigheten. Målet for oppgaven er å utforske porestrukturen til forskjellige betongresepter med varierende delmaterialer for å se hvilke typer luftporer som dannes. Videre et ønske om å utforske og få bedre kjennskap til porestrukturen til en betong i fersk tilstand ettersom det vanligvis kun testes for luftinnhold, eller porestruktur i herdet tilstand. Samtidig er det ønskelig å lære mer om utstyret som er innkjøpt av UIS, AVA-3000.

## 2 Litteraturstudie

### 2.1 Frostskafer

Frostskafer skjer hovedsakelig i sammenheng med salter når det får kontakt med åpne overflater under fryse-tinesykluser. Skader på betong som ikke involverer salter eller sprekkdannelse som følge av volumendringer er ytterst sjeldent. Derfor blir frostskafer hovedsakelig delt inn i to former: [2]

-Svinn som følge av materialtap over tid i overflaten ved kontakt med salter, spesielt ved tine- og frysesykluser.

-Intern sprekkdannelse som følge av volumendring av vann når det utvider seg til fastform.

Frostskafer er kjent, og vi vet parameterne som gjør at betong blir frostbestandig. En betong kan inneholde over 100 liter luftporer, hvor flesteparten kan trekke til seg vann basert på hvor store de er etter bare uker og måneder ved kontakt med vann. Spesielt utsatt er overflater som blir belastet med regn, fryse-tinesykluser, snø og is, samt sprutesonen av sjøvann. Når vannet som er trukket inn i luftporene av betongen fryser, utvider volumet seg med omtrent 9% noe som betongen må være i stand til å tåle. Frysning av vann øker også tendensen for absorpsjon av utfrosset vann fra utsiden og omfordeling av fukt innad i materialet. [2]

Man kan derfor si at frostdannelse for en gitt temperatur avhenger av to parametere:

-Porestrukturen, finfordeling av porer samt den totale porøsiteten.

-Metningsgraden av porene i betongen.

Samtidig er det verdt å nevne at luftinnholdet også påvirker fastheten til betongen. Større luftinnhold gir lavere fasthet, noe som gjør at en betong ikke skal ha for mye luft.

Tommelfingerregelen mellom luftinnhold og fasthet er ved 1% økning i luftinnhold, reduseres fastheten med 5%. [3]

### 2.2 Porestruktur

Porene i en betong deles hovedsakelig inn i 3 grupper:

-Gelporer

-Kapillærporer

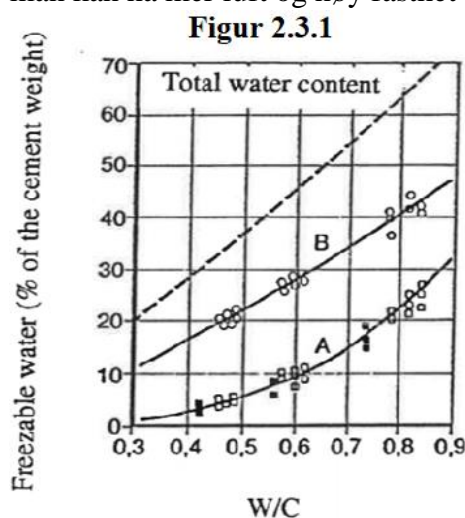
-Kontraksjonsporer/ Makroporer

Størrelsen på porene har mye å si for frysepunktet til vannet inne i porene. For en mett betong vil de mindre porene med vann fryse ved en lavere temperatur enn i større porer.

F.eks. vil vann i en pore med diameter på 10nm fryse rundt -25 grader mens vann i en pore med diameter 100nm fryse i nærheten av -3 grader. Kapillærporene er de som står for fuktopptaket i betongen og transporten av den. Det er derfor viktig at en betong ikke bare inneholder luft, men også riktig type luft. [2]

## 2.3 V/C-tall

Store deler av porene i betongen er for små til at vannet i porene kan fryse ved vanlige frysetemperaturer. I en 0,40 v/c betong vil kun 10% av porene fryse ved -20 grader. Derimot vil en betong med 0,7 v/c-tall ha opp mot 30% av vannet i en mettet betong som er frysbar ved samme temperatur [2]. Det er samtidig viktig for finheten på porestrukturen, lavt v/c-tall og gode herdebetingelser at den har tilstrekkelig med luftporer. Vi vet at ved innblanding av 4-6% små lufthull med diameter på mellom 0,03-0,3mm blir betongen frostbestandig. Se tabell 2.3.1. En lav v/c-tall betong vil i tillegg ha større slutfasthet noe som igjen fører til at man kan ha mer luft og høy fasthet enn det man kunne hatt med en høyere v/c rate. [2]



**Tabell 2.3.1**

Diameter (Å)	RH (%)	Freezing point (°C)
450	95	-6
280	92	-10
200	88	-15
160	85	-20
115	80	-30
95	76	-40

Figur 2.3.1: V/c-tall mot frysbart vann ved -15 grader C i prosent av sementvekt [4].

Tabell 2.3.1: Sammenhengen mellom luftporediameteren, tilsvarende relativ fuktighet og frysepunkt [4].

Figur 2.3.1 viser forholdet mellom v/c-tall og hvor mye av vannet som er frysbar ved -15 grader. Graf A er ikke tørkede prøver mens graf B er uttørkede prøver. Grafene viser at lavere v/c-tall for begge prøvene gir lavere vann i prosent av sementen som er frysbar ved -15 grader celsius.

## 2.4 L-stoff

Luftinnførende stoffer kan sammenlignes litt med såpe. Ved blanding dannes det skum/luftbobler som fordeles jevnt rundt i betongen og fungerer som luftporer. Slik som det er nevnt før er størrelsen på disse luftboblene/skummet viktig. De bør være rundt 0,05mm i diameter for at de effektivt skal motvirke fryse/tine-skader. Er boblene for store vil de ikke ha noen virkning for frostbestandigheten samt lett kunne forsvinne ut av den ferske betongen ved transport ut til byggeplassen. [5]

L-stoff proporsjoneres som en prosentdel av bindemiddelet. Dette vil si at lik L-stoffmengde (gram) kan gi forskjellig mengde luft som følge av forskjellig v/c-tall/ v/b-tall og sementer. For Mapeair 25 tilsvarende 0,05% av bindemiddelsvekt i form av L-stoff lik 6% luft i betongen. (Vedlegg B2)

## 2.5 Sement

Sementen kan ha mye å si for L-stoffdoseringen. Finere sement vil trenge mer L-stoff for å oppnå de samme porøse egenskapene som en grovere sement. Mengden på sementen vil også ha noe å si. Mengden innført luft vil avta som følge av mengden sement. [5]

## 2.6 Silika

Silika er en industrielt fremstilt pozzolan som kan erstatte deler av sementmengden for å få noe like egenskaper. Silika reagerer med sluttprodukter av sementhydratiseringen hvilket gjør at betongen vil få litt tregere fasthetsutvikling enn med kun sement. Silika øker også tettheten til betongen noe som kan medføre at det trengs mer L-stoff for å få tilsvarende frostbestandighet som ved kun sement. [2] [5]

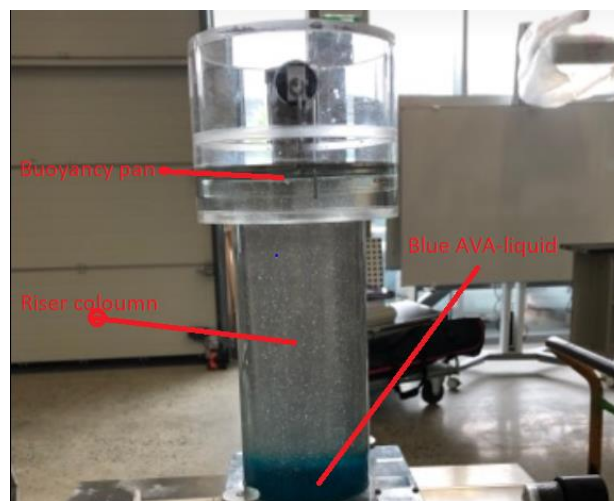
## 2.7 Flygeaske

Flygeaske (FA) er et produkt som kommer fra kullfyrte kraftverk. FA har mye av de samme egenskapene til silika. Derimot er størrelsen på partiklene mye grovere enn silikapartiklene hvilket gjør at tettheten til betongen ikke blir like påvirket som ved bruk av silika. Samtidig inneholder FA cirka halvparten av det reaktive silikatet som reagerer med et av sluttproduktene til sementhydratiseringen, noe som gjør at FA har betydelig lavere K-verdi. Flygeaske vil også måtte ha økt mengde tilsatt L-stoff for å få oppnådd tilfredsstillende luftinnhold. [2] [5]

## 2.8 Air Void Analyzer, AVA-3000

AVA er en metode for å måle porestrukturen i betong i fersk tilstand, fabrikkert av det danske selskapet Germann Instruments A/S. Denne metoden går ut på å skille ut alle luftboblene i en betongprøve, for så å samle og måle kvantiteten og størrelsen. Luftboblene blir sluppet ut i en væske som er tyngre enn vann og holder dem igjen fra å stige. Væsken klarer å bevare størrelsen på luftbolene ved at de hindres i å slå seg sammen eller splitte seg fra sin originale størrelse.

Deretter slippes luftboblene gjennom væsken og opp i beholderen (riser coloumn) som består av vann. Luftboblene stiger gjennom vannet og blir fanget opp av en luftsamler (Buoyancy Pan) under vann. [6]



Figur 2.8.1: AVA-3000 beholder med luftsamler.

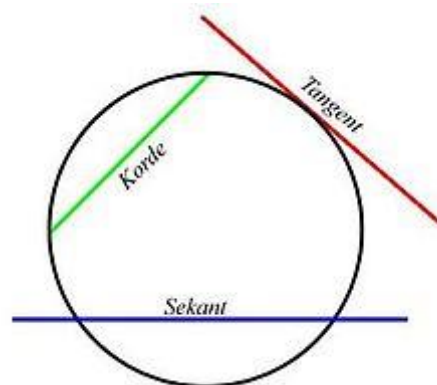
I følge Stokes law er farten på en luftboble som stiger gjennom vann proporsjonal med diameteren. Det vil si at en større luftboble vil stige raskere enn en mindre luftboble. Den tyngre væsken i bunn senker startfarten på boblene slik at det blir mulig å måle forskjellen på

boblene basert på hvor raskt de ankommer toppen og luftsamleren. Forandring i stigning er målt i vekt fra luftsamleren og registreres som en funksjon av tid. [7]

Ut ifra dette kan programmet regne ut luftboble-parameterne:

- Luftbobler < 3mm som tilsvarer korder <2mm
- Luftbobler < 1,5mm som tilsvarer korder <1mm
- Luftbobler < 0,5mm som tilsvarer korder <0,35mm

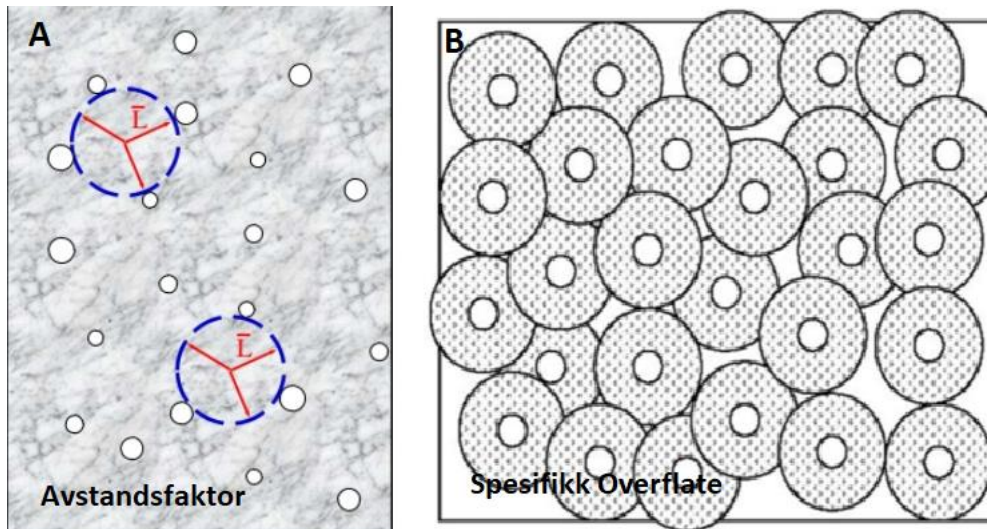
AVA-3000 bruker korder i stedet for diameter. Et rett linjestykke som forbinder to punkter på en kurve, flate eller i dette tilfellet en sirkel. Det står ikke nevnt hvorfor det brukes korde i stedet for diameter, men en korde kan være mer beskrivende for en luftboble som ikke er fullstendig rund. For testen så tilsvarer dette 2/3 av en diameter. [8]



Figur 2.8.3: Korde på en sirkel. [8]

Avstandsfaktor (spacing factor) er en empirisk måleenhet for å representere den maksimale lengden vann må reise for å nå en luftpore. Det er altså den generelle avstanden fra en luftboble til nærmeste luftboble som vist i figur 2.3.4. En lav avstandsfaktor vil ofte tilsvare finere luftporer.

Spesifikk overflate er forholdet mellom det totale overflatearealet av boblene delt på det totale volumet av luft i betongen. Dette blir kalkulert i  $\text{mm}^{-1}$ . Dette betyr at større spesifikk overflate tilsvarer finere luftporer. [9]



Figur 2.8.4: Illustrasjon av A: Avstandsfaktor og B: Spesifikk overflate

Videre måler programmet prosentandel luft i betongen og pastaen. Disse blir regnet ut ifra målt luft i prøven samt parameterne som blir lagt inn før teststart. Programmet registrer og følgende resultater hvert minutt:

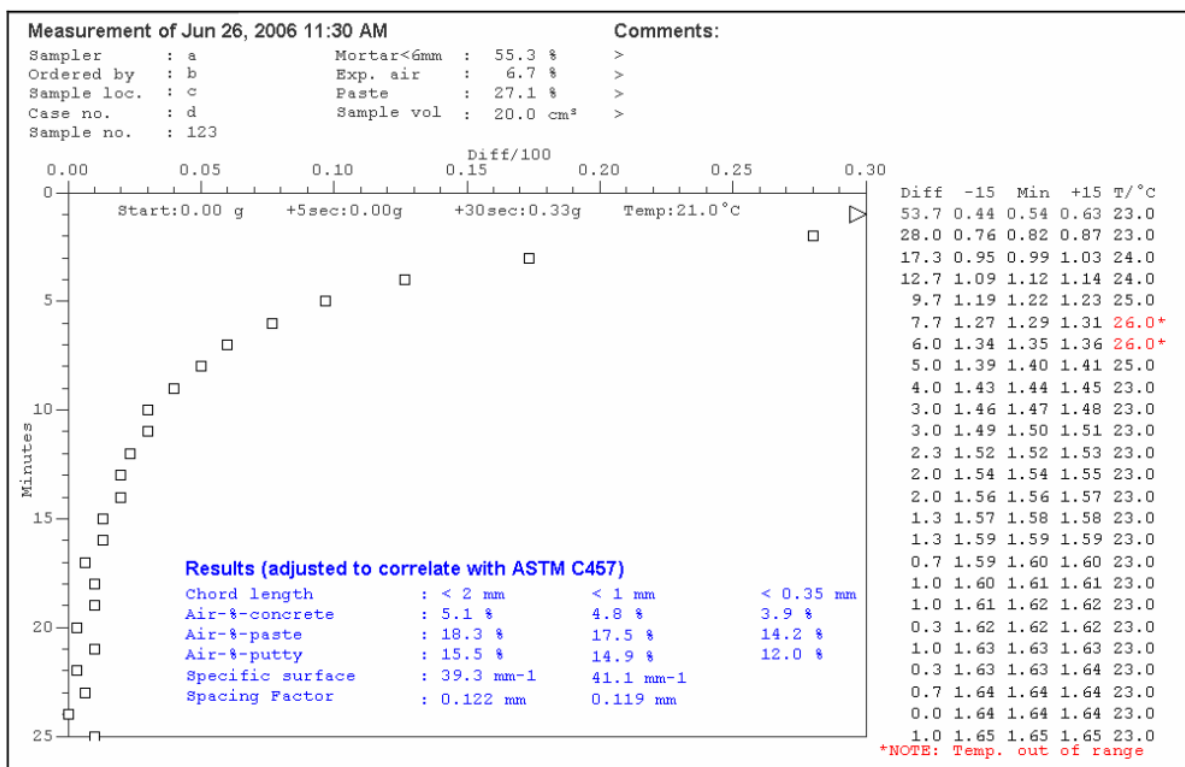
-Diff: Differansen mellom oppdriften fra to suksessfulle minuttmålinger [g\*100]

--15: Samlet oppdrift målt 15 sekunder før hvert minutt [g]

-Min: Samlet oppdrift målt hvert minutt [g]

+15: Samlet oppdrift målt 15 sekunder etter hvert minutt [g]

Temp: Temperatur målt hvert minutt gjennom testen



Figur 2.8.5: Eksempel på resultat fra AVA-3000. [6]

Krav til godkjent AVA-3000 prøve:

- Temperaturen på vannet og AVA-væsken må være mellom 21-25 grader. Dette er fordi temperaturen påvirker viskositeten til væskene i beholderen (riser column), og resultatet vil bli mindre nøyaktig når temperaturen er utenfor intervallet.
- Betongen skal ha minst 3,5% og maks 10% lufttilførende stoff. For lite luft fører til at vektforandringen blir veldig lav etter de første minuttene i forhold til presisjonen på når testen slutter å måle. Dette kan medføre at deler av porestrukturen ikke blir registrert som følge av tidlig testslutt. Er det for mye lufttilførende kan det skape turbulens i væsken [6].

Input data til AVA-3000

Før en test kan startes er det tre parametere som må legges inn i programmet:

- Mørtelvolum
- Pastavolum
- Forventet luft

Mørtelvolumet er betongvolumet fratrukket luft og tilslag på størrelse 6-16mm.

Mørtelvolumet skal representere prøven i AVA-3000 grunnet at alt som er større enn 6mm kommer ikke gjennom buret. Pastavolumet finner man ved å addere vann, sement og alle tilsetningsstoffene (vedlegg D).

Pastavolumet er summen av volumet av sement, flygeaske, silika, SP-stoff, L-stoff og vann. Disse parameterne er med på å regne ut alt ifra luftinnholdet i betongen til avstandsfaktor.

Tabell 2.8.1: Utregning av mørtelvolum og pastavolum [6].

Example A2

Table A2  
Mix proportions for concrete

Materials	Density kg/l	Mix Design	
		kg/m <sup>3</sup>	l/m <sup>3</sup>
Cement	3.20	314	98
Fly ash	2.27	73	32
Micro silica, powder	2.40	16	6.7
Water	1.00	139	139
Air entrainer	1.00	1.8	1.8
Air content, Target	-	-	50
Plasticizer	1.17	1.0	0.9
Super plasticizer	1.21	2.0	1.7
Fine agg., 0/4 mm	2.62	619	236
Coarse agg., 4/8 mm*	2.63	550	209
Coarse agg., 8/16 mm	2.63	590	224
Total		2306	1000

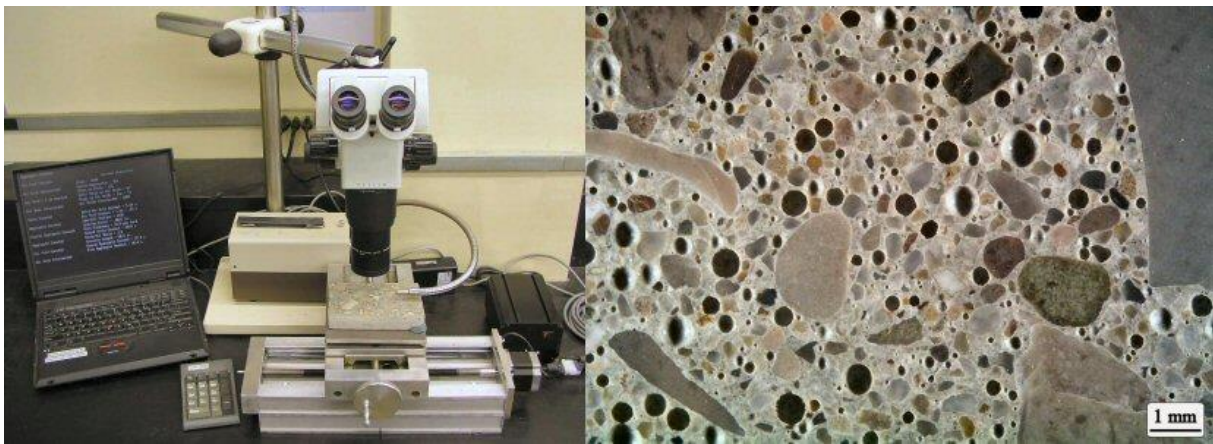
- Volume % of mortar  
= 100.0% [concrete] - 5.0% [air] - 0.67% • 20.9% [4/8 mm] - 22.4% [8/16 mm]  
= 58.6%
- Volume % of paste  
= 9.8% [cement] + 3.2% [fly ash] + 0.67% [micro silica] + 0.44% [additives<sup>3</sup>] +  
13.9% [water] = 28.0%
- Expected Volume % of air  
= 5.0%



## 2.9 Andre relevante tester

Det er to måter å teste frostbestandighet på. Frosttesting og luftporeanalyse. Frosttesting er den direkte måten hvor det utforskes frostskade på betongen mens luftporeanalyse ser på luftporestrukturen og fastsetter om betongen har nok gode luftporer til å være frostbestandig.

- ASTM C457 er en test som brukes for å analysere porestrukturen til en betong i herdnet tilstand. Testen finner luftinnhold, avstandsfaktor og spesifikk overflate slik som i AVA-3000. Testen baserer seg på å analysere et tverrsnitt av en betong. Et bilde av tverrsnittet legges inn i en Matlab-program som klarer å telle og måle porene og videre regne ut parameterne [10].
- Borås metoden er i henhold til Statens vegvesen en måte å fastslå frostbestandigheten til en betong ved vekslende tine- og frysesykluser. Testen testes enten med 3% NaCl-løsning eller kun vann på overflaten. Frostbestandigheten bestemmes basert på hvor mye masse som har skallet av fra testoverflaten. [10]



Figur 2.9.1: ASTM C45 [11].



## 3 Metodebeskrivelse

### 3.1 Blandeprosedyrer

Under alle forsøkene vil det bli brukt NORCEMs blandeprosedyre:

Først skal tørrmaterialet inn i blanderen i følgende rekkefølge:

- 8-16 mm Årdal tilslag
- Sement, silika
- 0-8 mm Årdal tilslag

Deretter startes blanderen og stoppekløyken.

- Etter 1 minutt tilsettes vannet og L-stoffet mens blanderen går.
- Etter 2 minutt tilsettes SP-stoffet
- Etter 4 minutter stoppes blanderen
- Etter 6 minutt startes blanderen igjen
- Etter 9 minutt stoppes blanderen.

Retten etter blanderen stoppes ved 9-minuttsmerket skal det utføres synk- og utbredelsesprøve.

### 3.2 Synkmål

Synkmål utføres ved å ta en synkkjegle og fylle den opp i tre omganger. Hver omgang fylles synkkjeglen opp en tredjedel. Etter hver omgang skal betongen komprimeres med 25 staketak så dypt at det akkurat overlapper det forrige laget. Deretter dras kjeglen sagte opp 90 grader iht. platen over en tidsperiode på 10 sekunder. Heretter måles høyden fra toppunktet av synkprøven til toppunktet av synkkjeglen. Distansen mellom punktene er betongens synk [12].

### 3.3 Synkutbredelse

Synkutbredelse utføres sammen med synkprøven hvor det måles diameteren til betongen i to retninger som står normalt på hverandre [13].



Figur 3.3.1: Synkmål og synkutbredelse av blanding 7

### 3.4 Støping Av 100x100mm Kuber

Formene fylles opp før man staker 25 ganger etterfulgt av å pusse sidene med sparkel. Deretter dras overflødig betong av på toppen og pusser overflaten. Til slutt bankes formene med 10 lette slag fordelt rundt på hver enkelt form [14].

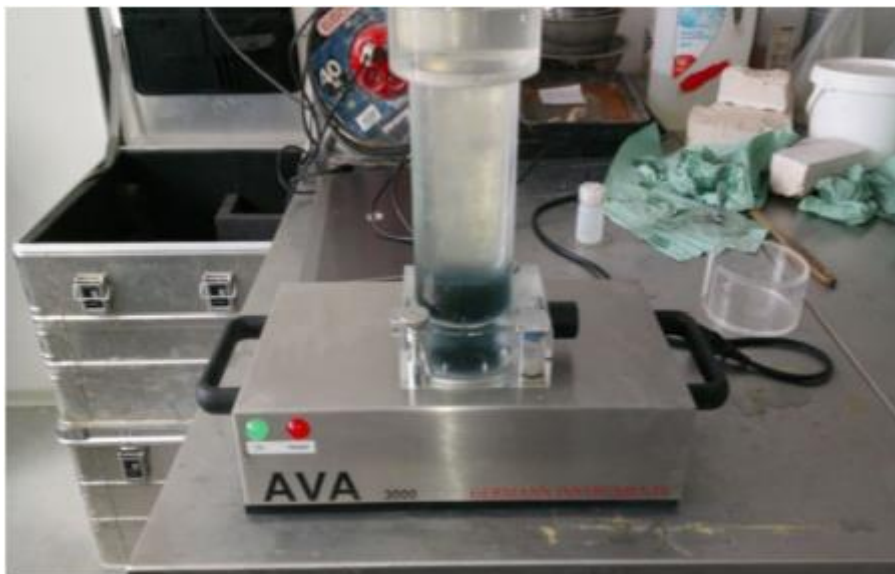
### 3.5 Prøving Av Fasthet

Man måler vekten av kubene og setter dem inn i trykkpressen med taggene ut mot sidene og den minst jevne overflaten frem. Betongkubene blir lastet med en jevn kraft over tid helt til kubene oppnår brudd. Deretter leser man av fastheten etter oppnådd brudd [15].

### 3.6 Lufttest

En 8 liters bøtte fylles helt opp med betong i 3 omganger. Likt som i synkmål fylles bøtten en tredjedel hver omgang. Hvert lag komprimeres med 25 stikk av en stikkstang jevnt fordelt på overflaten av hvert lag ned til det forrige laget. Hver bearbeiding blir avsluttet av 10-15 slag med en gummiklubbe og overflaten rettes med stikkstangen. Lokket blir festet, vann blir tilsatt ventilen til vann renner ut av den andre ventilen før den blir lukket. Deretter blir trykkammeret pumpet opp til et gitt merke og testventilen sluppet opp. Da kan luftinnholdet i betongen leses av manometeret [16].

### 3.7 Air Void Analysis



Figur 3.7.1: AVA grunnkomponent og beholder. [6]

En magnet legges i beholderen (og den fylles opp med vann 3cm under det svarte merket. Deretter bruker man en smal pensel til å fjerne alle luftboblene som er i beholderen. Trakten fylles opp med en blå AVA-væske (200ml) som senkes ned i beholderen og slippes ut på bunnen slik at det dekker og skiller bunnen fra vannet. Vannet skal nå ligge 2-3mm under den svarte streken.

Luftsamleren (Buoyancy Pan) senkes ned i vannet og sørges for at all luft blir trukket ut gjennom det ene hullet i luftsamleren. Dekselet (Windshield) settes på og AVA-3000 programmet åpnes og utregnede data blir lagt inn. [6]

Etter betongen er blandet skal det tas ut en 20cl prøve av den. Prøvetakingsprøyten (Sampling Syringe) og buret (Wire Cage) monteres på vibratoren og sprøyten smøres lett med vaselin. Vibratoren festes videre til en elektrisk drill (figur 3.7.2 B). En plate med hull legges oppå betongoverflaten der prøven skal tas. Vibratoren blir presset mot drillen mens drillen blir kjørt på maksimum kraft for å aktivere vibreringen. Buret senkes ned i betongen gjennom platehullet mens det vibreres (figur 3.7.2 A). Dette gjør at mørtelen (betongen med unntak av tilslag over 6mm) vil sige inn i buret. Vibreringskraften må justeres slik at mørtelnivået i buret er på høyde med betongen. Når buret er senket helt ned dras enden sprøyten opp slik at den trekker til seg betong. Når sprøyten er fullt opp med 20cl betong monteres den av vibratoren og sprøytes inn i AVA-3000 maskinen (figur 3.7.2 C). Vekten nullstilles, og man starter testen ved å trykke «Start». Da starter magneten å spinne og AVA-3000 begynner å registrere luftmålinger fra betongen. [6]



Figur 3.7.2: A: Prøveuttak. B: Montering av vibratoren med sprøyte. C: Prøven settes inn i beholderen (AVA-3000). [6]

## 4 Prøveprogram

Prøveprogrammet er satt opp for å se effekten av materialsammensetninger på luft og luftporestruktur. Det skal støpes to referanseblandinger som resterende blandinger skal sammenlignes med. En betong med anlegg flygeaske (blanding 2) og en med industrisement (blanding 3). Referanseblandingene har alle andre parametere like.

### 4.1 Prøveprogrammet

Tabell 4.1.1 Planlagt prøveprogram.

	Sementtype	V/B-TALL	L-STOFF	FA	SF
Blanding 1	ANL FA	0,40%	0,042%/ 5%	0%	0%
Blanding 2	ANL FA	0,40%	0,029%/ 3,5%	0%	0%
Blanding 3	IND	0,40%	0,029%/ 3,5%	0%	6%
Blanding 4	ANL FA	0,33%	0,029%/ 3,5%	0%	0%
Blanding 5	ANL FA	0,60%	0,029%/ 3,5%	0%	0%
Blanding 6	ANL FA	0,40%	0,067%/ 6%	0%	0%
Blanding 7	ANL FA	0,40%	0,029%/ 3,5%	15%	0%
Blanding 8	IND	0,40%	0,029%/ 3,5%	0%	11%

V/B-tall er gitt som vann delt på sement.

L-stoff er gitt som prosent av bindemiddel/ tilsvarende ekstra luftvolum som prosent av betongvolumet.

FA er gitt som prosent av bindemiddel.

SF er gitt som prosent av bindemiddel.

Tabell 4.1.2 Planlagt testing for blandningene.

AVA-3000	15min	1time 15min
Trykkfasthet	7 døgn	28 døgn

### 4.2 Praktisk Utførelse i Lab

AVA-3000 testene og fasthetstestene utføres i henhold til prøveprogrammet.

For å få minst mulig faktorer som påvirker resultatene blir betongreseptene proporsjonert slik at de eneste variablene i blandningene er:

- Sementtype
- V/B-tall
- L-stoff
- Flygeaske
- Silika

Det vil bli brukt et herdekar til alle blandningene hvor terningene vil blir plassert etter 24 timer i former som skal ligge på romtemperatur (ca. 20 grader). Under støping vil all testing bli gjennomført etter prosedyrene beskrevet i «Metodebeskrivelser.»

Prøveprogrammet skal gjennomføres i følgende rekkefølge på støpedag:

- Klargjøre AVA-3000
- Støpe betong
- Synkmål og synkutbredelse

- AVA-3000 15min-test
- Lufttest
- Støping av 100x100mm kuber
- AVA-3000 1time og 15min-test

### 4.3 Resepter

Tabell 4.3.1: Planlagte resepter (kg/m<sup>3</sup>)

	bl1	bl2	bl3	bl4	bl5	bl6	bl7	bl8
Anlegg FA	374,3	374,3		413,8	293,4	374,3	317,2	
Industri			353,6					313
Flygeaske							56,2	
Silika			22,6					38,4
Vann	149	149	151	136	176	149	157	156
Årdal 0-8	998	998	998	998	998	998	998	998
Årdal 8-16	889	889	889	889	889	889	889	889
RMC 420M (SP-stoff)	1,87	1,87	1,88	3,06	0,73	1,87	1,87	1,76
Mapei 25 (L-stoff)	0,16	0,09	0,11	0,12	0,09	0,25	0,09	0,1
V/B-tall	0,4	0,4	0,4	0,33	0,6	0,4	0,4	0,4
%Matriksvolum	30	30	30	30	30	30	30	30
%Luft tilsatt	5 %	3,50 %	3,50 %	3,50 %	3,50 %	8 %	3,50 %	3,50 %

### 4.4 Materialer

Tabell 4.4.1:

Material	Type
Sement	Norcem Industri
	Norcem Anlegg FA
Pozzaloner	Flygeaske LN 1-17
	Microsilika Undensified
Tilsetningsstoffer	Mapeair 25 (L-stoff)
	RMC-420M (SP – Stoff)

Det vil bli brukt 2 forskjellige sementer i dette prøveprogrammet, henholdsvis Norcem Industri og Anlegg FA. Anlegg FA har allerede tilsatt 15% flygeaske noe som blir tatt høyde for i blandingsarket da kravene til NS – EN 206+NA er gitt i prosent av totalt bindemiddelvolum, men mengde innblandet FA i sementen vil i realiteten kunne variere for hvert sementuttak. K-faktor for silika (Ks) ble satt lik 2 og for FA (Kfa) lik 0,7.

Industrisementen har krav på minst 6% silika i følgen NS – EN 206 + NA noe som er tatt høyde for i resepten. [17]

## 5 Resultater

### 5.1 Resepter

Blandereseptene fra prøveprogrammet er tilpasset til et volum på 25 liter for alle reseptene med unntak av blanding 1 og 2 som er 30 liter. Det ble tatt hensyn til absorbert fukt i tilslag, fukt i tilslag, sand og stein, samt vann i SP – stoff. Fukten i tilslaget ble målt i starten av februar ved å fylle opp en dunk med tilslag og rulle dem rundt for å få jevn fukt. Deretter ble 800g av tilslaget tatt ut og veid før det ble stekt i en stekeplate slik at fukten fordampet og veid noe som ble brukt i utregningen av fukt.

Det ble tilsatt L-stoff (Mapeair 25) tilsvarende minst 3,5% luft av betongen grunnet at AVA-3000 kun godkjenner betonger med minst 3,5% luft.

### 5.2 Gjennomføringsbeskrivelse

Før støpingen måtte AVA3000-utstyret være klart. Det oppvarmede vannkaret måtte være på i minst 1 døgn før testing for å sikre at vannet som ble brukt i AVA3000-analysen var innenfor temperaturkravet på 22-25 grader. Dette ble løst ved at vannkaret sto på kontinuerlig gjennom semesteret. På støpedagen ble det som beskrevet i «Metodebeskrivelser» gjennomført før selve gjennomførelsen av støpingen.

Deretter ble betongresepten brukt til å regne ut mørtelprosenten og pastaprocenten. Dette ble gjort i henhold til AVA-3000 heftet. Materialene ble veid opp og gjort klar til blandingen. Klokka ble startet i det blanderen med det tørre materialet ble skrudd på. Grunnet en dårlig betongblander var det mye av det tørre materialet som ikke ble blandet inn med resten rundt kantene. Det ble derfor gjort tiltak ved 4-minuttsmerket å røre samt skrape kantene i blanderen i 2 minutter for å få det med i den resterende blandingen.

Da blandingen var ferdig ble testene gjort i følgende rekkefølge:

- Synk-utbredelsestest
- Air void analysis
- Lufttest

For AVA ble det gjort en forandring på prosedyren. Grunnet diagonalen til platen som skulle legges på overflaten der prøven skal tas er i overkant av 35 cm og samtlige bøtter på laboratoriet er sirkulære gjorde det at det minimalt måtte være 12L betong tilgjengelig per AVA-prøve, gitt den perfekte bøtten. Dette ble løst med å bruke lufttestbøtten og i gjengjeld ta platen ut av testprosedyren grunnet at den var for stor. Lufttestbøtten ble fylt opp slik som den ville blitt fylt ved en lufttest, altså fylt opp i tre omganger med 25 kompresjoner per omgang samt 10-15 slag med gummihammeren. Da denne var fylt opp, ble 20cl tatt ut fra den. Den ble i samtlige forsøk testet mellom 15-20min etter vannet ble blandet inn i blandingen. Etter prøven var tatt ble bøtten etterfylt slik at den var klar til lufttest. AVA-prøven ble satt i AVA-3000 og testet før lufttesten ble tatt. Etter lufttesten ble det støpt 6 terninger per blanding for fasthetstesting etter 7 døgn og 28 døgn.

AVA-prøve nummer 2 ble testet etter 1time og 15 minutt etter samme prosedyre som den etter 15 minutt. Dette ble gjennomført på blandingene 1, 2, 3, og 6. Grunnet vanskeligheter ved å ta



opp en representativ prøve etter 1time og 15min som følge av endring av støpelighet ble ikke 1time og 15min testen utført på resterende blandinger.

Det ble gjort mange forsøk på blandinger før første vellykkede måling ble tatt. Blanding 4 og 7 ble støpt på ny som følge av for mye sp-stoff/dårlig gjennomført blandingsprosedyre. Da blanding 7 ble støpt for andre gang var det større suksess mtp. luftinnhold men grunnet en teknisk feil i AVA-3000 ble dessverre dataen ikke lagret og det eneste som ble notert var slump og luftinnhold. Når tredje forsøk på blanding 7 ikke gikk som forventet ble det tatt en avgjørelse å ikke forsøke flere ganger på samme blanding.

For prøving av fasthet for blanding 7 og 8 etter 28 døgn er det ikke fått noen resultater. Dette skyldes bachelor-studentenes ryddedag på laben kastet de resterende kubene for prøveprogrammet før de skulle testes for 28 døgns fasthet. Derfor er det kun resultater for 7 døgns trykkfasthet for disse blandinger.

### 5.3 Resultat Blandinger

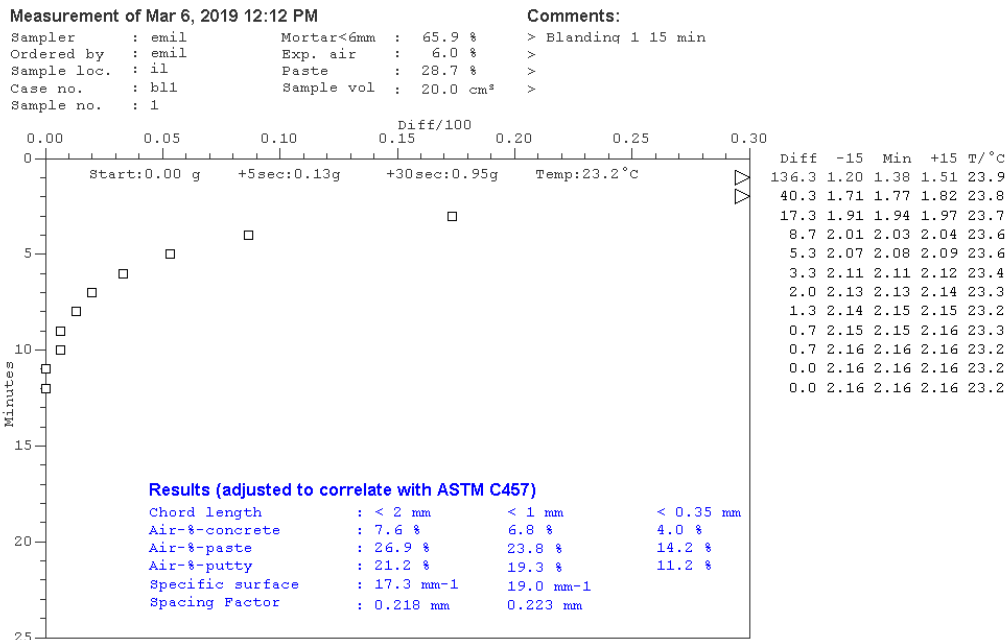
Resultatene er presentert etter nummer på blandinger. For hver blanding er det lagt ved en tabell med resultater fra tester gjort med unntak av AVA-3000-prøven. I tabellen er også data som er regnet ut og lagt inn i AVA-3000. Etter tabellen er det vedlagt en figur fra AVA-3000 fra hver av testene.

#### 5.3.1 Blanding 1 ANL FA 5% L-stoff

Tabell 5.3.1.1: Parametere for blanding 1

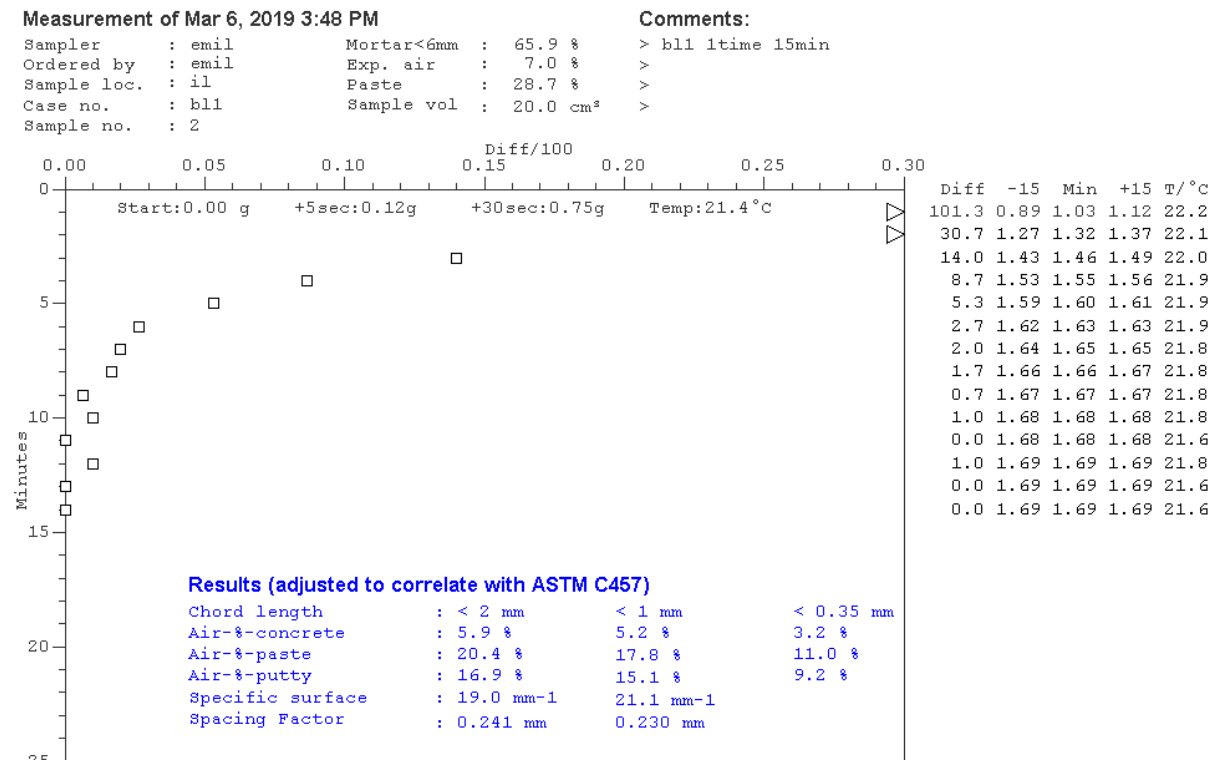
<b>Blanding 1 ANL FA 5% L-stoff</b>	
Synk(mm)	240mm
Utbredelse(mm)	540mm
Luftinnhold(%)	7,5%
Fasthet 7 døgn(MPa)	30,96MPa
Fasthet 28 døgn(MPa)	40,36Mpa
AVA-3000 input	
Mortar%	65,9%
Paste%	28,7%
Expected air content%	6%

Tabellen viser alle parametere med unntak av utregnede data fra AVA-3000 for blanding 1. Forventet luftinnhold ble 1,5% mindre enn det faktiske luftinnholdet.



Figur 5.3.1.1: Blanding 1, 15 min i AVA-3000.

Figuren viser resultater fra AVA-3000-testen for blanding 1 etter 15 min. Luftinnholdet under 3 mm diameter (2 mm korde) er tilnærmet likt målt luftinnhold fra lufttesten. Viktige parametere å legge merke til er Air-%-concrete, spesifikk overflate («Specific surface») og avstandsfaktor («Spacing Factor»).



Figur 5.3.1.2: Blanding 1, 1time 15min i AVA-3000

Figuren viser AVA-3000 testen for blanding 1 etter 1time og 15 min. Luftinnholdet under 3 mm diameter (2 mm korde) er redusert fra 7,6% til 5,9% samtidig som at avstandsfaktoren har økt fra 0,218 mm til 0,241 mm og spesifikk overflate økt fra 17 mm<sup>-1</sup> til 19 mm<sup>-1</sup>.

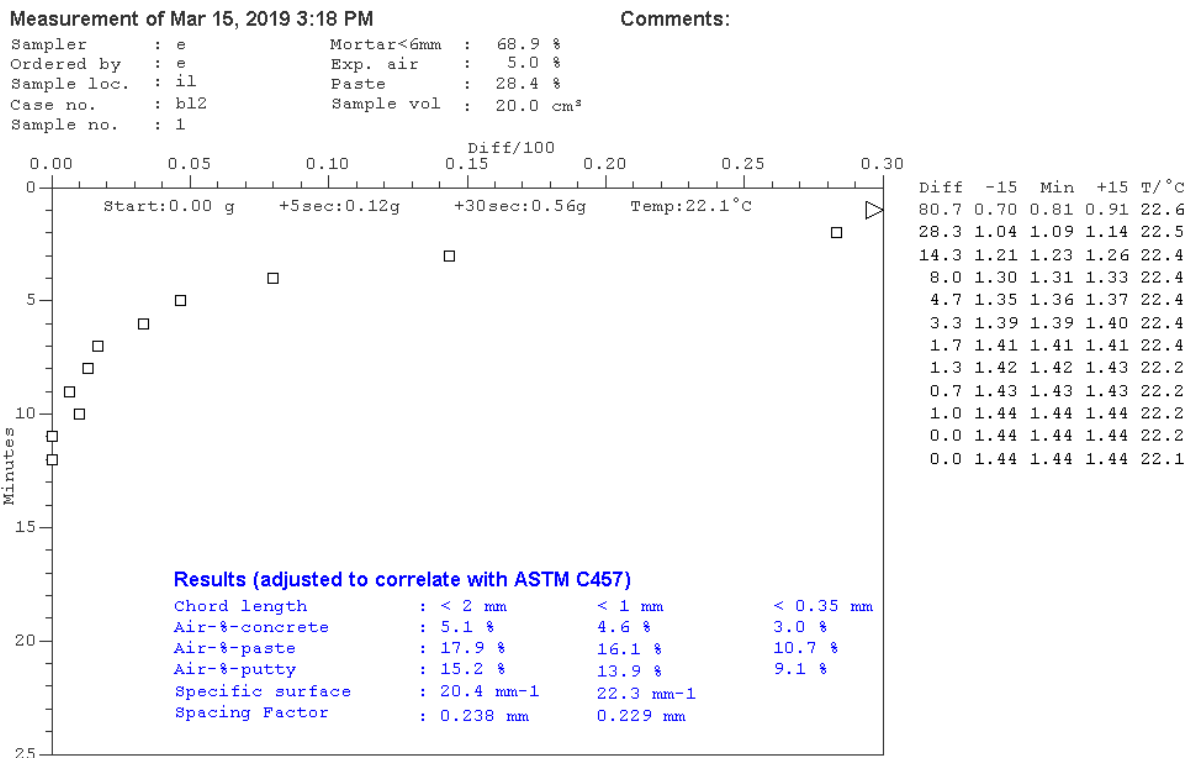


### 5.3.2 Blanding 2 ANL FA 3,5% L-stoff

Tabell 5.3.2.1: Parametere for blanding 2.

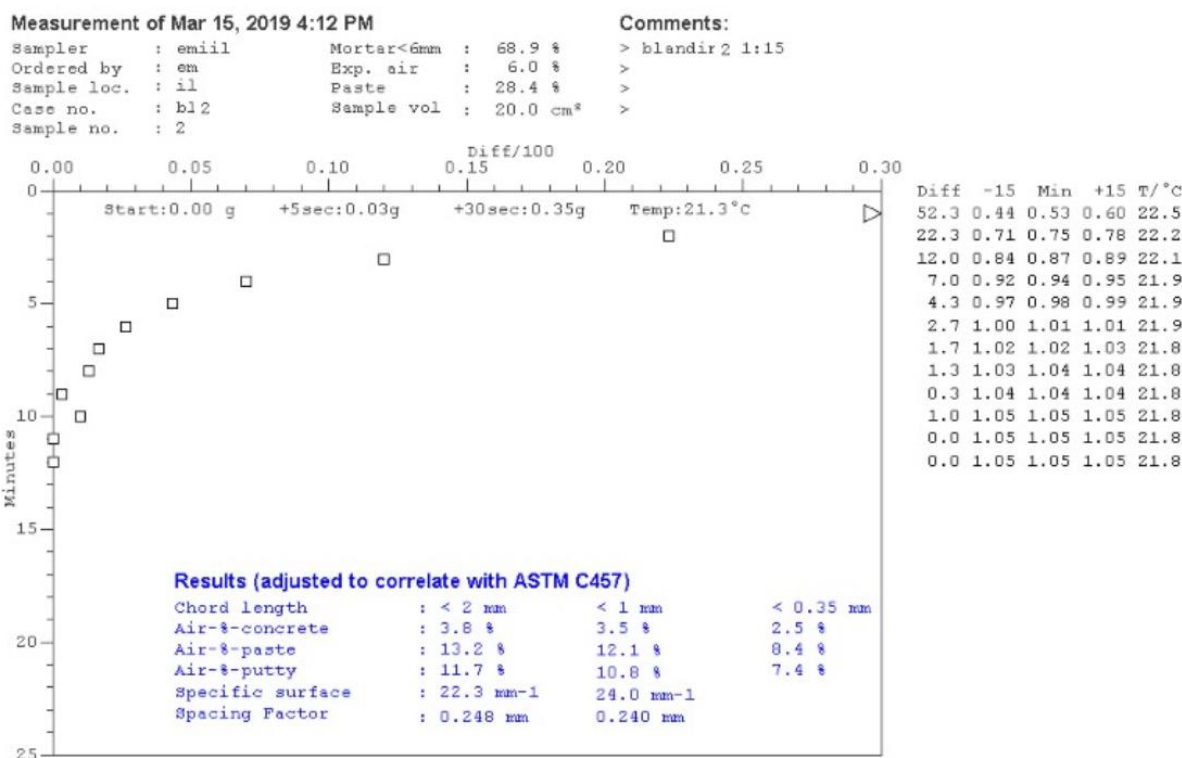
Blanding 2 ANL FA 3,5% L-stoff	
Synk(mm)	220mm
Utbredelse(mm)	540mm
Luftinnhold(%)	7%
Fasthet 7 døggn	33,76MPa
Fasthet 28 døggn	48,26MPa
AVA-3000 input	
Mortar%	68,9%
Paste%	28,4%
Expected air content%	5%

Tabellen viser alle parametere med unntak av utregnede data fra AVA-3000 for blanding 2. Luftinnholdet er 2% høyere enn det som ble antatt før måling selv med kun 3,5% tilført L-stoff.



Figur 5.3.2.1: Blanding 2, 15min i AVA-3000.

Figuren viser AVA-3000 testen for blanding 2 etter 15 min. Luftinnholdet under 3 mm diameter (2 mm korde) er 1,9% lavere enn det som ble målt i lufttesten.



Figur 5.3.2.2: Blanding 2, 1time 15min i AVA-300

Figuren viser AVA-3000 testen for blanding 2 etter 1t og15 min. Luftinnholdet under 3 mm diameter (2 mm korde) er 1,3% mindre totalt enn det var ved 15 min. Dette er en gjenganger fra blanding 1 at luftinnholdet blir betydelig mindre med et tidsmellomrom på 1 time samtidig som spesifikk overflate og avstandsfaktor går opp.

### 5.3.3 Blanding 3 REF IND 6% Silika 3,5% L-stoff

Tabell 5.3.3.1: Parametere for blanding 3.

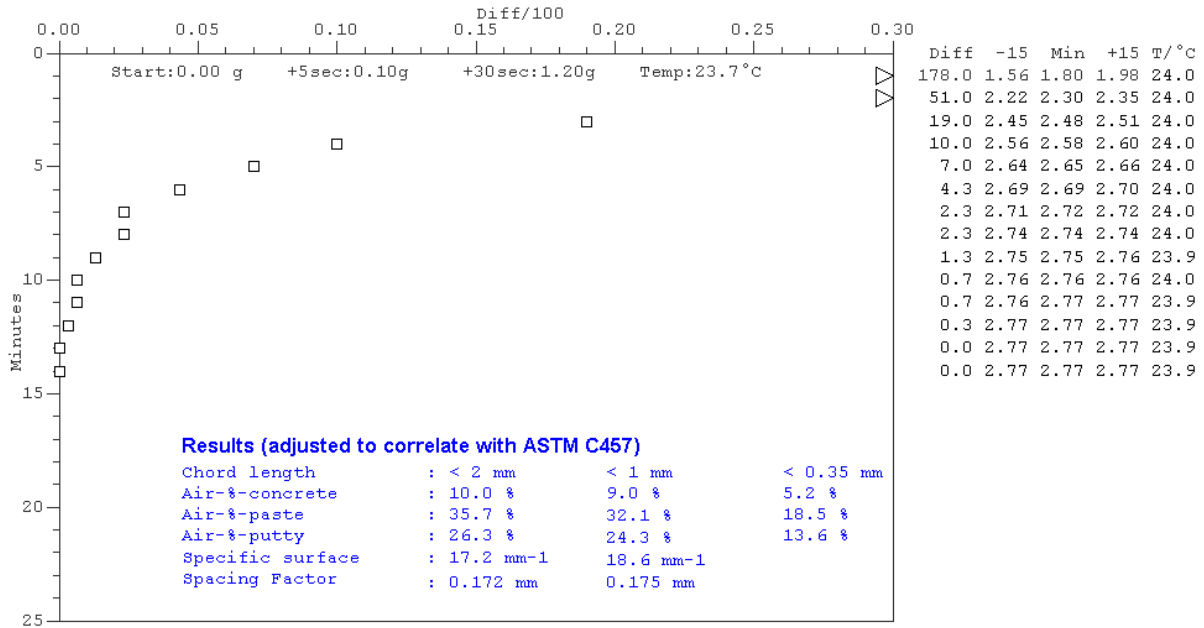
Blanding 3 REF IND 3,5% L-stoff	
Synk(mm)	200mm
Utbredelse(mm)	490mm
Luftinnhold(%)	12%
Fasthet 7 døg	38,08MPa
Fasthet 28 døg	40,29MPs
AVA-3000 input	
Mortar%	66,7%
Paste%	29,4%
Expected air content%	5%

Tabellen viser alle parametere med unntak av utregnede data fra AVA-3000 for blanding 3. Som tabellen viser ble forventet luft bommet med +7 % av betongen. Dette med kun 3,5% tilsatt L-stoff.

Measurement of Mar 19, 2019 12:39 PM

Comments:

Sampler : emil Mortar<6mm : 66.7 % > 15 min  
 Ordered by : emil Exp. air : 5.0 % >  
 Sample loc. : il Paste : 29.4 % >  
 Case no. : 3 Sample vol : 20.0 cm<sup>3</sup> >  
 Sample no. : 1



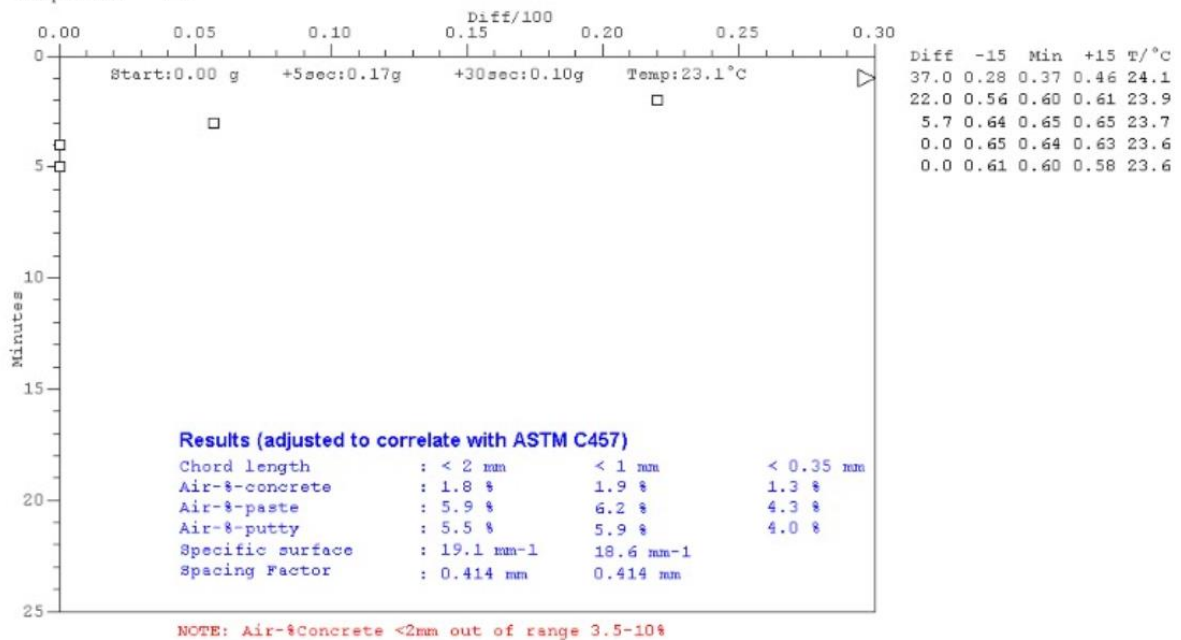
Figur 6.3.3.1: Blanding 3, 15min i AVA-3000.

Figuren viser AVA-3000 testen for blanding 3 etter 15 min. Luftinnholdet under 3 mm diameter (2 mm korde) er 2% mindre enn målt luftinnhold ved lufttest.

Measurement of Mar 19, 2019 4:57 PM

Comments:

Sampler : emil Mortar<6mm : 66.6 % > 3 lt 15min  
 Ordered by : emil Exp. air : 5.0 % >  
 Sample loc. : il Paste : 29.4 % >  
 Case no. : 3 Sample vol : 20.0 cm<sup>3</sup> >  
 Sample no. : 2



Figur 5.3.3.2: Blanding 3, 1time 15min i AVA-3000.

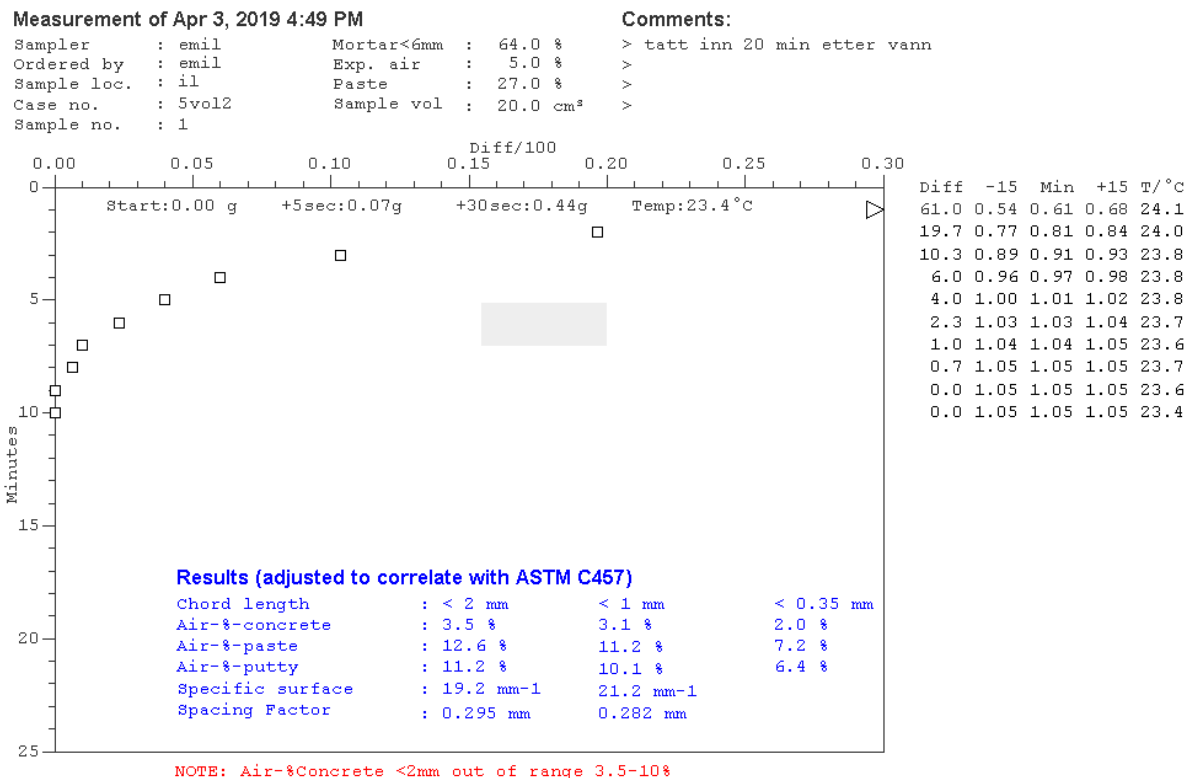
Figuren viser AVA-3000 testen for blanding 3 etter 1time og 15 min. Luftinnholdet under 3 mm diameter (2 mm korde) er helt nede på 1,8% hvilket gjør at testen egentlig ikke er godkjent. Det skal legges til at blandingen var betydelig seigere ved 1time og 15 min noe som krevde mer vibrering for å få en representativ prøve.

#### 5.3.4 Blanding 4 ANL FA 0,33 v/c 3,5% L-stoff

Tabell 5.3.4.1: Parametere for blanding 4.

Blanding 4 ANL FA 0,33 v/c	
Synk(mm)	220mm
Utbredelse(mm)	460mm
Luftinnhold(%)	5%
Fasthet 7 døgn	49,8MPa
Fasthet 28 døgn	67,35MPa
AVA-3000 input	
Mortar%	64%
Paste%	27%
Expected air content%	5%

Tabellen viser alle parametere med unntak av utregnede data fra AVA-3000 for blanding 4.



Figur 5.3.4.1: Blanding 4, 15min i AVA-3000.

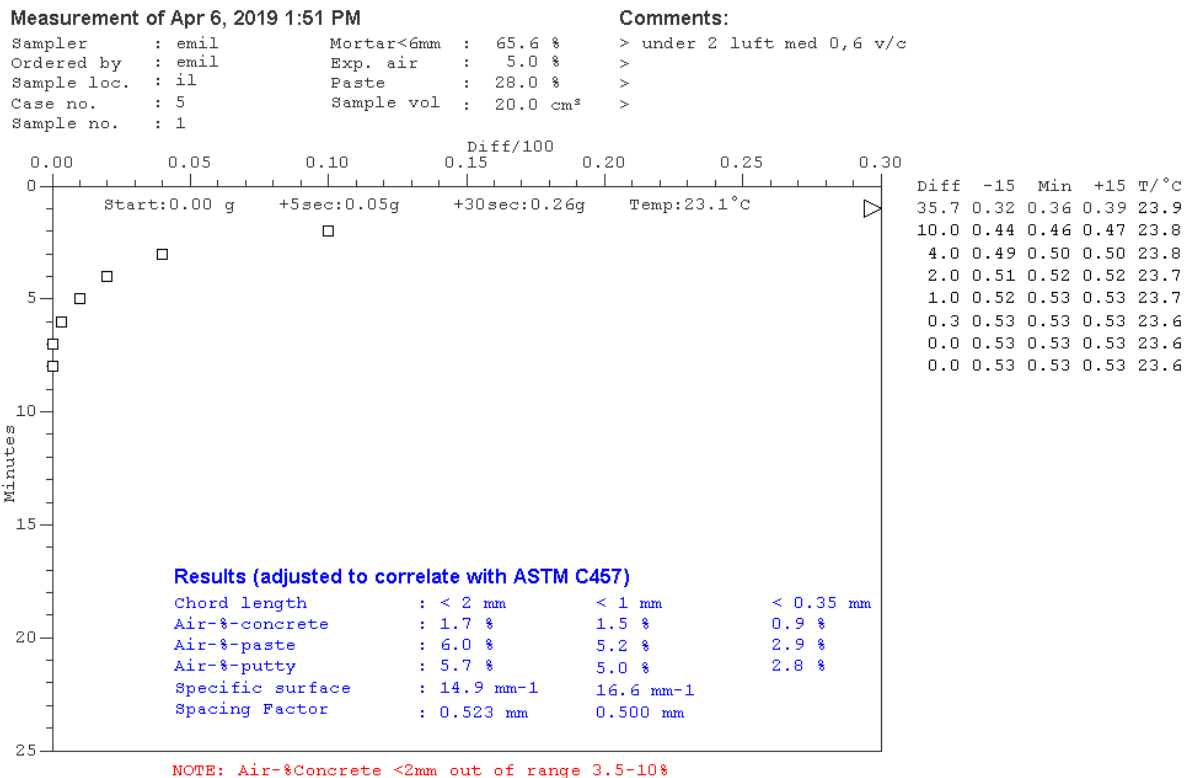
Figuren viser AVA-3000 testen for blanding 4 etter 15 min. Slik som det vises i figuren hadde blandingen akkurat 3,5% luft under 3mm diameter. Likevel står det at blandingen er «out of range.» Samtidig ser vi at blandingen ikke godkjenner kravet om mindre enn 0,250 mm avstandsfaktor.

### 5.3.5 Blanding 5 ANL FA 0,6 v/c 3,5% L-stoff

Tabell 5.3.5.1: Parametere for blanding 5.

Blanding 5 ANL FA 0,6	
Synk(mm)	170mm
Utbredelse(mm)	350mm
Luftinnhold(%)	2%
Fasthet 7 døg	15,39MPa
Fasthet 28 døg	24,57MPa
AVA-3000 input	
Mortar%	65,6%
Paste%	28%
Expected air content%	5%

Tabellen viser alle parametere med unntak av utregnede data fra AVA-3000 for blanding 5. Luftinnholdet på denne blandingen er 3 % mindre enn forventet luftinnhold.



Figur 5.3.6.1: Blanding 5, 15min i AVA-3000.

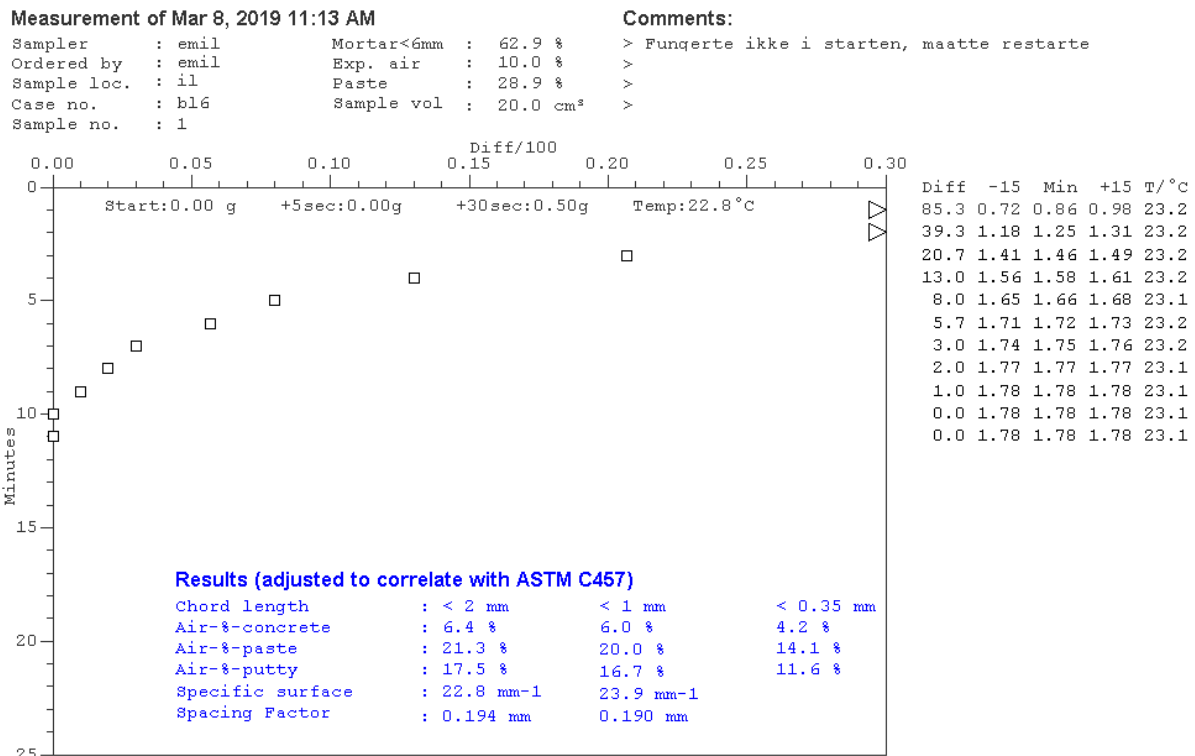
Figuren viser AVA-3000 testen for blanding 5 etter 15 min. Luftinnholdet under 3 mm diameter (2 mm korde) er tilnærmet likt målt luftinnhold fra lufttesten. Testen er også utenfor luftinnholdskravet til AVA-3000 og har ikke god nok avstandsfaktor.

### 5.3.6 Blanding 6 ANL FA 8% L-stoff

Tabell 5.3.6.1: Parametere for blanding 6.

Blanding 6 ANL FA 8% L-stoff	
Synk(mm)	200mm
Utbredelse(mm)	405mm
Luftinnhold(%)	11%
Fasthet 7 døggn	30,25MPa
Fasthet 28 døggn	38,73MPa
AVA-3000 input	
Mortar%	62,9%
Paste%	28,9%
Expected air content%	10%

Tabellen over viser alle parametere med unntak av utregnede data fra AVA-3000 for blanding 6.



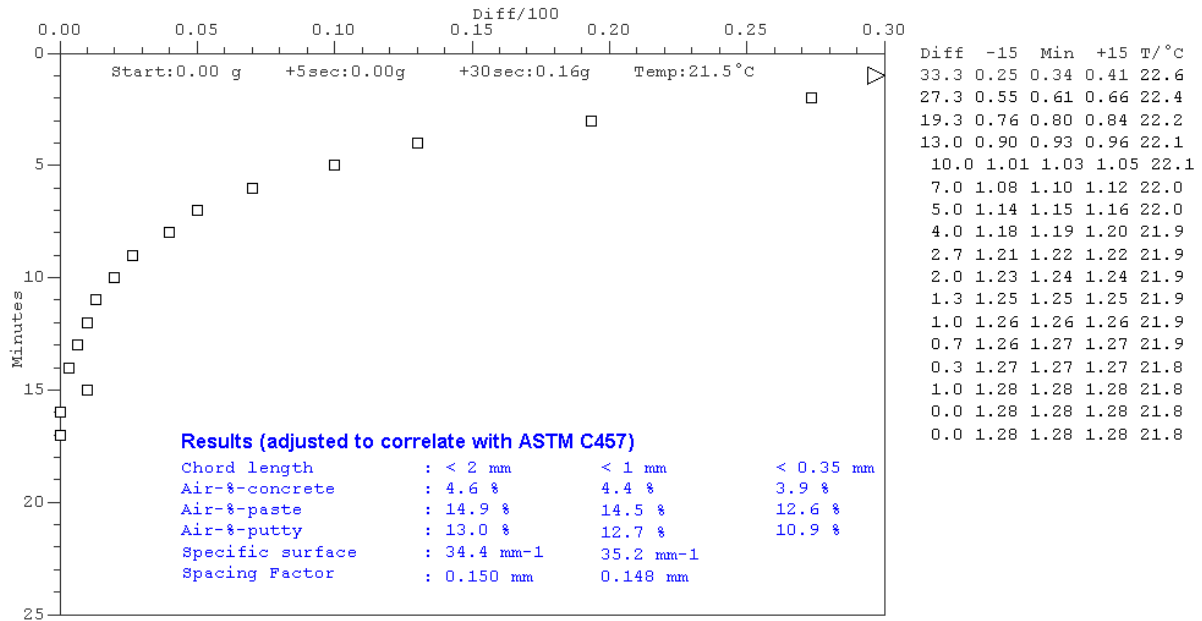
Figur 5.3.6.1: Blanding 6, 15min i AVA-3000

Figuren viser AVA-3000 testen for blanding 6 etter 15 min. Verdt å nevne at testen ikke startet med en gang så computeren måtte restartes mens prøven lå i den blå AVA-væsken.

Measurement of Mar 8, 2019 12:02 PM

Comments:

Sampler : e Mortar<6mm : 62.9 % > matte restarte pcn  
 Ordered by : e Exp. air : 10.0 % >  
 Sample loc. : il Paste : 28.9 % >  
 Case no. : bl6 Sample vol : 20.0 cm³ >  
 Sample no. : 2



Figur 5.3.6.2: Blanding 6, Itime 15min i AVA-3000.

Figuren viser AVA-3000 testen for blanding 6 etter 1 time og 15 min. Det samme som skjedde med 15min testen derfor måtte testen restartere igjen.

### 5.3.7 Blanding 7 ANL FA +15% FA 3,5% L-stoff

Tabell 5.3.7.1: Parametere for blanding 7.

Blanding 7 ANL FA +15% FA 3,5% L-stoff	
Synk(mm)	250mm
Utbredelse(mm)	600mm
Luftinnhold(%)	2%
Fasthet 7 døgn	50,96MPa
Fasthet 28 døgn	N/A
AVA-3000 input	
Mortar%	62,5%
Paste%	28%
Expected air content%	5%

Tabellen viser alle parametere med unntak av utregnede data fra AVA-3000 for blanding 7.

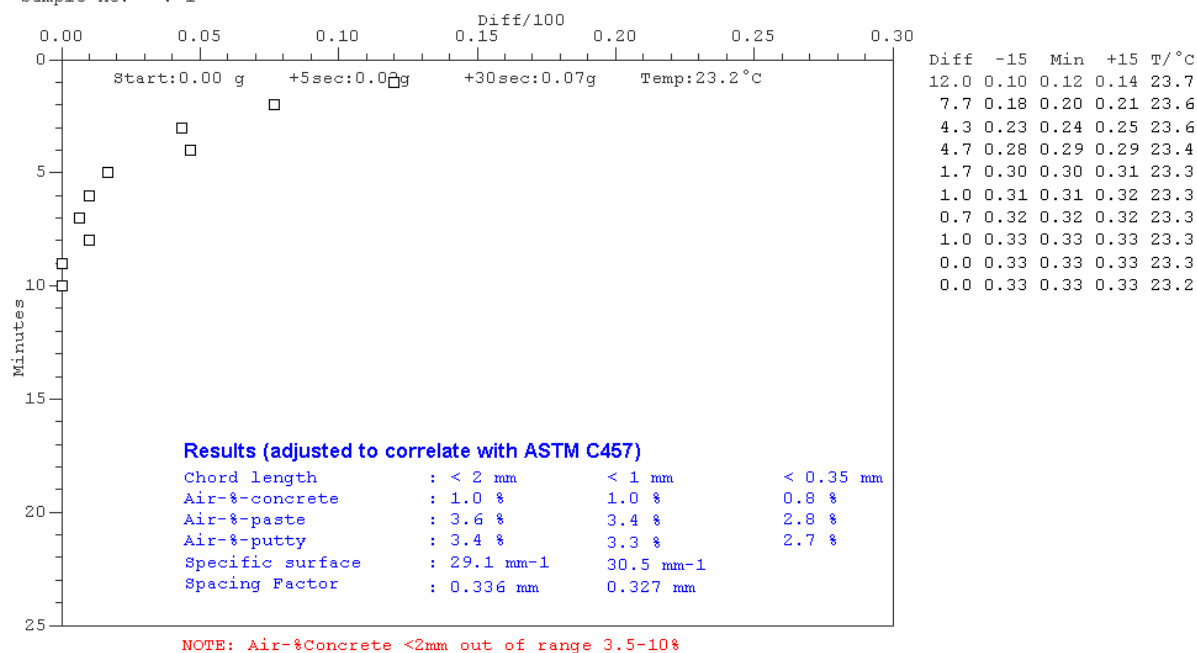
Fastheten ved 28 døgn er ikke blitt testet da kubene ble kastet under rydding på laben.

Blandingen ble veldig seig og separert.

Measurement of Apr 23, 2019 5:29 PM

Sampler : emil Mortar<6mm : 62.5 % > sepparert og veldiq seiq  
 Ordered by : emil Exp. air : 5.0 % >  
 Sample loc. : IL Paste : 28.0 % >  
 Case no. : 7 Sample vol : 20.0 cm³ >  
 Sample no. : 1

Comments:



Figur 6.3.7.1: Blanding 7, 15min i AVA-3000.

Figuren viser AVA-3000 testen for blanding 7 etter 15 min. Testen kom ikke innenfor 3,5% luftskravet til programmet.

### 5.3.8 Blanding 8 IND 11% Silika 3,5% L-stoff

Tabell 5.3.8.1: Parametere for blanding 8.

Blanding 8 IND 11% Silika 3,5% L-stoff	
Synk(mm)	100mm
Utbredelse(mm)	230mm
Luftinnhold(%)	9,5%
Fasthet 7 dogn	45,37MPa
Fasthet 28 dogn	N/A
AVA-3000 input	
Mortar%	66%
Paste%	28,8%
Expected air content%	5%

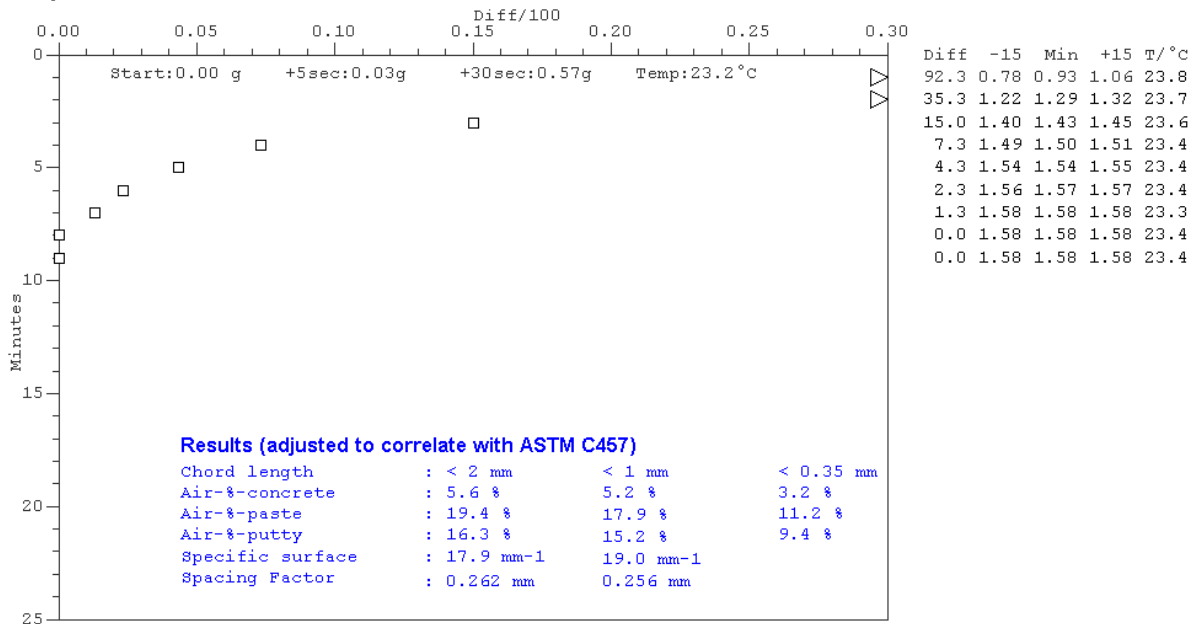
Tabellen viser alle parametere med unntak av utregnede data fra AVA-3000 for blanding 8. Fastheten ved 28 dogn er ikke blitt testet da kubene ble kastet under rydding på laben.



Measurement of Apr 16, 2019 1:13 PM

Comments:

Sampler : emil Mortar<6mm : 66.0 % >  
 Ordered by : emil Exp. air : 5.0 % >  
 Sample loc. : il Paste : 28.8 % >  
 Case no. : 8 Sample vol : 20.0 cm³ >  
 Sample no. : 1



Figur 5.3.8.1: Blanding 8, 15min i AVA-3000.

Figuren viser AVA-3000 testen for blanding 8 etter 15 min.

## 5.4 Diskusjon

Blandingene er fordelt i fem grupper slik at det kun er en variabel per gruppering å diskutere.

### 5.4.1 Diskusjon blanding 1, 2 og 6

Tabell 5.4.1.1: Parametere for blanding 2, 1 og 6.

	BL2 REF	BL1	BL6
Slump/utbredelse	220/540mm	220/540mm	200/405mm
Luftinnhold	7%	7,5%	11%
L-stoff	3,5%	5%	8%
AVA målinger			
15 min			
<2mm	5,1%	7,6%	6,4%
<1mm	4,6%	6,8%	6%
<0,35mm	3%	4%	4,2%
Spacing factor	0,238mm	0,218mm	0,194mm
Specific surface	20,4mm <sup>-1</sup>	17,3mm <sup>-1</sup>	22,8mm <sup>-1</sup>
1 time og 15min			
<2mm	3,8%	5,9%	4,6%
<1mm	3,5%	5,2%	4,4%
<0,35mm	2,5%	3,2%	3,9%
Spacing factor	0,248mm	0,241mm	0,15mm
Specific surface	22,3mm <sup>-1</sup>	19mm <sup>-1</sup>	34,4mm <sup>-1</sup>

For blandingene 1,2,6 er den eneste variabelen mengde L-stoff tilsatt. I teorien vil dette si at blandingene skal proporsjonalt ha større luftinnhold i alle kategoriene i tillegg til lavere avstandsfaktor etter hvor mye L-stoff som er tilsatt. Luftinnholdet er økende etter tilsatt L-stoff men når det kommer til AVA-målingen så ser man at blanding 6 med 8% L-stoff har mindre luft mindre enn 2mm korde (3mm diameter) enn blanding 1 som har 5% L-stoff. Dette ikke forventet med tanke på at L-stoff skal ligge stabilt på samme størrelse [5]. Felles for blandingene er at rundt 90% av luften med korde mindre enn 2mm er mindre enn 1mm ved 15minutters testene. Videre er tilsatt L-stoff proporsjonalt med luftporer mindre enn 0,35mm korde. Så de minste porene som blir registrert virker å ha sammenheng L-stoffet noe som gir mening da L-stoff ofte ligger på 0,02-0,3mm [18]. Dette gjelder hvis man ser på 15 min-testene og 1 time-testene for seg.

Avstandsfaktoren følger også teorien ved at den er minst for blanding 6 og størst for blanding 2. Luftboblene under 0,35mm korde har større påvirkning på avstandsfaktoren. Ved å se på blanding 1 og blanding 6 vises det at blanding 1 har mest luft for <2mm og <1mm. Likevel har blanding 6 luftbobler under 0,35mm hvilket resulterer i mindre avstandsfaktor.

For 1time og 15min-testen ser vi på AVA-målingene at luftinnholdmålingene er noe mindre. Av erfaring kan det være på grunn av betongens endring i støpelighet (konsistens) over tid. Det står i bruksmanualen at testene skal tas så raskt etter blanding som mulig. Betongene etter 1 time og 15 min var betydelig seigere noe som gjorde at det krevdes mer vibrering får å ta ut en prøve. Hvorvidt det er vibreringen som står for lufttapet eller luft som mistes over tid i betongen er noe usikkert, men det er sannsynligvis en kombinasjon av disse to. Derimot ser vi blandingene etter 1time og 15min har mange av de samme tendensene som 15min-testene. Blanding 6 har mest luftbobler under 0,35mm og minst avstandsfaktor. Luftbobler <2mm og

<1mm minker til rundt 75% fra 15min til 1 time og min mens <0,35mm minker mellom 80%-90%. Dette kan forklares med at store luftbobler har lettere for å slippe ut av betongen enn små bobler.

#### 5.4.2 Diskusjon blanding 2 og 3

Tabell 5.4.2.1: Parametere for blanding 2 og 3.

	BI2 REF ANL FA	BL3 REF IND
Slump/utbredelse	220/540	200/490
Luftinnhold	7%	12%
Sementtype	ANL FA	IND
AVA-målinger		
15 min		
<2mm	5,1%	10%
<1mm	4,6%	9%
<0,35mm	3%	5,2%
Spacing factor	0,238mm	0,172mm
Specific surface	20,4mm <sup>-1</sup>	17,2mm <sup>-1</sup>
1 time 15 min		
<2mm	3,8%	1,8%
<1mm	3,4%	1,9%
<0,35mm	2,5%	1,3%
Spacing factor	0,248mm	0,414mm
Specific surface	22,3mm <sup>-1</sup>	19,1mm <sup>-1</sup>

For blanding 2 og 3 er det kun sementtype som er en varierende parameter. Selv med like mye L-stoff er det stor forskjell på luftinnholdet. Industrisementblandingen har 5% mer luft enn STD FA-blandingen. Selv om industrisementen er mye finere enn ANL FA så har den betydelig mer luft. I teorien skal finmalte sementer trenge mer L-stoff for å oppnå like god porøsitet. Dette tilfellet kan skyldes at ANL FA inneholder 15% FA som av erfaring krever mer L-stoff enn ANL uten FA for å få samme porøse egenskaper.

Fordelingen av porestrukturen er ganske lik for blandingene med tanke på prosentvis fordeling fra AVA-målingene ved 15min-testen. Rundt 90% av luftboler <2mm er mindre enn <1mm og 50-60% er <0,35mm. Videre ser vi også at IND-blandingen har lavere avstandsfaktor noe som gir mening i og med blandingen har mer luft fra både lufttesten og målingen fra AVA-3000. Den har også mye lavere spesifikk overflate noe som tilsier at den generelt har mer luft.

1 time og 15min-testen for blanding 3 er lite representativ med tanke på hvor lavt luftresultat den har. Den var markant stivere og det ble brukt mye mer vibrering for å få tatt ut en prøve. Dette skyldes at industrisementen herder generelt raskere enn ANL FA grunnet finheten. En analyse av prøven gir derfor resultat av lav verdi.

### 5.4.3 Diskusjon blanding 2, 4 og 5

Tabell 5.4.3.1: Parametere for blanding 2, 4 og 5.

	BL2 REF	BL4	BL5
Slump/utbredelse	220/540mm	220/460	170/350
Luftinnhold	7%	5%	2%
v/c-tall	0,4	0,33	0,6
AVA målinger			
15 min			
<2mm	5,1%	3,5%	1,7%
<1mm	4,6%	3,2%	1,5%
<0,35mm	3%	2%	0,9%
Spacing factor	0,238mm	0,295mm	0,523mm
Specific surface	20,4mm <sup>-1</sup>	19,2mm <sup>-1</sup>	14,9mm <sup>-1</sup>

For blanding 2, blanding 4 og blanding 5 er alle variablene holdt like med unntak av v/c-tall. Ettersom L-stoffmengden er gitt som en prosentdel av bindemiddelet er det forskjellig hvor mye som blir tilsatt med tanke på vekt ettersom hvor høyt v/c-tallet er. Dette betyr at alle blandingene er proporsjonert for å få 3,5% tilsatt luft med mengde L-stoff er større for 0,33 v/c-tall enn 0,6 v/c-tall. Ved å se på luftinnholdet i tabellen viser den at det fortsatt er referanseblandingen med 0,4 v/c-tall som inneholder mest luft. Hverken blanding 4 eller blanding 5 tilfredsstiller kravet som er satt i oppgaven om <0,25mm avstandsfaktor. Resultatene viser at blanding 5 har minst luft av de tre blandingene noe som støtter litteraturstudiet om at blandinger med høyere v/c-tall ikke bevarer luft like bra. Som nevnt før så er det tilsatt mindre L-stoffmengde som følge av mindre bindemiddel og hvor stor effekt det har på ekstreme blandinger som 0,6 v/c-tall er usikkert. Blanding 5 hadde også størst synk og utbredelse. Betongen var flytende noe som kan ha påvirket AVA-3000 prøvingen. Resultatene viser at selv om blanding 4 skal ha mest L-stoffmengde tilført har den en del mindre luft enn referanseblandingen (blanding 2). For frostbestandigheten trenger blanding 4 ikke like mye luft som andre blandinger med høyere v/c-tall på grunn av det er mindre vann og mindre porer vil fryse ved samme temperatur enn en betong med høyere v/c-tall [2].

#### 5.4.4 Diskusjon blanding 3 og 8

Tabell 5.4.4.1: Parametere for blanding 3 og 8.

	B13 REF IND	BL8
Slump/utbredelse	200/490mm	100/230mm
Luftinnhold	12%	9,5%
Silika	6%	11%
AVA-målinger		
15min		
<2mm	10%	5,6%
<1mm	9%	5,2%
<0,35mm	5,2%	3,2%
Spacing factor	0,172mm	0,262mm
Specific surface	17,2mm <sup>-1</sup>	17,9mm <sup>-1</sup>

Blandingene 3 og 8 er proporsjonert likt, men blanding 8 har 11% silika mot 6% silika i blanding 3. Som forventet har referanseblandingen mest luft i samtlige kategorier. I tillegg har den minst avstandsfaktor. Grunnet restkarbonet silika inneholder krever betonger med silika vanligvis mer L-stoff for å få like bra luftinnføring som en betong uten [5]. Begge blandingene er tilnærmet lik spesifikk overflate som er ganske lav i forhold til de andre blandingene. Det betyr at de kan ha en del grove luftbobler. Resultatene viser også at selv med 9,5% luft etter lufttesten, har ikke blanding 8 en tilfredsstillende avstandsfaktor noe som også tyder på at porestrukturen består av mange store luftbobler i stedet for små.

#### 5.4.5 Diskusjon blanding 2 og 7

Tabell 5.4.5.1: Parameter for blanding 2 og 7.

	BLANDING2 REF ANL FA	BLANDING 7
Slump/utbredelse	220/540	250/600
Luftinnhold	7%	2%
Ekstra flygeaske	0%	15%
<2mm	5,1%	1%
<1mm	4,6%	1%
<0,35mm	3%	0,8%
Spacing factor	0,238mm	0,336mm
Specific surface	20,4mm <sup>-1</sup>	29,1mm <sup>-1</sup>

For blanding 2 og 7 er eneste variablene ekstra tilsatt flygeaske. Begge blandingene består av Anlegg FA som allerede inneholder 17 % FA. Akkurat som silika, inneholder FA restkarbon noe som kan svekke effekten av L-stoff [5]. Som det vises i tabellen, fikk blanding 7 hverken luftinnholdet eller avstandsfaktoren innenfor kravene. Blanding 7 ble støpt flere ganger, men denne ble valgt selv om den var veldig flytende og på grensen til separerende. Dette gjør at det er litt usikkerhet i målingen. Felles for alle forsøkende var at luftinnholdet var betydelig lavere enn referanseblandingen.

## 5.5 Oppsummering

Forsøkene har vist at blandingene har mange forventede tendenser som samsvarer med litteraturstudiet. Blanding 2 mot blanding 1 har sammenlignbare resultater hvor luftinnholdet og luftmålingene i AVA-3000 er proporsjonale med tilsatt L-stoff. Samtidig er avstandsfaktoren mindre for den med mest mengde luft. Blanding 6 har mindre luft enn forventet noe som kan tyde på å være av andre grunner enn proporsjoneringen. Sannsynligvis er det blanderen som under blanding danner et lag i bunnen med tørrmateriale Dette måtte blandes ut for hånd under hver av blandingene som beskrevet i kapittel 5.2. Resultatet fra denne blandingen (6) er den laveste avstandsfaktoren av alle blandingene. Blanding 1, blanding 2 og blanding 6 har over 4% luft og mindre enn 0,25mm avstandsfaktor og består frostbestandighetskravene.

Ved å se på 15min-testene mot 1time og 15min-testene er det også like tendenser mellom blandingene. Alle blandingene går ned i luftinnhold på AVA-målingene ved den senere tatte testen samtidig som avstandsfaktoren blir større. Unntaket er blanding 6 som får enda mindre avstandsfaktor.

Sementene reagerte forskjellig på L-stoffdoseringsen. Industrisementbetongen fikk mye høyere luftinnhold enn det Anlegg FA betongen fikk. Det samme gjelder i AVA-3000 målingene. Videre fikk også blanding 3 lavest avstandsfaktor og godkjent iht. kravet til frostbestandighet. Blanding 5 med høyest v/c-tall får ikke like mye luft som proporsjonert og er langt under kravene for frostbestandig betong. Blanding 4 som har lavest v/c-tall får akkurat like mye som er proporsjonert, men tilfredsstillende ikke kravet til avstandsfaktor.

Blanding med 11% tilsatt silika fikk veldig høyt luftinnhold, men ikke godkjent avstandsfaktor. Dette tyder på at blandingen har grovere porestruktur.

Resultatene fra blanding 7 viser at flygeaske gjør at det kreves en del mer L-stoff for å få god porestruktur. Betongene som ble støpt med denne resepten fikk aldri noe høyt luftinnhold.

Blanding oppnådde ikke noen av kravene for god frostbestandighet.

## 5.6 Feilkilder og Utfordringer

-Betongblanderen hadde problemer med å røre material som lå på bunn av blanderen. Dette gjorde at blandedprosedyren ble endret slik at det manuelt kunne omrøres inn igjen i blandingen.

-AVA-3000 ville ikke starte på første forsøk da blanding 6 ble lagt inn i testen. Dette gjorde at maskinen måtte restartes, men har sannsynligvis ikke noen konsekvenser for testene.

-Fasthetsprøvene etter 28 døgn for blanding 7 og blanding 8 ble kastet på ryddedagen til bachelorstudentene og fikk ikke blitt testet.

-Plate med hull som er beskrevet i metodebeskrivelser, Air void analysis, ble tatt ut av prosedyren for å ikke måtte sløse så mye betong. Dette gjorde at forsøkene krevde mer vibrering for å få tatt ut tilstrekkelig prøve til AVA-3000.

-Lite erfaring med AVA-3000 generelt på UIS førte til mye prøving og feiling noe som gikk utover prøveprogrammet.

## 5.7 Forslag til videre arbeid

-Gjennomføre flere like blandinger for å påse at resultatet blir omtrent likt med hensyn på luftposestruktur.

-Undersøke superplastiserendes påvirkning av L-stoff.

-Undersøke støpeligheits påvirkning av porestrukturen og AVA-3000 testing.

## 6 Konklusjon

Forskjellige delmaterialer i en betong kan ha stor påvirkning på porestrukturen og frostbestandigheten. Luftinnførende tilsetningsstoff som tilsettes for økt luft i en betong påvirkes også av delmaterialene. Samme tilsatt mengde L-stoff kan gi ulik luftprosent i betong.

En Anlegg FA betong med L-stoff tilsatt tilsvarende 3,5% ekstra luft i betongen får en forventet og god porestruktur som tilfredsstillende luftkravet på over 4% luft og avstandsfaktor på under 0,25mm. Ved å øke L-stoffmengden ytterligere vil blandingen bli enda mer frostbestandig og gi en finere porestruktur.

Med industrisement i betongen (blanding 3) gir det et høyere luftinnhold sammenliknet med med ANL FA (blanding 2) dersom samme L-stoffmengde er tilsatt. Betong med industrisement gir omtrent dobbel mengde luft sammenliknet med betong bestående av Anlegg FA. Ved proporsjonert L-stoffmengde tilsvarende 3,5% luft i en betong vil den tilfredsstillende kravet på 4% luft og under 0,25mm avstandsfaktor.

Ved store mengder flygeaske og silika som erstatning for sement vil luftinnholdet synke i betongen. Porestrukturen virker å inneholde en del større luftporer og resulterer i høyere avstandsfaktor. Både blanding 7 (ANL FA + 15% FA) og blanding 8 (Industri +11% silika) tilfredstilte ikke kravet om avstandsfaktor <0,25mm.

Støpelighet virker å ha stor påvirkning på prøveuttaking til AVA-3000. For stiv eller for gammel og seig betong krever mye vibrering for å få ut tilstrekkelig mengde betong til prøving. Denne vibreringen kan påvirke porestrukturen. For flytende betong gjør at luften raskere forsvinner.

# Kilder

- [1] Statens vegvesen, Håndbok R762 Prosesskode 2.
- [2] K. O. K. S. S. M. M. Stefan Jacobsen, TKT 4215, Concrete Technology 1, Trondheim: Institutt for konstruksjonsteknikk, NTNU, 2014.
- [3] K. T. Fosså, «Frostbestandige konstruksjoner,» 2016. [https://betong.net/wp-content/uploads/2016\\_11\\_22-Frostbestandige-betongkonstruksjoner.pdf](https://betong.net/wp-content/uploads/2016_11_22-Frostbestandige-betongkonstruksjoner.pdf) (11.06.19)
- [4] G. Fagerlund, *Critical Spacing factor*, Lund University, 1993. <https://portal.research.lu.se/portal/files/4592773/4588726.pdf> (11.06.19)
- [5] F. C. Knut O. Kjellsen, «Luftinnføring i betong,» Norcem AS Fou, 2013.
- [6] Germann Instruments A/S, Instruction and Maintenance Manual for Air Void Analyzers, AVA-3000, Copenhagen, Denmark, 2018.
- [7] P. Scott A. Shearer, *Fluid Mechanics: Stokes' Law and Viscosity*, 2008.
- [8] Matematikk.net, «Korde,» 2019. <https://matematikk.net/side/Korde> (12.06.19)
- [9] FHWA, Federal highway administration, «Chapter 2: Background,» 2006.
- [10] Statens Vegvesen, *Frostbestandighet av betong*, 1996.
- [11] AASHTO R18, «concretetesting,» [Internett]. Available: <http://www.concretetesting.com/testing/>. [Funnet 12 06 2019].
- [12] NS-EN 122350:2009, *Prøving av fersk betong Del 2*, 2009.
- [13] NS-EN 12350:2009, *Prøving av fersk betong - Del 5, men uten fallbord*, 2009.
- [14] NS-EN 12390-1- 1utgave, *Prøving av herdnet betong: Del 1: Form, mål og andre krav til prøvelegemer og former for terningformede prøvelegemer. NS-EN 12390-2:2009 Prøving av herdnet*, 2001.
- [15] NS-EN 12390-3:2009, *Prøving av herdnet betong: Del 3: Prøvelegemers trykkfasthet for terningformede prøvelegemer*, 2009.
- [16] NS-EN 12350-7:2009, *Prøving av fersk betong – Del 7 etter manometer apparat metoden med manuell komprimering av betongen med stålstav. (5.1.2- 7)*, 2009.
- [17] NS-EN 206+NA, 2017.
- [18] Sika, «Sika,» [Internett]. Available: [https://www.sika.com/en/solutions\\_products/construction-markets/concrete-additives/concrete-handbook-2013/concrete-types/thaw-resistant-concrete.html](https://www.sika.com/en/solutions_products/construction-markets/concrete-additives/concrete-handbook-2013/concrete-types/thaw-resistant-concrete.html). [Funnet 30 05 2019].



# Vedlegg

## A: Resepter

### Blandeskjema

### SKANSKA

Prosjekt	Regnearktutvikling
Reseptnummer	Blanding 1
Trilsktet kvalitet	B35 MF40
Blandevolum	25 liter
Dato:	
Tidspunkt for vanntilsetning:	
Ansvarlig:	
Utført av:	

Materialer	Resept kg/m <sup>3</sup>	Sats kg	Fukt* %	Korr. kg	Oppveid*** kg
Norcem Anlegg FA	374,3	9,357			9,357
	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000
Elkem Microsilica	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Normineral flyveske	0,0	0,000			0,000
Fritt vann	149,7	3,743		-0,412	0,000
Absorbent vann	14,4	0,361			0,361
Årdal 0/8 mm nat. vask.	998,0	24,949	1,2	0,299	25,248
Årdal 0/2 mm nat. vask	0,0	0,000	0,0	0,073	0,000
Årdal 8/16mm	889,4	22,235	0,3	0,073	22,308
Årdal 16/22 mm	0,0	0,000	0,5	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Mapei Dynamon SX-N	1,9	0,047	84	0,039	0,047
Lufttilførende Mapeair	0,2	0,004	0	0,000	0,004
					3,691

### Blandeskjema

### SKANSKA

Prosjekt	Regnearktutvikling
Reseptnummer	Blanding 2
Trilsktet kvalitet	B35 MF40
Blandevolum	25 liter
Dato:	
Tidspunkt for vanntilsetning:	
Ansvarlig:	
Utført av:	

Materialer	Resept kg/m <sup>3</sup>	Sats kg	Fukt* %	Korr. kg	Oppveid*** kg
Norcem Anlegg FA	374,4	9,359			9,359
	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000
Elkem Microsilica	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Normineral flyveske	0,0	0,000			0,000
Fritt vann	149,7	3,744		-0,412	0,000
Absorbent vann	14,4	0,361			0,361
Årdal 0/8 mm nat. vask.	998,0	24,949	1,2	0,299	25,248
Årdal 0/2 mm nat. vask	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Årdal 8/16mm	889,4	22,235	0,3	0,073	22,308
Årdal 16/22 mm	0,0	0,000	0,5	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Mapei Dynamon SX-N	1,9	0,047	84	0,039	0,047
Lufttilførende Mapeair	0,1	0,002	0	0,000	0,002
					3,692

## Blandeskjema

## SKANSKA

Prosjekt	Regnearkivkiling
Reseptnummer	Blanding 3
Tilsktet kvalitet	B35 MF40

Blandevolum	25 liter
Dato:	
Tidspunkt for vanntilsetning:	
Ansvarlig:	
Utført av:	

Materialer	Resept kg/m <sup>3</sup>	Sats kg	Fukt* %	Korr. kg	Oppveid** kg
Norcem Industri	353,6	8,840			8,840
	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000
Elkem Microsilica	22,6	0,564	0,0	0,000	0,564
Normineral flyveaske	0,0	0,000			0,000
Fritt vann	150,5	3,762		-0,412	3,349
Absorbent vann	14,4	0,361			0,361
Årdal 0/8 mm nat. vask.	998,0	24,949	1,2	0,299	25,248
Årdal 0/2 mm nat. vask.	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Årdal 8/16mm	889,4	22,235	0,3	0,073	22,308
Årdal 16/22 mm	0,0	0,000	0,5	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Mapel Dynamon SX-N	1,9	0,047	84	0,039	0,047
Lufttilførende Mapesair	0,1	0,003	0	0,000	0,003

3,710

## Blandeskjema

## SKANSKA

Prosjekt	Regnearkivkiling
Reseptnummer	Blanding 4
Tilsktet kvalitet	B35 MF40

Blandevolum	25 liter
Dato:	
Tidspunkt for vanntilsetning:	
Ansvarlig:	
Utført av:	

Materialer	Resept kg/m <sup>3</sup>	Sats kg	Fukt* %	Korr. kg	Oppveid** kg
Norcem Standard FA	413,8	10,344			10,344
	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000
Elkem Microsilica	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Normineral flyveaske	0,0	0,000			0,000
Fritt vann	136,5	3,413		-0,438	2,976
Absorbent vann	14,4	0,361			0,361
Årdal 0/8 mm nat. vask.	998,0	24,949	1,2	0,299	25,248
Årdal 0/2 mm nat. vask.	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Årdal 8/16mm	889,4	22,235	0,3	0,073	22,308
Årdal 16/22 mm	0,0	0,000	0,5	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Mapel Dynamon SX-N	3,1	0,078	84	0,065	0,078
Lufttilførende Mapesair	0,1	0,003	0	0,000	0,003

3,336

## Blandeskjema SKANSKA

Prosjekt	Regnearkitekturing
Reseptnummer	Blanding 5
Tilskikket kvalitet	B35 MF40

Blandevolum	25 liter
Dato:	
Tidspunkt for vanntilsetning:	
Ansvarlig:	
Utført av:	

Materialer	Resept kg/m <sup>3</sup>	Sats kg	Fukt* %	Korr. kg	Oppveid** kg
Norcem Standard FA	294,1	7.352			7.352
	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000
Elkem Microsilica	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Normineral flyveaske	0,0	0,000			0,000
Fritt vann	0,0	0,000			0,000
Absorbent vann	176,5	4.411		-0,388	4,023
Arda 0/8 mm nat. vask.	14,4	0,361			0,361
Arda 0/2 mm nat. vask.	998,0	24.949	1,2	0,299	25,248
Arda 8/16mm	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Arda 16/22 mm	889,4	22.235	0,3	0,073	22,308
	0,0	0,000	0,5	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Mapel Dynamon SX-N	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Lufttilførende Mapeair	0,7	0,018	84	0,015	0,018
	0,1	0,002	0	0,000	0,002

4,384

## Blandeskjema SKANSKA

Prosjekt	Regnearkitekturing
Reseptnummer	Blanding 6
Tilskikket kvalitet	B35 MF40

Blandevolum	25 liter
Dato:	
Tidspunkt for vanntilsetning:	
Ansvarlig:	
Utført av:	

Materialer	Resept kg/m <sup>3</sup>	Sats kg	Fukt* %	Korr. kg	Oppveid** kg
Norcem Anlegg FA	374,2	9.354			9.354
	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000
Elkem Microsilica	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Normineral flyveaske	0,0	0,000			0,000
Fritt vann	0,0	0,000			0,000
Absorbent vann	149,7	3.742		-0,412	3,329
Arda 0/8 mm nat. vask.	14,4	0,361			0,361
Arda 0/2 mm nat. vask.	998,0	24.949	1,2	0,299	25,248
Arda 8/16mm	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Arda 16/22 mm	889,4	22.235	0,3	0,073	22,308
	0,0	0,000	0,5	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Mapel Dynamon SX-N	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Lufttilførende Mapeair	1,9	0,047	84	0,039	0,047
	0,2	0,006	0	0,000	0,006

3,690

**Blandeskjema****SKANSKA**

Prosjekt	Regnearkubvikling
Reseptnummer	Blanding 7
Tilskrevet kvalitet	B35 MF40

Blandevolum 25 liter

Dato:

Tidspunkt for vanntilsetning:

Ansvarlig:

Utført av:

Materialer	Resept kg/m <sup>3</sup>	Sats kg	Fukt** %	Korr. kg	Oppveid*** kg
Norcem Anlegg FA	318,0	7,950			7,950
	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000
Elkem Microsilica	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Normineral fyveaske	56,1	1,403			1,403
	0,0	0,000			0,000
Fritt vann	142,9	3,573		-0,412	3,561
Absorbert vann	14,4	0,361		0,361	0,361
Ardal 0/8 mm nat. vask.	998,0	24,949	1,2	0,299	25,248
Ardal 0/2 mm nat. vask	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Ardal 8/16mm	889,4	22,235	0,3	0,073	22,308
Ardal 16/22 mm	0,0	0,000	0,5	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Mapei Dynamon SX-N	1,9	0,047	84	0,039	0,047
Lufttilførende Mapeair	0,1	0,002	0	0,000	0,002
					3,521

Prosjekt	Regnearkubvikling
Reseptnummer	Blanding 8
Tilskrevet kvalitet	B35 MF40

Blandevolum 25 liter

Dato:

Tidspunkt for vanntilsetning:

Ansvarlig:

Utført av:

Materialer	Resept kg/m <sup>3</sup>	Sats kg	Fukt** %	Korr. kg	Oppveid*** kg
Norcem Industri	313,0	7,824			7,824
	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000
Elkem Microsilica	38,7	0,967	0,0	0,000	0,967
Normineral fyveaske	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000
Fritt vann	156,1	3,903		-0,410	3,494
Absorbert vann	14,4	0,361		0,361	0,361
Ardal 0/8 mm nat. vask.	998,0	24,949	1,2	0,299	25,248
Ardal 0/2 mm nat. vask	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Ardal 8/16mm	889,4	22,235	0,3	0,073	22,308
Ardal 16/22 mm	0,0	0,000	0,5	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Mapei Dynamon SX-N	1,8	0,044	84	0,037	0,044
Lufttilførende Mapeair	0,1	0,003	0	0,000	0,003
					3,854

## B: Materialer

### B1: Sementer

PRODUKTDATABLAD

# ANLEGGSEMENT FA

## CEM II/A-V

SIST REVIDERT AUGUST 2017

Sementen tilfredsstiller kravene i NS-EN 197-1:2011 til Portland-flygeaskecement CEM II/A-V 42,5 N.

Egenskap		Deklarerte data	Krav ifølge NS-EN 197-1:2011
Finhet (Blåne m <sup>2</sup> /kg)		390	
Spesifikk vekt (kg/dm <sup>3</sup> )		3,02	
Volumbestandighet (mm)		1	≤ 10
Begynnende størkning (min)		165	≥ 60
Trykkfasthet (MPa)	1 døgn	15	
	2 døgn	24	≥ 10
	7 døgn	37	
	28 døgn	55	≥ 42,5 ≤ 62,5
Sulfat (% SO <sub>2</sub> )		≤ 3,5	≤ 3,5
Klorid (% Cl <sup>-</sup> )		≤ 0,085	≤ 0,10
Vannløselig krom (ppm Cr <sup>6+</sup> )		≤ 2	≤ 2 <sup>1</sup>
Alkalier (% Na <sub>2</sub> O <sub>ekv</sub> ) <sup>2</sup>		0,6	
Klinker (%)		81	80-94
Flygeaske (%)		15	6-20
Kalkmel (sekundær bestanddel %)		4	< 5

1. I henhold til EU forordning REACH Vedlegg XVII punkt 47 krom VI forbindelser.

2. Beregnet uten bidraget fra flygeasken ihh til NB21.  
I betong beregnes alkalibidraget fra sementdelen slik: Sementmengde x 0,6%

**NORCEM**  
HEIDELBERGCEMENT Group



PRODUKTDATABLAD

# INDUSTRISEMENT

## CEM I 52,5 R

SIST REVIDERT JULI 2016

Sementen tilfredsstiller kravene i NS-EN 197-1:2011 til Portlandsement CEM I 52,5 R.

Egenskap		Deklarerte data	Krav ifølge NS-EN 197-1:2011
Finhet (Blaine m <sup>2</sup> /kg)		550	
Spesifikk vekt (kg/dm <sup>3</sup> )		3,13	
Volumbestandighet (mm)		1	≤ 10
Begynnendestørkning (min)		110	≥ 45
Trykkfasthet (MPa)	1 døgn	33	
	2 døgn	41	≥ 30
	7 døgn	50	
	28 døgn	59	≥ 52,5
Sulfat (% SO <sub>3</sub> )		≤ 4,0	≤ 4,0
Klorid (% Cl <sup>-</sup> )		≤ 0,085	≤ 0,10
Vannløselig krom (ppm Cr <sup>6+</sup> )		≤ 2	≤ 2 <sup>1</sup>
Alkalier (% Na <sub>2</sub> O <sub>ekv</sub> )		1,3	
Klinker (%)		96	95-100
Sekundære bestanddeler (%)		4	0-5

1. I henhold til EU forordning REACH Vedlegg XVII punkt 47 krom VI forbindelser.

**NORCEM**  
HEIDELBERGCEMENT Group

## B2: Tilsetningsstoff



**MAPEI**

# Mapeair 25

**Luftporedannende tilsetningsstoff**

CE  
EN 934-2  
T5

### BRUKSOMRÅDE

**Mapeair® 25** er et luftporedannende tilsetningsstoff som benyttes til å øke frostbestandigheten til betong og mørtel.

**Mapeair® 25** virker også støpelighetsforbedrende og reduserer separasjonsfaren for betong. Produktet benyttes som regel i kombinasjon med Mapeis plastiserende eller superplastiserende tilsetningsstoffer.

**Mapeair® 25** er formulert på basis av syntetiske tensider og talloljederivater.

### EGENSKAPER

Betong inneholder alltid noe luft (1 - 3 %). For å oppnå det kravet som vanligvis stilles, 4 - 6 % luft i den ferske betongen, tilsettes **Mapeair® 25**, som gir mindre, bedre og fint fordelte porer, noe som øker betongens bestandighet mot fryse-tine påkjenninger.

**Mapeair® 25** har den egenskap at den under blandingen omdanner den innpiskede luften til små, jevnt fordelte luftporer. Målt luftporevolum og avstandsfaktor i herdnet betong for **Mapeair® 25** er vist under tekniske spesifikasjoner. Disse porene gir også betongen en bedret støpelighet og redusert vannbehov.

Økt luftinnhold medfører generelt en reduksjon i trykkfastheten. En tommelfingerregel er at 1 % luft reduserer trykkfastheten med 5 %. Dette kompenseres delvis med betongens reduserte vannbehov og ved

tilsetning av plastiserende og/eller høyplastiserende tilsetningsstoff.

**Mapeair® 25** vil i tillegg forbedre transportstabiliteten ved å redusere separasjonsfaren for betong med lite finstoffer og aktivt motvirke betongs "bleeding" (vanntransport opp til overflaten av den ferske betongen).

### UTFØRELSE

**Mapeair® 25** leveres ferdig til bruk og skal tilsettes direkte i blanderen. For å oppnå jevn luftinnføring fra blanding til blanding er det viktig at **Mapeair® 25** tilsettes på samme tid hver gang.

Doseringen for å oppnå ønsket luftinnhold varierer med tilslag, sementtype og mengde. Andre tilsetningsstoffer kan også ha innvirkning. Det er viktig at tilsatsen av **Mapeair® 25** bestemmes ut fra prøveblandinger og at luftinnholdet i den ferske betongen kontrolleres jevnlig.

### DOSERING

0,05 - 0,5 % av sementvekt.

Siden doseringsmengden for **Mapeair® 25** normalt er liten, vil en uttynning med vann være en fordel. Bruk 1 del **Mapeair® 25** til 9 eller 19 deler vann. Slik kan en oppnå sikrere dosering. Produktet lar seg lett blande med vann. Sørg likevel for omrøring før bruk for å sikre et homogent produkt.

# Mapeair 25

## VÆR OPPMERKSOM PÅ

Variasjoner i de øvrige delmaterialene i betongen kan sterkt påvirke dannelsen av luftporer i betong. I noen tilfeller kan også transportlengde og transportutstyr gi variasjoner i luftmengde. Dersom blandetiden har vært for kort, vil en kunne oppleve at den totale målte luftmengde øker fra produksjon til levering, mens det i de fleste tilfeller registreres en reduksjon i luftmengde. Som regel betyr denne reduksjonen ikke annet enn at større, uønskede luftbobler slipper ut. Betongprodusenten må derfor opparbeide egne erfaringstall med sine aktuelle delmaterialer.

## EMBALLASJE

Mapeair® 25 leveres i 25 liters kanner, 200 liters fat, 1000 liter IBC-tanker og i tank.

## LAGRING

Produktet må oppbevares ved temperaturer mellom +8°C og +35°C. I lukket emballasje bevarer produktet sine egenskaper i minst 12 måneder. Hvis produktet utsettes for direkte sollys, kan det føre til variasjoner i fargetonen uten at dette påvirker egenskapene til produktet.

## SIKKERHETSINSTRUKSJONER FOR KLARGJØRING OG BRUK

For instruksjon vedrørende sikker håndtering av våre produkter, vennligst se siste utgave av sikkerhetsdatablad på vår nettside [www.mapei.no](http://www.mapei.no)

PRODUKT FOR PROFESJONELL BRUK

## ADVARSEL

Selv om tekniske detaljer og anbefalinger i dette produkt databladet er i henhold til vår beste kunnskap og erfaring, må all informasjon ovenfor i hvert tilfelle anses som kun indikerende og underlagt bekreftelse etter langvarig praktisk bruk. Derfor må alle som skal bruke dette produktet, på forhånd sørge for at det er egnet til tiltenkt bruksområde. I hvert enkelt tilfelle er brukeren alene ansvarlig for eventuelle konsekvenser som følge av bruk av produktet.

Se den aktuelle versjonen av det tekniske databladet som er tilgjengelig på vårt nettsted [www.mapei.no](http://www.mapei.no)

## JURIDISK MERKNAD

Innholdet i dette tekniske databladet kan kopieres til andre prosjektrelaterte dokumenter, men det endelige dokumentet må ikke suppleres eller erstatte betingelsene i det tekniske datablad, som er gjeldende, når MAPEI-produktet benyttes. Det seneste oppdaterte datablad er tilgjengelig på vår hjemmeside [www.mapei.no](http://www.mapei.no)  
**ENHVER ENDRING AV ORDLYDEN ELLER BETINGELSER, SOM ER GITT ELLER AVLEDET FRA DETTE TEKNISKE DATABLEDET, MEDFØRER AT MAPEI SITT ANSVAR OPPHØRER.**

**Alle relevante referanser for produktet fås på forespørsel og fra [www.mapei.no](http://www.mapei.no)**



# Mapeair-25

## TEKNISKE DATA (typiske verdier)

### PRODUKTBSKRIVELSE

Form:	væske
Farge:	lys gulbrun
Viskositet:	lettflytende; < 10 mPa·S
Tørstoffinnhold, %:	6
Tyngdetetthet, g/cm <sup>3</sup> :	1,00 ± 0,02
pH:	9,0 ± 1
Kloridinnhold, %:	≤ 0,05
Alkalinnhold (Na <sub>2</sub> O-ekvivalent):	≤ 1,0

### BRUKSEGENSKAPER I BETONG:

Luftporevolum i betongmasse EN 12950-7:	6 % ved dosering 0,05 % av sementvekt (referanse 2,2 %)
Avstandsfaktor i hardnet betong, EN 480-11, (mm):	0,190 (krav < 0,200)
Spesifikk overflate, EN 480-11, (mm <sup>2</sup> /mm <sup>3</sup> ):	25,2 (krav > 25)
Frostbestandighet (avskalling) - EN 12390-9, (kg/m <sup>2</sup> ):	0,05 (beste klassifisering < 0,1 : excellent)

Detalj beskrivning i de lokale tekniske standarder er tilgjengelig her:  
Gjennomgå dem her: [the Mapei Page](#).

6908-09-2017 (NO)



Teknisk datablad  
Dato: 10-2009  
Revnr.: 1, gr 5  
Sika ViscoCrete® RMC-420

## Sika ViscoCrete® RMC-420


Superplastiserende tilsetningsstoff for betong og mørtel

<b>Produktbeskrivelse</b>	ViscoCrete® RMC-420 er et tredje generasjons superplastiserende tilsetningsstoff beregnet for bruk i plastisk betong/flytbetong. Effekten avhenger av doseringsmengden. ViscoCrete® RMC-420 er aktiv selv ved lave doseringer.
<b>Anvendelsesområder</b>	ViscoCrete® RMC-420 er spesialutviklet for å kombinere høy vannreduksjon, utmerkede flyteegenskaper og økt viskositet i betongmassen. Egenskapene gjør produktet velegnet som all-round SP-stoff til ferdigbetongproduksjon.
<b>Produktegenskaper</b>	<p>ViscoCrete® RMC-420 virker gjennom flere mekanismer. Ved overflateabsorpsjon og sterisk dispergering av sementpartiklene parallelt med hydrasjonsprosessen oppnås en betong med økt viskositet og lavere flyteskjærspenning. Dette gir bedre egenskaper som følger:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Høy vannreducerende effekt</li> <li>■ Kort innblandingstid før full plastiserende effekt oppnås</li> <li>■ Gode konsistensbevarende egenskaper sikrer betongen akseptabel brukstid</li> <li>■ Gir en robust betong med god mobilitet</li> <li>■ Moderat avbindingstid og tidligfasthet</li> </ul>

### Produktdata

<b>Tekniske data</b>	Type	Væske på basis av modifiserte polykarboksylater
	Farge	Gulbrun væske
	Densitet	1,04 kg/liter ± 0,02 kg/liter
	Viskositet	Lettflytende
	Tørstoff	18 % ± 1 %
	pH	4,0 ± 1
	Kloridinnhold (Cl <sup>-</sup> )	< 0,01 % (vekt)
	Alkaliinnhold (Na <sub>2</sub> O ekv.)	< 0,7 % (vekt)
	Normaldosering:	0,2 – 2,0 % av sementvekt For optimal dosering anbefales for-forsøk.
<b>Doseringstidspunkt</b>	Sika ViscoCrete® RMC-420 tilsettes forsinket eller sammen med siste del av blandevannet. For optimal utnyttelse av vannreduksjonen anbefaler vi minimum 60 sekunder blandetid etter at produktet er tilsatt. Nødvendig blandetid er avhengig av resept og blandertype og bør bestemmes ved forhåndsprøving. Produktet kan etterdoseres i automikser. Beregn minimum 1 minutt blandetid pr m <sup>3</sup> eller minimum 5 minutter blandetid på full hastighet.	



<b>Kombinasjoner</b>	<p>ViscoCrete® RMC-420 kan kombineres med andre produkter fra Sika som følger:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ SikaAer®-S</li> <li>■ Plastiment® BV-40</li> <li>■ Sika® Pump</li> <li>■ Andre SP-stoffer i Sikament®- eller ViscoCrete®-serien</li> <li>■ Sika® Rapid 2 og Sika® Rapid 3</li> <li>■ Sika® Retarder og SikaTard® 930</li> <li>■ Sika PerFin®-1</li> <li>■ Sika Stabilizer® 4R</li> <li>■ Sika Stabilizer® CB-1</li> </ul>
<b>Bivirkninger</b>	Overdosering medfører separasjon i betongmassen og retardasjon av herdeforløpet.
<b>Godkjenninger</b>	<p>Sika ViscoCrete® RMC-420 er omfattet av samsvarserklæring 1111-CPD-002 og er CE-merket som angitt nedenfor. Sika ViscoCrete® RMC-420 vil bli fremlagt for tildeling av miljømerket EQ-Seal fra den europeiske tilsetningsstoff-foreningen EFCA. Miljømerket tildeles produkter som ikke har negative effekter på menneske og miljø.</p>
	
<b>Emballasje</b>	ViscoCrete® RMC-420 kan leveres i kanner å 10 eller 25 liter, fat å 200 liter, IBC-container å 1000 liter eller med tankbil.
<b>Oppbevaring, holdbarhet og avfallshåndtering</b>	<p>Ved <u>frostfri</u> lagring i uåpnet emballasje, er holdbarheten min. 9 måneder fra produksjonsdato.</p> <p>Dersom produktet er frosset kan det fremdeles benyttes etter opptining og grundig omrøring.</p> <p>Produktet er ikke klassifisert som spesialavfall.</p> <p>For avfallshåndtering se tilhørende HMS-datablad.</p> <p>Sika Norge AS er med på Materialreturordningen, og betaler gebyr for all produkt og forsendelsesemballasje. Vi anbefaler at all tomemballasje leveres til gjenvinning.</p>
<b>Helse, Miljø og Sikkerhet</b>	Se tilhørende HMS-datablad.

---

Produktet er produsert i en bedrift som er sertifisert i henhold til ISO 9001:2000 og ISO 14001.

Ønskes ytterligere opplysninger, står våre konsulenter, samt vår kundeservice til Deres disposisjon.

Forespørsel om HMS-datablad kan rettes til vår HMS-ansvarlig, eller gå inn på våre internettsider: [www.sika.no](http://www.sika.no)

---

## Produktansvar

Denne informasjonen og i særdeleshet anbefalingene i forbindelse med anvendelse av Sikaprodukter er gitt i god tro, basert på Sikas inneværende kunnskap og erfaring med produktene når de er riktig lagret, behandlet og anvendt under normale forhold.

I praksis vil forskjellene i materialer, underlag og lokale forhold være av en slik karakter at hverken denne informasjonen, andre skriftlige anbefalinger eller noen annen form for råd kan innebære noen garanti med hensyn til det bearbejdede produktets omsetningspotensial eller egnethet for et bestemt formål, ei heller noen annen form for juridisk ansvar.

Tredjeparts eiendomsrett må respekteres.

Enhver ordre aksepteres i henhold til Sikas gjeldende salgs- og leveringsbetingelser.

Brukere skal alltid forholde seg til sist oppdaterte versjon av teknisk datablad og HMS - datablad for det aktuelle produktet. Kopier av sist oppdaterte versjon finnes på Sika Norges internettsider: [www.sika.no](http://www.sika.no).



Sika Norge AS  
Industriveien 22  
Postboks 76  
1483 SKYTTA  
Norge  
Tel. 67 06 79 00  
Fax 67 06 15 12  
[www.sika.no](http://www.sika.no)

## B3: Tilsetningsmaterial



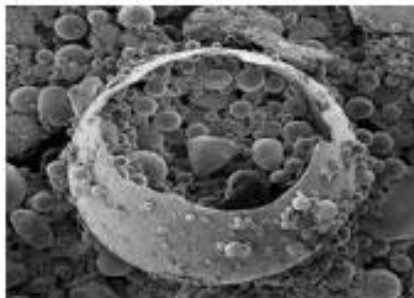
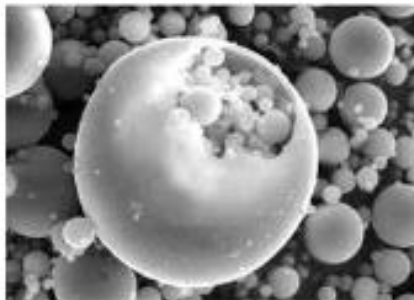
Norcem AS ivaretar salg av flygeaske til sement- og betongproduksjon. Flygeasken er sertifisert i overensstemmelse med kravene i NS-EN 450-1, klasse A.

Flygeaske er et bearbejdet restprodukt fra kull brukt i kullkraftverk. Flygeaske er silikatholdig og er et pozzolan som sammen med sement og vann gir en tettere betong. Kombinert med sement har flygeaske vært brukt i Norge siden 80-tallet. Norcem FA-sementer inneholder flygeaske.

#### DEKLARERTE VERDIER

Flygeasken er sertifisert i overensstemmelse med kravene i NS-EN 450-1:2012, klasse A.

Egenskap	Deklarerte verdier	Krav i henhold til NS-EN 450-1
Glødetap (%)	≤ 5,0	Tilfredsstiller kravene gitt NS-EN 450-1
Klorid (% Cl <sup>-</sup> )	≤ 0,10	Tilfredsstiller kravene gitt NS-EN 450-1
Sulfat (% SO <sub>3</sub> )	≤ 3,0	Tilfredsstiller kravene gitt NS-EN 450-1
Fritt kalsiumoksid (% fri CaO)	≤ 1,5	Tilfredsstiller kravene gitt NS-EN 450-1
Reaktivt kalsiumoksid (% reaktiv CaO)	≤ 10	Tilfredsstiller kravene gitt NS-EN 450-1
Partikkeldensitet (kg/m <sup>3</sup> )	2300	Dekl.verdi +/- 200 kg/m <sup>3</sup>
Øvrige kjemiske og fysiske parametere		Tilfredsstiller kravene gitt NS-EN 450-1





## Product Data Sheet

# Elkem Microsilica® Grade 940 for fibre cement

---

Elkem Microsilica® Grade 940 is a dry silica fume available in two main forms: Undensified (U) and Densified (D)

### Description

Elkem Microsilica® Grade 940 is a dry silica fume available in two main forms: Undensified (U) and Densified (D). In use, it acts physically as a filler and chemically as a highly reactive pozzolan. A key ingredient in many construction materials, Elkem Microsilica® is used in fibre cement products as a process aid, to improve ingredient dispersion and to improve hardened properties and overall durability.

### Packing

The product is available in:

- 25 kg paper bags

- Big bags in various designs & sizes
- Bulk road tanker

Please contact our representative for more details.

### Storage & handling

Elkem Microsilica® Grade 940 should be stored in dry conditions and not exposed to moisture.

### Quality assurance & quality control

Elkem Silicon Materials' Management System for development, processing and supply of Elkem Microsilica® is certified to ISO 9001. The chemical and physical properties of Elkem Microsilica® are regularly tested.

### Chemical and physical properties

Properties	Unit	Specification
SiO <sub>2</sub>	%	> 90
Retention on 45µm sieve	%	< 1.5*
H <sub>2</sub> O (when packed)	%	< 1.0
Bulk Density (U)	kg/m <sup>3</sup>	200 – 350
Bulk Density (D)	kg/m <sup>3</sup>	500 – 700

\*Tested on Undensified.

Test methods are available on request.



## C: Trykkfasthet

Trykkfastheter											
Blanding 1		Blanding 2		Blanding 3		Blanding 4		Blanding 5		Blanding 6	
7,1	259,8	28,1	412,07	7,1	322,77	28,1	476,07	7,1	378,18	28,1	387,62
7,2	334,02	28,2	394,15	7,2	349,1	28,2	485,09	7,2	385,98	28,2	430,49
7,3	334,97	28,3	404,68	7,3	340,88	28,3	486,7	7,3	378,3	28,3	390,56
AVG	309,596667	AVG	403,633333	AVG	337,583333	AVG	482,62	AVG	380,82	AVG	402,89
Blanding 4		Blanding 5		Blanding 6		Blanding 7		Blanding 8		Blanding 9	
7,1	535,52	28,1	671,5	7,1	160,79	28,1	250,27	7,1	308,59	28,1	346,21
7,2	492,95	28,2	696,44	7,2	153,45	28,2	237,04	7,2	295,75	28,2	398,44
7,3	465,51	28,3	652,54	7,3	147,41	28,3	249,69	7,3	302,95	28,3	417,26
AVG	497,993333		673,493333	AVG	153,883333	AVG	245,666667	AVG	302,43	AVG	387,303333
Blanding 7		Blanding 8		Blanding 9		Blanding 10		Blanding 11		Blanding 12	
7,1	539,76	28,1		7,1	452,57	28,1		7,1		28,1	
7,2	449,84	28,2		7,2	472,14	28,2		7,2		28,2	
7,3	539,22	28,3		7,3	436,25	28,3		7,3		28,3	
AVG	509,606667	AVG	N/A	AVG	453,653333	AVG	N/A	AVG	N/A	AVG	N/A

## D: Andre utregnede parametere

Blandinger	synk	utbredelse	Luft	SP	Densitet
1	22	54	7,5	0,25 %	2,39
2	22	54	7	0,21 %	2,42
3	20	49	12	0,50 %	2,31
4	22	46	5	0,25 %	2,45
5	17	35	2	0,00 %	2,37
6	20	40,5	11	0,50 %	2,32
7	25	60	2	0,50 %	2,4
8	10	23	9,5	0,50 %	2,29

Utregning av %Mortar og %Paste												
	blanding 1			Blanding 2			Blanding 3			Blanding 4		
Industri	3,13						353,6	112,97125				
Anlegg FA	3,02	374,3	123,9404	Mortar%	374,3	123,9404	Mortar%	0	Mortar%	413,8	137,01987	Mortar%
Fly ashe	2,30		0	65,9		0	68,9		0	66,7		64
Micro silica	2,20		0	Paste%		0	Paste%	22,6	10,272727	Paste%		0
water	1,00	149	149	28,7	149	149	28,4	151	151	29,4	136	136
air enterer	1,00	0,16	0,16		0,09	0,09		0,11	0,11		0,12	0,12
air content			50			35						35
SP	1,21	1,87	1,5454545		1,87	1,5454545		1,88	1,553719		3,06	2,5289256
0-4	2,62	948,1	361,87023		948,1	361,87023		948,1	361,87023		948,1	361,87023
agg 4-8	2,63	49,9	18,973384		49,9	18,973384		49,9	18,973384		49,9	18,973384
agg 8-16	2,63	889,4	338,1749		889,4	338,1749		889,4	338,1749		889,4	338,1749
Utregning av %Mortar og %Paste												
	Blanding 5			Blanding 6			Blanding 7			Blanding 8		
Industri	3,13			Mortar%		Mortar%		Mortar%		Mortar%	313	100
Anlegg FA	3,02	293,4	97,152318	65,6	374,3	123,9404	62,9	317,2	105,03311	62,5		0
Fly ashe	2,30		0	Paste%		0	Paste%	56,2	24,434783	Paste%		0
Micro silica	2,20		0	28		0	28,9		0	28	38,4	17,454545
water	1,00	176	176		149	149		157	157		156	156
air enterer	1,00	0,09	0,09		0,25	0,25		0,09	0,09		0,1	0,1
air content			35			80			35			35
SP	1,21	0,73	0,6033058		1,87	1,5454545		1,87	1,5454545		1,76	1,4545455
0-4	2,62	948,1	361,87023		948,1	361,87023		948,1	361,87023		948,1	361,87023
agg 4-8	2,63	49,9	18,973384		49,9	18,973384		49,9	18,973384		49,9	18,973384
agg 8-16	2,63	889,4	338,1749		889,4	338,1749		889,4	338,1749		889,4	338,1749

# E: CSA A.23.1

A23.1-04

© Canadian Standards Association

## Notes:

- (1) *In addition to improved resistance to freezing and thawing, intentionally entrained air can improve workability, decrease bleeding, increase resistance to scaling from de-icing chemicals, improve resistance to sulphate attack, and increase watertightness.*
- (2) *Air contents less than those shown in Table 4 may not give the required resistance to freezing and thawing or de-icing salts, which is the primary purpose of air entrainment. Air contents higher than the levels shown may reduce strength without contributing further improvement to durability.*

### 4.3.3.2 Air-void system

Concrete of air content Category 1 in Table 4 shall meet the requirements of Clause 4.3.3.3. The air-void spacing factor ( $\bar{L}$ ) of the air-void system shall be determined in accordance with ASTM C 457, using a magnification factor between 100 and 125.

#### Notes:

- (1) *Using an air-entraining admixture and measuring the air content of the plastic concrete according to standard procedures does not in itself guarantee a satisfactory air-void system. A satisfactory air-void system is one in which the air voids are of the proper size and spacing in the paste fraction of the concrete.*
- (2) *The magnitude of variations in the air content and in the air-void parameters depends on how well the materials, the concrete manufacturing, and the testing are controlled.*
- (3) *The concrete supplier may adjust the required air content in the plastic concrete if it can be shown that the adjusted air content will produce a spacing factor ( $\bar{L}$ ) meeting the requirements of this Clause.*
- (4) *Reference samples are available for laboratories conducting air-void determinations on hardened concrete. These may be obtained from the Materials Engineering and Research Office, Ministry of Transportation of Ontario, 1201 Wilson Avenue, Downsview, Ontario M3M 1J8.*
- (5) *A useful reference relating to air-void determinations is Pleau, Plante, Gagné, and Pigeon, 1990.*

### 4.3.3.3 Air-void parameters

The concrete will be considered to have a satisfactory air-void system when the average of all tests shows a spacing factor ( $\bar{L}$ ) not exceeding 230  $\mu\text{m}$ , with no single test greater than 260  $\mu\text{m}$ , and air content greater than or equal to 3.0% in the hardened concrete. For concrete with a water-to-cementing materials ratio of 0.36 or less, the average spacing factor shall not exceed 250  $\mu\text{m}$ , with no single value greater than 300  $\mu\text{m}$ .

#### Notes:

- (1) *Considering that the ASTM C 457 test is subject to large variations, it is recommended that the target spacing factor ( $\bar{L}$ ) be less than 170  $\mu\text{m}$  to have reasonable assurance that the 230  $\mu\text{m}$  requirements of this Clause will be met.*
- (2) *Refer to Clause 1.3.8 in Annex I for additional information on air void parameters of high-performance concrete.*
- (3) *The parameters above are based on Pleau and Pigeon, 1992.*

## 4.3.4 Density

### 4.3.4.1 Normal-density concrete

#### 4.3.4.1.1

Normal-density concrete shall be proportioned to meet the minimum density of the plastic concrete if specified by the owner.

#### 4.3.4.1.2

The density of the fresh concrete, if specified, shall be measured in accordance with CSA A23.2-6C.

### 4.3.4.2 Structural low-density and semi-low-density concrete

#### 4.3.4.2.1

Structural low-density and semi-low-density concrete shall be proportioned to meet the maximum air-dry density of the concrete specified by the owner.

**Note:** *Suppliers of low-density aggregate should be consulted to establish the concrete densities obtainable with their aggregates.*

## F: AVA-3000 Utstyr



Photo illustrations of the AVA-3000 items

Item #	Description	Order #	Photo
1	Alumina case with pouch and foam insert	AVA-3005	
2	Base Unit	AVA-3010	
3	Riser Column	AVA-3020	
4	Windshield	AVA-3022	
5	6 mm Screws, 2 pcs	AVA-3025	
6	Stirrer Pin, with one spare	AVA-3028	

Item #	Description	Order #	Photo
7	Piston	AVA-3030	
8	Buoyancy Pan	AVA-3040	
9	Wire Cage	AVA-3050	
10	Vibrator	AVA-3060	
11	Funnel	AVA-3080	
12	Graduated Sampling Syringes, 3 pcs	AVA-3090	
13	Brush	AVA-3130	
14	Template with center hole	AVA-3140	


Item #	Description	Order #	Photo
15	USB Cord	AVA-3160	
16	Power Cable, 110VAC or 220VAC	AVA-3170	
17	Rubber Suction Ball	AVA-3180	
18	Vaseline, can	AVA-3190	
19	Vaseline, Tube	AVA-3200	
20	CD with AVA Literature	AVA-3210	
21	AVA-3000 software CD	AVA-3220	
22	AVA-3000 Manual	AVA-3230	
23	AVA instruction video and power point presentation	AVA-3240	



Item #	Description	Order #	Picture
24	Flashlight	AVA-3250	
Item #	Description	Order #	Picture
25	Alumina case with foam insert	AVA-3300	

26	Water tank with temperature regulator and stirring	AVA-3310	
27	Power cable, 110 V or 210 V	AVA-3315	
28	Top Lids, 2 pcs	AVA-3320	
29	2L Containers for release liquid, 2 pcs	AVA-3330	
30	Laptop with installed software	AVA-3340.	

© 2018 Germann Instruments A/S  
Page 41 of 50

Item #	Description	Order #	Photo
31	Electric Drill, 110 V or 210 V	AVA-3350	

The needed release liquid AVA-2240 is illustrated p. 37, fig. 45

The Verification Kit in fig. 46 p. 37