



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Håndbog for udførelse af SCC



SCC-Konsortiet

Indhold

1.	Introduktion	4
2	SCC i forhold til traditionel beton	6
2.1	Form og forskalling	8
2.3	Formfyldning	11
2.3	Separation og stabilitet	16
2.4	Blokering	18
2.5	Overflader	21
2.6	Udtørningsbeskyttelse	22
3	Flydeegenskaber for SCC	24
3.1	Bestemmelse af flydeegenskaber	26
3.2	Modtagekontrol	28
4	Udførelse af vandrette SCC støbninger.....	30
4.1	Valg af flydeegenskaber	30
4.2	Udførelsesmæssige overvejelser	34
5	Udførelse af lodrette SCC støbninger	38
5.1	Valg af flydeegenskaber	40
6	Definitioner og ordforklaringer	47

Håndbog for udførelse af SCC, oktober 2007

*Udgiver: Teknologisk Institut, Beton
 Gregersensvej, 2630 Taastrup
 + 45 7220 2226 - concrete.centre@teknologisk.dk*

Tryk: Paritas A/S

2. Oplag: 200 stk.

ISBN: 87-7756-767-6

*Hovedforfattere: Lars Nyholm Thrane
 Claus V. Nielsen
 Claus Pade*

Layout: Thomas Juul Andersen

*Forsidefoto stammer fra støbning af SCC-demobro, 17. oktober 2006.
Fotos er venligst stillet til rådighed af Aalborg Portland A/S, Gimsing & Madsen A/S og MT Højgaard a/s.*

Reproduktion af dele af Håndbogen er tilladt, hvis tydelig kildeangivelse angives.

Forord

SCC-Konsortiet var et innovationskonsortium støttet af Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling i perioden 2003-2007.

Et af de vigtigste resultater af SCC-Konsortiets arbejde er udarbejdelsen af to håndbøger med gode råd og anvisninger til hhv. sammensætning af SCC og udførelse af SCC.

Håndbog for udførelse af SCC skal dels medvirke til en øget anvendelse af SCC i Danmark og dels medvirke til en bedre forståelse mellem betonarbejdets parter på byggepladsen, når det drejer sig om SCC. Der er desuden en forventning om, at antallet af byggefejl vil falde i betonbyggeriet som følge heraf.

Entreprenøren, som bestiller beton og som udfører betonarbejdet på byggepladsen, kan bruge Håndbogen til at vælge korrekte flydeegenskaber for betonen under hensyntagen til udførelsesmetode, konstruktionstype og formens geometri.

Betonproducenten kan bruge Håndbogen til at koble betonens flydeegenskaber med de udførelsesmæssige aspekter og dermed bedre forstå entreprenørens ønsker, behov og krav.

Rådgivere og tilsynsfolk kan med fordel læse Håndbogen for at sikre, at betonarbejdet udføres korrekt og med den rette kvalitet.

SCC-Konsortiet, august 2007

SCC står for selvkompakterende beton og er defineret som beton, der selv flyder ud i støbeformen og omslutter armeringen uden vibrering, eller anden mekanisk påvirkning. Det er dog tilladt at påvirke SCC manuelt med rive og skovl samt at udnytte faldenergien fra pumpe slang og lignende.

SCC-Konsortiets kernepartnere:

- *Teknologisk Institut, Beton*
- *Aalborg Portland A/S*
- *Unicon A/S*
- *MT Højgaard a/s*
- *Betonelement a/s*
- *DTU-IMM*
- *Videometer A/S*

www.SCC-Konsortiet.dk
www.VoSCC.dk

1. Introduktion

SCC er den korte betegnelse for selvkompakterende beton, på engelsk Self-Compacting Concrete. Betegnelsen dækker over den mest lovende nyskabelse i betonbranchen i de seneste 20 år. Set i forhold til traditionel beton kræver SCC ingen vibrering under udstøbning. Dermed kan en række arbejdsoperationer udelades på støbestedet med øget produktivitet og en mærkbar forbedring af arbejdsmiljøet til følge.

Den største forskel mellem traditionel beton og SCC ligger i konsistensen i betonens friske tilstand. Figur 1.1 viser traditionel sætmålsbeton og SCC. Det er klart, at sætmålet ikke giver nogen mening for SCC og hidtil har flydemålet været brugt til at angive SCC's konsistens og bearbejdelighed. Det kræver dog også den såkaldte plastiske viskositet at beskrive flydeegenskaberne fyldestgørende. De øvrige vigtige betonegenskaber såsom styrke, stivhed, holdbarhed osv. er stort set identiske for SCC og traditionel beton.

Det forventes, at SCC kan medvirke til at reducere støbefejl såsom stenreder og ufuldstændig formfyldning samt give færre indre skader på betonens struktur. SCC indeholder dog også en række faldgruber, som de udførende skal være opmærksomme på. Håndbogen er et redskab til at undgå disse faldgruber.

SCC's flydeegenskaber gør det muligt at omstøbe tætte og komplicerede armeringsforhold uden brug af vibrering. SCC er i stand til at flyde ud i selv komplicerede formgeometrier med udsparinger o.l., hvor det er svært at komme til med vibratorudstyr. Betonens indre struktur risikerer desuden ikke at blive ødelagt pga. vibreringen.



Figur 1.1. Sætmål for traditionel beton til venstre målt som sammensynkningen af en 300 mm høj betonkegle. Flydemål i form af diameteren for et tilsvarende SCC prøveemne ses til højre. Sætmålet for traditionel beton ligger typisk i intervallet 100-200 mm, mens flydemålet for SCC ligger på ca. 500-700 mm.

Et eksempel på sådanne faldgruber er anvendelsen af SCC med et højt flydemål (fx over 700 mm), som umiddelbart giver en let håndtering og placering af betonen (med næsten selvnivellerende egenskaber). Indløbet for betonen kan placeres i det ene hjørne af formen, og det er kun betonleverandørens kapacitet, der bestemmer fyldningstakten. Dette lyder tillokkende for en entreprenør, men samtidig øges risikoen markant for separation og afblanding af tilslaget ligesom der typisk vil samles et uacceptabelt pastalag på overfladen. Det er derfor vigtigt at vælge de rette SCC flydeegenskaber til den enkelte opgave i korrekt samspil med den anvendte støbeteknik og den krævede betonkvalitet. Håndbogen hjælper med til at foretage disse valg, og der er desuden givet anvisninger til, hvordan entreprenøren sikrer, at flydeegenskaberne er som forudsat ved udførelse af modtagekontrol på byggepladsen.

Håndbogen fokuserer primært på pladsstøbte konstruktioner, men principperne kan naturligvis overføres til betonelementproduktion. Håndbogen giver anbefalinger til valg af flydeegenskaber ud fra en given støbeopgave og ud fra den valgte udførelsesteknik. Der vil også være anbefalinger til, hvordan udførelsen kan justeres, hvis betonen ikke har de tilstræbte flydeegenskaber.

Kapitel 2 giver en række generelle overvejelser, som skal gøres, når SCC benyttes og forskellene i forhold til traditionel beton beskrives. Kapitel 3 giver en kort indføring i SCC's flydeegenskaber og baggrunden for disse. Kapitel 4 og 5 giver anbefalinger til udførelse af hhv. vandrette og lodrette støbninger.

Bagerst i Håndbogen findes der forklaringer på nogle vigtige begreber for SCC.

For at sikre en korrekt og nuanceret beskrivelse af flydeegenskaberne for SCC er der indført en viskositetsparameter, som supplerer flydemålet. Mere herom i afsnittet om flydeegenskaber.

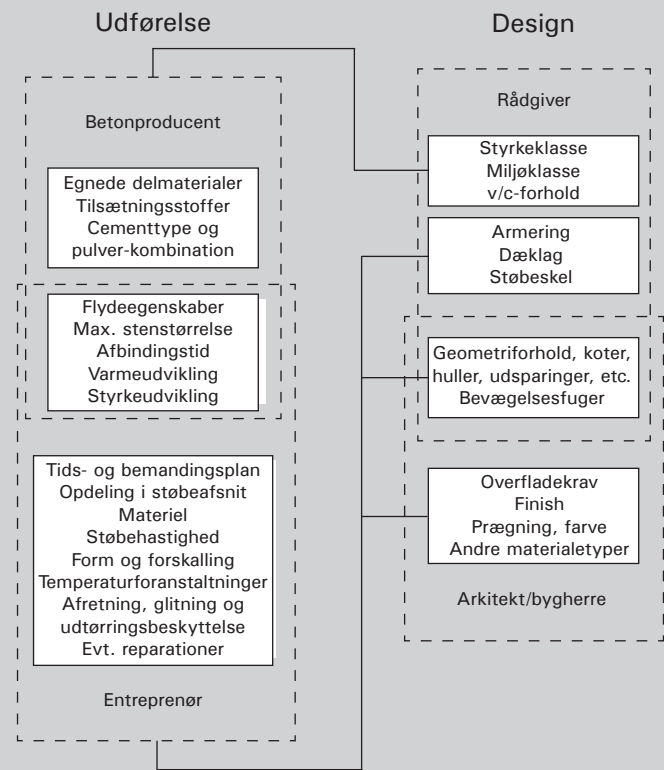
En vigtig huskeregel for SCC kan formuleres: "Jo længere betonen kan flyde – jo kortere bør den flyde". Denne regel lyder måske umiddelbart ulogisk, men der vil blive gjort rede for den i løbet af Håndbogen.

2. SCC i forhold til traditionel beton

Støbning af SCC adskiller sig fra traditionel beton på en række områder, som primært vedrører udførelsen. Den konstruktive opførelse af den færdige betonkonstruktion vil ikke være anderledes end med traditionel beton. Ligesom for traditionel beton er kvaliteten og styrken hovedsagligt bestemt vha. det rette cementindhold og –type i kombination med vand-cement forholdet.

Figur 2.1 viser de normale koblinger mellem bygherren og dennes rådgiver(e) på den ene side og de(n) udførende på den anden side. De stiplede kasser angiver de traditionelle ansvarsopdelinger mellem de forskellige parter i et byggeprojekt. Groft sagt stiller SCC større krav til betonentreprenørens og –leverandørens indbyrdes kommunikation og planlægning af betonarbejdet for at sikre et vellykket resultat set i forhold til traditionelt betonarbejde.

Kravene til en betonkonstruktion er beskrevet i projektmaterialer, som udarbejdes af bygherren og dennes rådgivere. Disse krav er oftest udtrykt ud fra gældende normer og standarder samt andre relevante specifikationer såsom BIPS, Vejregler mv. Kravene til geometri, betonkvalitet og overflader udgør en række faste parametre, som betonentreprenøren skal planlægge sit arbejde og foretage valg af beton ud fra.



Figur 2.1. Samspil mellem de forskellige parter i betonarbejdet.

Proportionering af SCC er beskrevet i "Håndbog for sammensætning af SCC", SCC-Konsortiet, august 2007.

Entreprenørens krav til flydeegenskaberne har stor indflydelse på, hvordan betonen sammensættes, og der er i højere grad behov for en tæt dialog mellem betonproducent og betonentreprenør ved anvendelse af SCC end det er tilfældet med traditionel beton. Derfor er det nødvendigt, at entreprenøren og betonproducenten taler samme sprog, når de aftaler, hvilke flydeegenskaber betonen skal leveres med.

Nedenfor er angivet en række spørgsmål som entreprenøren og betonproducenten med fordel kan stille sig selv i forbindelse med planlægningen af SCC støbninger.

En gennemgang af spørgsmålene giver en vis sikkerhed for, at de væsentligste SCC-aspekter er overvejet og gennemtænkt. Bemærk, at ikke alle spørgsmål er relevante for alle typer støbeopgaver.

Entreprenør

- Er formen klar og gjort tilstrækkelig tæt?
- Er der valgt fyldningsmetode og indløbssted(er)?
- Er formen dimensioneret for hydrostatisk tryk?
- Er indstøbningsdele fastholdt imod opdrift?
- Er betonens faldhøjde under 1 m? Og kun i særlige tilfælde op til eller over 2 m?
- Giver formens geometri og armeringens tæthed anledning til kritiske forhold mht. separation og/eller blokering?
- Er der valgt et passende flydemål og viskositetsklasse til den påtænkte udførelsesmetode?
- Er det sikret at betonproducenten kan levere de ønskede flydeegenskaber?
- Er der taget hensyn til transportafstand og trafikforhold i støbeplanen og i den planlagte støbetakt?
- Er der taget stilling til behovet for back-up betonværk i tilfælde af nedbrud?
- Er der behov for vibreringsudstyr på pladsen i tilfælde af uforudsete begivenheder? Hvis ja, under hvilke omstændigheder tillades vibrering?
- Foretages der modtagekontrol på leveringsstedet? Hvis ja, hvad er da kontrolomfang og acceptgrænser og hvem udfører kontrollen?
- Er acceptgrænser på flydemål og evt. viskositetsklasse afklaret med betonleverandøren?
- Under hvilke forhold kasseres betonlæs på baggrund af modtagekontrollen?
- Er der specielle krav til overfladefinish? Og er støbeteknikken tilpasset disse krav?
- Er der krav til luftindblanding?

Betonproducent

- Hvilken udlægningsmetode er valgt?
- Kan de krævede flydeegenskaber leveres under hensyntagen til v/c, miljøklasse, styrkeklasse, delmaterialer og transportafstand?
- Er det sikret, at et evt. back-up værk kan levere de krævede flydeegenskaber?
- Er der stillet realistiske acceptgrænser til flydemålet på leveringsstedet?

2.1 FORM OG FORSKALLING

Kravene til udførelse af form og forskalling gælder uændrede for SCC. Valget af forskallingssystem afhænger af kravene til de færdige betonoverflader, herunder om der er specificeret en bestemt prægning eller farve samt om der skal efterbehandles med spartling, maling, tapet osv. Sidstnævnte specificeres typisk ud fra BIPS A24 eller BPS B203 (jf. afsnit 2.5).

Forme, forskalling og andre midlertidige konstruktioners tæthed og bæreevne skal dimensioneres ud fra de påvirkninger, der normalt tages i regning under støbning af beton. Vægtmæssigt er SCC ikke forskellig fra traditionel beton, men pga. dens høje flydeevne er der visse forskelle, som der skal tages højde for:

- Ved SCC terrændæk udstøbt direkte imod et lag af letklinker nødder skal der udlægges geotekstil således, at den kapillærbrydende virkning ikke ødelægges af nedsivende pasta. Tilsvarende skal det sikres, at isoleringsmaterialer såsom polystyren stødes tæt sammen for at undgå nedsivning af pasta og efterfølgende opdrift af isoleringsmaterialet. Det er især vigtigt at lukke mellemrummet mellem polystyrenpladerne og et sribefundament fx vha. mørtel. Dette gælder også, hvor isoleringen er manuelt tilpasset omkring afløb og rørgennemføringer.

Selv en sprække på få millimeter er nok til, at SCC siver ud af formen med risiko for stenreder, forurening af tilstødende konstruktioner og utilstrækkelig formfyldning til følge.

- Øget tæthedskrav pga. risiko for udsivning af cementpasta ved utætheder mod underlag og i samlinger. Der skal generelt udvises en større omhyggelighed under form- og forskallingsarbejdet end i traditionel beton.
- Udsparingsrør og -kasser samt indstøbningsdele (fx indstøbte PEX-rør til gulvvarme) skal sikres effektivt imod opdrift pga. det hydrostatiske tryk fra betonen. Udsparingskasser for døre og vinduer skal desuden forstærkes mod sideværts påvirkninger i tilfælde af ensidig fyldning med SCC. Det anbefales at fylde op omkring udsparingskasser løbende fra begge sider.
- Der vil med få undtagelser være øget formtryk ved lodrette støbninger pga. det hydrostatiske tryk fra flydende SCC (figur 2.2). Formsyste­merne skal derfor typisk dimensioneres for et øget formtryk fra betonen specielt ved formens bund. Formtrykket afhænger naturligvis til en vis grad af den valgte støbehastighed, men da der typisk ikke tillades pauser i SCC støbninger (pga. risiko for kolde støbeskel), vil støbehastigheden typisk ligge på en 3-5 gange, hvad der traditionelt anvendes ved væg- og søjlestøbninger.

Det anbefales, at SCC altid dimensioneres for hydrostatisk formtryk. Der findes trykmålinger, som viser, at SCC's flydeegenskaber har indflydelse på formtrykkets tidsmæssige opbygning fra den helt friske tilstand, hvor betonen opfører sig som en væske indtil afbindingen begynder. Den begyndende opbygning af en indre struktur bevirker, at formtrykket ikke når op på det hydrostatiske niveau. Denne effekt vil primært have indflydelse ved ganske lave støbetakter, som typisk ikke er relevante for SCC.

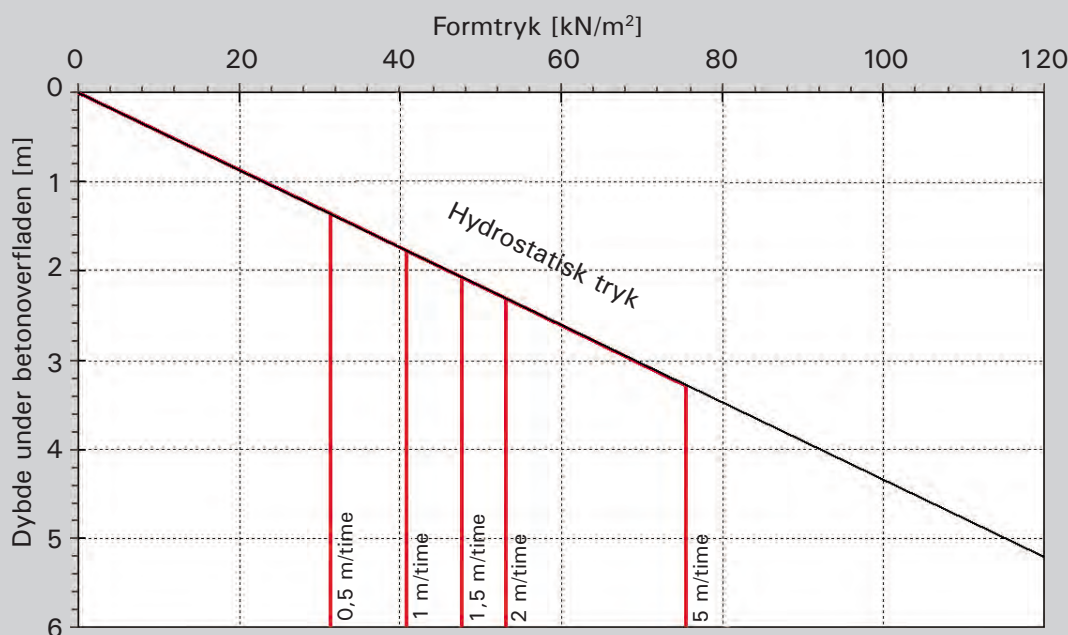
Figur 2.2 viser et diagram til beregning af formtryk for traditionel beton afhængig af støbehastigheden. Lodrette støbninger med traditionel beton udføres typisk med en stigningstakt på 1 til 1,5 m pr. time, hvilket betyder, at traditionelle forme normalt dimensioneres for 40-50 kN/m². For vægstøbninger op til 2-2½ m højde vil der således kun være mindre forskelle mellem SCC og traditionel beton for så vidt angår formtrykket. Standardformsystemer kan normalt klare et formtryk på op imod det dobbelte af dette niveau. Dette betyder, at støbehøjder op til ca. 4 m normalt kan klares ved at øge dimensionerne på de nederste formstag, mens der ved højder på 5 m eller derover både vil være behov for forstærkede specialforme og flere formstag for at modstå støbetrykket.

For SCC vil støbetakten oftest vælges markant højere end for traditionel beton, og en 5 m høj væg af SCC udstøbt med en stigningstakt på 10 m/time vil således indeholde højst ½ time gammel beton i bunden af formen. Formtrykket vil i dette tilfælde følge en hydrostatisk trykfordeling og vokse til næsten 120 kN/m² i 5 m dybde (figur 2.2).

Det anbefales at benytte hydrostatisk trykfordeling i hele formens højde, når der støbes med SCC.

For at fravige kravet om hydrostatisk trykfordeling skal forsvarligheden heraf dokumenteres ved en prøvestøbning og evt. tilhørende trykmålinger med anvendelse af realistiske støbebetingelser.

Der kan være en vis risiko for, at det hydrostatiske støbetryk resulterer i en reduktion af luftindholdet i bunden af en vægstøbning, idet luftporene presses sammen. Dette kan være kritisk for frostbestandige betoner til aggressiv og ekstra aggressiv miljøklasse, hvor der stilles krav til minimum luftindhold. Ved 6 m støbehøjde viser laboratorieforsøg, at støbetrykket kan medføre, at et luftindhold på ca. 8 % ved væggens top reduceres til ca. 3 % ved væggens fod, hvilket er på grænsen af det tilladelige. Ved meget høje støbninger og samtidigt minimumskrav til luftindholdet skal dette forhold tages med i overvejelserne og støbningens stigningstakt bør holdes under ca. 2 m/time.



Figur 2.2. Formtryk som funktion af støbehøjde og -hastighed gældende for traditionel beton med normal densitet. De angivne kurver gælder for en betontemperatur på 15 °C. Den skrå linie angiver hydrostatisk støbetryk baseret på densitet 2300 kg pr. m³. Der henvises til speciallitteraturen for en mere detaljeret gennemgang af formtryksberegninger.



Figur 2.3. Forberedelser af vægform i ca. 4 m højde. Eksempel på udsparinger i vægform. Nederst til højre ses, hvordan den lodrette træstolpe ikke har været afstivet tilstrækkeligt for hydrostatiske støbetryk og bøjer let indad. Risikoen for skader mindskes ved at holde samme støbehøjde på hver side af udsparingen, dvs. formfyldningen foregår skiftevis på hver sin side af udsparingskassen.

2.2 FORMFYLDNING

Udførelsesstandarden for betonkonstruktioner fastslår, at håndtering og placering af beton skal ske på en sådan måde, at betonen:

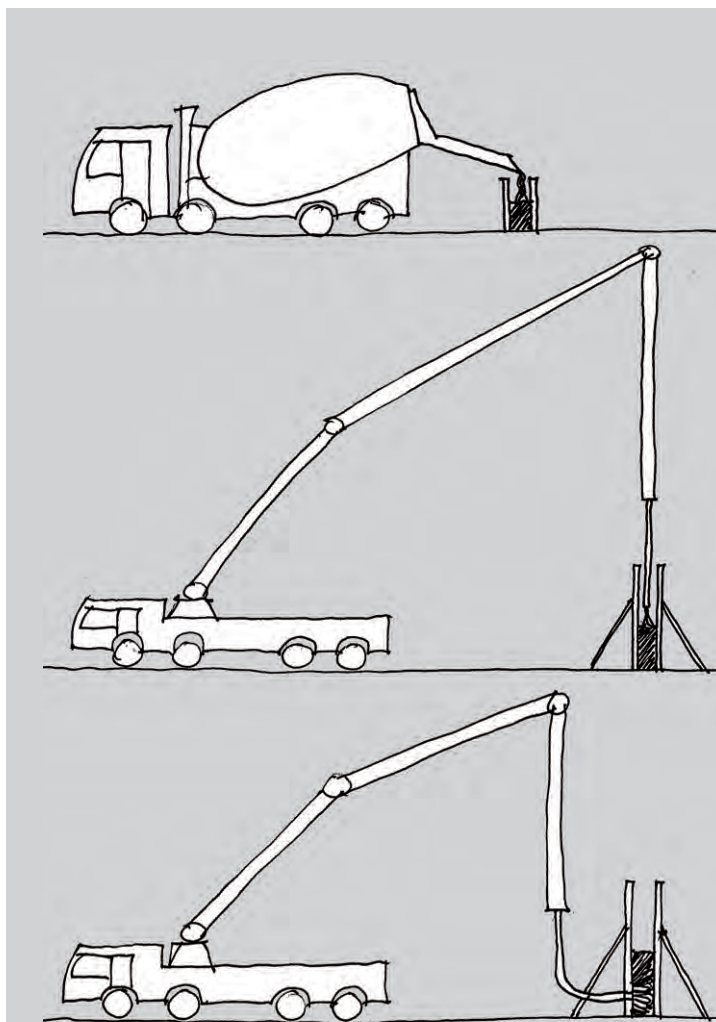
- ikke separerer.
- danner en ensartet, homogen og tæt masse, der overalt omslutter eventuel armering og indstøbningselementer.
- helt udfylder formen.
- opnår den tilstræbte styrke, udseende og holdbarhed.

Disse krav skal som udgangspunkt også gælde for SCC. Dette stiller krav til især flydeegenskaberne afhængig af den valgte udførelsesmetode, ligesom det er beskrevet i det følgende.

Placering af SCC i støbeformen forgår oftest på en af følgende måder (figur 2.4):

1. Udlægning med bånd direkte fra rotérbil.
Afhængig af faldhøjden fra båndet kan betonen placeres via lodret stålør. Denne metode kræver, at betonen ikke er alt for flydende samt, at båndets vinkel ikke afviger markant fra vandret.
2. Udlægning med pumpe ovenfra er den mest anvendte:
 - (i) Ved vandrette gulvstøbninger anvendes typisk en bøjet stålafslutning på pumpe-slangen og betonen falder ca. en meter ned på underlaget (figur 2.4).
 - (ii) Ved lodrette væg- og søjlestøbninger pumper betonen ned i formen via en lodrethængende pumpe-slange, som føres ned imellem armeringen så vidt det er muligt af hensyn til væggenes tykkelse og armeringens tæthed. Det kan vælges at lade udløbet være placeret et stykke over betonens overflade, eller evt. neddykket lige under betonoverfladen (figur 5.4). Pumpe-slangen hæves således op af formen i betonoverfladens stigningstakt.

3. Pumpning af SCC nedfra igennem pumpestuds i formen er en anvendt metode for især lodrette støbninger med vanskelig geometri og armeringsforhold, hvor det er svært at bevæge indløbsstedet, eller hvor adgangen er vanskelig. Metoden benyttes desuden ved understøbning af fx brodæk i forbindelse med søjleudskiftning eller ved reparationer, som er svære at komme til. Denne metode kan også udføres ved at lade en trykfast pumpe-slange være konstant neddykket i betonen ovenfra.



Figur 2.4. Tre typiske udlægningsmetoder for SCC.

SCC kan pumpes ligesom traditionel beton. Det kræver dog øget fokus på separations- og blokeringsrisiko igennem pumpen. Der kan typisk anvendes mindre pumpe-slanget som følge af mindre tilslagsstørrelse. Det anbefales generelt ikke at placere SCC med kranspand på byggepladsen, da dette typisk betyder store faldhøjder, ujævn støbetakt og vanskelig styring af formfyldningen. På elementfabrikker anvendes derimod ofte kranspand til placering af SCC.

Ligesom for traditionel beton bør SCC ikke falde længere end højst nødvendigt ned i formen. Normalt anses en fri faldhøjde på op til 1 m som acceptabel. Kun i særlige tilfælde bør der tillades faldhøjder op til 2 m og kun, når flydeegenskaberne er tilpasset dette. Ellers risikerer man afblanding og separation i formen.

Det er vigtigt at gøre sig klart, at det arbejde man ikke selv udfører, i form af flytning af indløbsstedet, skal betonen selv udføre i form af længere flydelængde, hvilket igen stiller større krav til flydeegenskaberne og medfører større risiko for problemer, som det er beskrevet i kapitel 4 og 5.

Nedenfor fremgår det, hvilke fordele og ulemper der kan knyttes til hver enkelt udlægningsmetode:

Metode	Fordele	Ulemper
1 Båndudlægning	Nem, simpel og billig metode. God visuel kontrol af resultatet løbende. Bedst ved simple støbeopgaver, hvor det er nemt at komme til i formen, fx gulve, fundamenter, korte søjler etc.	Adgangsforhold er vigtige. Fri faldhøjde kan blive for stor. Båndets rækkevidde er begrænset. Hvis båndet hælder for meget, kan betonen løbe løbsk. Risiko for separation, hvis flydeegenskaberne ikke er tilpasset forholdene. Ufleksibel mht. præcis placering af beton.
2 Udlægning med pumpe ovenfra	Nem og simpel. God visuel kontrol af støbeoverfladen er ofte mulig. Velegnet til stort set alle opgavetyper.	Kan være svært at komme langt nok ned i formen i tilfælde af tæt armering. Luftindeslutninger og overfladeudseende kan afhænge af indløbets placering. Indløbssteder skal planlægges under hensyntagen til flydeegenskaber og formens geometri.
3 Pumpning via pumpestuds i form	Pumpe og beton gør alt arbejdet. Bedst ved komplicerede støbninger, hvor der ikke er adgang til formen ovenfra, overforskalling mv.	Kan være en dyr metode. Formsystem skal forberedes med studser mv. på de rette steder. Visuel kontrol af resultatet er svært/umuligt. Lange flydeafstande for betonen øger risiko for dynamisk separation. Kræver meget af flydeegenskaberne. Øget formtryk i forhold til fyldning ovenfra

Tabel 2.1. Valg af støbemetode afhænger af forholdene på byggepladsen, støbningens omfang, det til rådighed værende materiel, formens geometri, krav til overflader, betonsjakkets erfaringer osv.

Det skal sikres, at den valgte SCC er tilpasset pumpetrykket, så der ikke opstår separation og blokering igennem pumpen.

Hvis der benyttes en blød støbestrømpe til de sidste par meters fald ned i formen for at mindske effekten af frit fald, skal der udvises stor forsigtighed således, at strømpen ikke blokeres, eller kommer i klemme under pumpningen. Dette kan nemlig forårsage eksplosionsfare.

En øget faldhøjde af den friske beton stiller større krav til betonens stabilitet og krav om højere viskositet for at undgå separation ved nedslaget. Desuden øges risikoen for indkapslet luft.



Figur 2.5. Pumpning af SCC til vandrette støbninger. Pumpemanden styrer pumpeslangens udløb, mens en pumpeoperatør styrer selve pumpens bevægelser og pumpetrykket.



Figur 2.6. Eksempler på formfyldning med SCC. Øverst og nederst til højre ses eksempel på fuldstændig formfyldning. SCC omslutter alle udsparinger og flyder ud i alle hjørner. Nederst til venstre ses eksempel på ufuldstændig formfyldning med stenreder og huller. Det ses, at udsparingen ikke er omsluttet af beton.



Figur 2.7. Eksempel på fuldstændig formfyldning. SCC omslutter L-udsparingen og flyder ud i alle hjørner. Støbning med SCC har bl.a. sparet planlægningen af kanaler til vibrator.

2.3 SEPARATION OG STABILITET

Under støbning skal det sikres, at betonen ikke separerer. I tilfælde af separation fås svage områder i betonen uden tilslag og en øget risiko for svindrevner. Desuden er der risiko for, at evt. støbeskel ikke kan etableres med den krævede ruhed. Separation kan derfor generelt ikke accepteres, og dette stiller krav til, at betonens flydeegenskaber og støbeteknikken er valgt korrekt, som det fremgår af de følgende afsnit.

Figur 2.8 viser et eksempel på separationstendens ved vandret støbning, hvor jutteren skubber en pastabrømme foran sig. Separation ved gulvstøbninger opstår typisk, når betonens flydemål er for højt. Pastaen har desuden tendens til at løbe ind under isoleringen eller sive ud af utætheder i formen til gene for betonarbejdet.

Statisk separation kan observeres fx i en trillebør med SCC, hvor stenene langsomt synker til bunds. Jo højere viskositet, jo langsommere vil separationen foregå.

Dynamisk separation kan fx opstå ved for højt frit fald ned i formen. Der findes ikke nogen brugbare metoder til at måle den dynamiske separation, og selv om der konstateres en stabil SCC mht. statisk separation, så er det ikke ensbetydende med, at der ikke vil opstå dynamisk separation. Risikoen for dynamisk separation kan mindskes ved at vælge en passende høj viskositet.

Stenstørrelsen har også en stor effekt på separationsrisikoen. Der er således dobbelt så stor risiko for separation med D_{maks} lig 16 mm som for 8 mm.

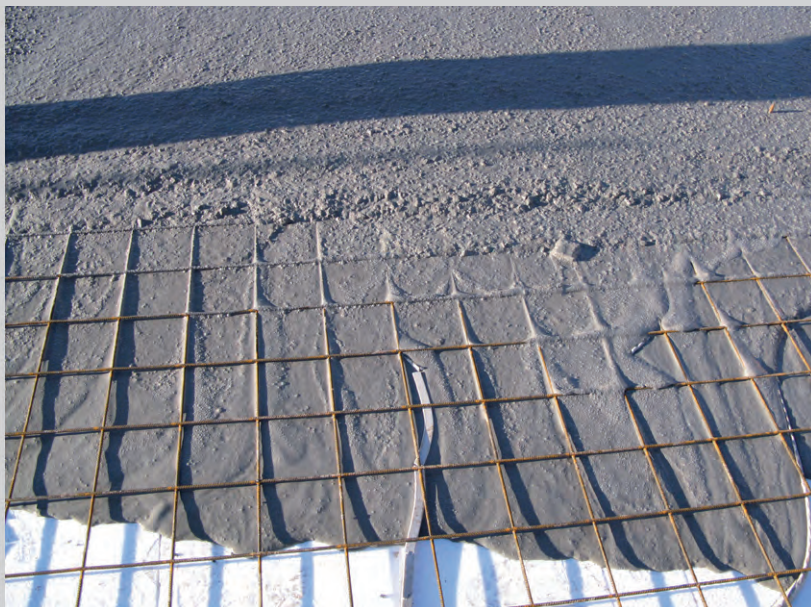
Den visuelle kontrol af SCC under støbearbejdet er af meget stor betydning for at registrere evt. separation. Visuel kontrol er i langt de fleste tilfælde den eneste mulighed for at opdage separationen og korrigere på enten de efterfølgende SCC leverancer og/eller den anvendte støbeteknik. Figur 2.9 og 2.10 illustrerer forskellige grader af separation ved lodrette vægstøbninger.

Statisk separation opstår i stillestående SCC, hvor stenene synker ned. Det er også muligt, at de lette korn stiger op til overfladen. Statisk separation er tæt knyttet til flydemålet og afhænger kun svagt af viskositeten.

Dynamisk separation opstår, mens betonen er i bevægelse og er tæt knyttet til både den plastiske viskositet og flydemålet.

Hvis der under bestemmelse af flydemålet observeres en glorie af pasta og mørtel omkring den cirkulære betonkages omkreds vil der være stor sandsynlighed for, at der også fås separation under udstøbningen.

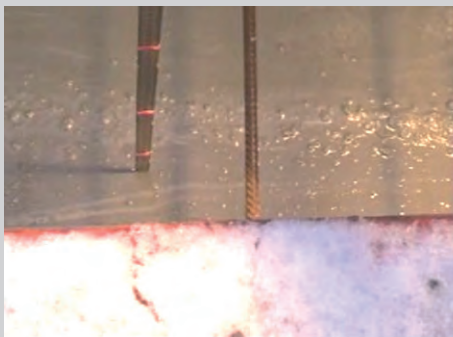
Når der sker separation, er det ofte også ensbetydende med en ustabil luftporestruktur. Dette kan ofte ses som et skumfyldt pastalag på betonoverfladen.



Figur 2.8. Separation ved vandret gulvstøbning.



Figur 2.9. Ingen separation (mange sten i overfladen) – Der kan etableres ru støbeskel.



Figur 2.10. Kraftig separation (10 cm uden sten) – Der kan ikke etableres ru støbeskel.

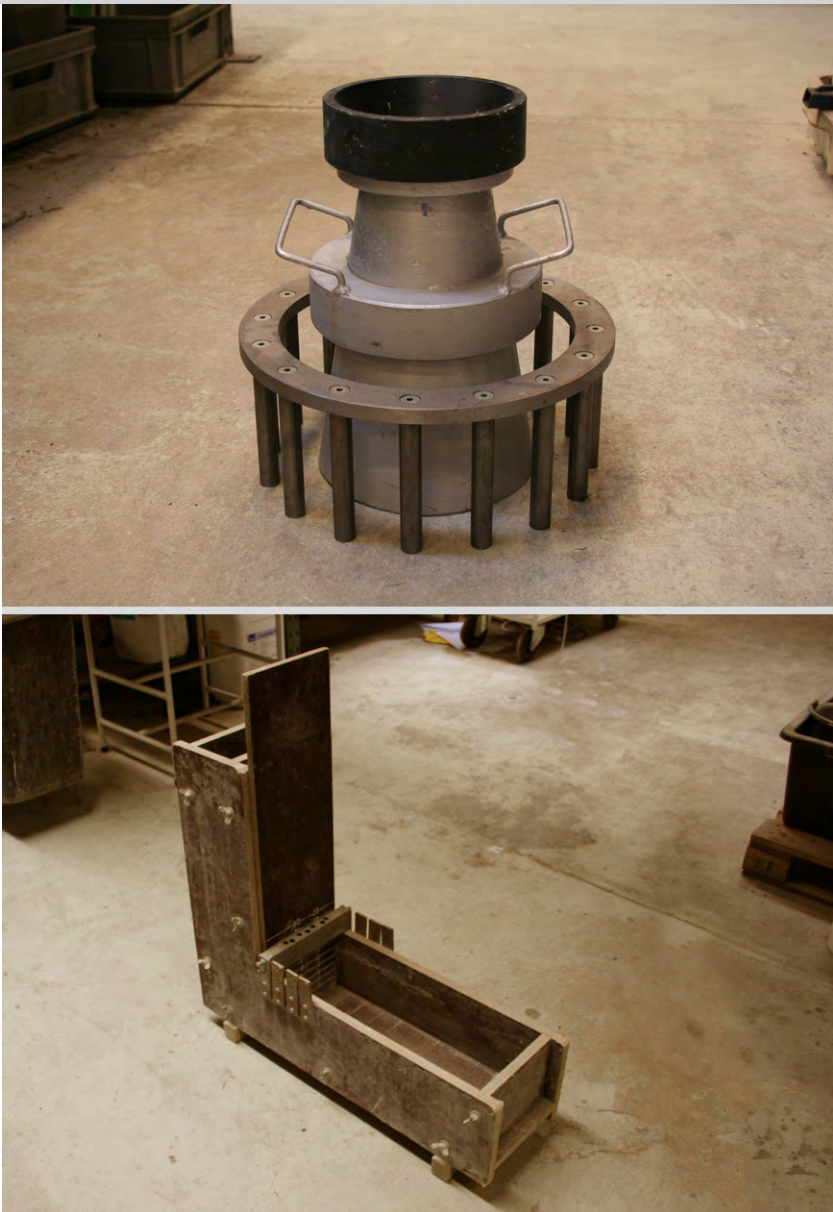
2.4 BLOKERING

Blokering opstår, når tilslaget ikke kan passere tætliggende armering eller kompliceret formgeometri med indsnævninger og retningsskift. Blokering kan føre til ufuldstændig formfyldning, stenreder, ringe omslutning af armering og dårlig overfladefinish. Der bør stilles krav til blokeringsforholdet mellem den mindste dimension for passage og den maksimale stenstørrelse. Blokeringsforholdet skal erfaringsmæssigt være på mindst 2 for ikke at skabe problemer for SCC (figur 2.6, 2.12 og 2.13).

I nedenstående tabel er der angivet maksimal stenstørrelse for forskellige passager. Den mindste passage opstår typisk mellem armering og formside svarende til dæklagstykkelsen, som igen afhænger af miljøklassen. Specielt for passiv miljøklasse kan der være behov for, at dæklagskravet øges i forhold til minimumskravet i DS 411 for at kunne benytte en realistisk stenstørrelse som ofte er lig 16 mm.

Den indbyrdes afstand mellem armeringsjern kan i visse tilfælde udgøre det kritiske blokeringsforhold især omkring udspæringer.

Desuden medfører en høj viskositet mindre risiko for blokering. Blokeringsrisikoen kan vurderes eksperimentelt ved anvendelse af en såkaldt L-boks eller J-ring (figur 2.11).



Figur 2.11. Øverst: J-ring. Nederst: L-boks.

Fri passage	D_{maks} for traditionel beton	Tilladelig D_{maks} for SCC
10 mm	8 mm	4 mm
20 mm	15 mm	8 mm
30 mm	25 mm	16 mm
40 mm	32 mm	16 mm
50 mm	32 mm	25 mm

Tabel 2.2. Valg af D_{maks} ud fra blokeringsrisiko. Bemærk at $D_{maks} = 25$ mm. kan betyde øget risiko for separation.

Blokeringsforholdet for traditionel beton er vejledende sat til 1,3, hvilket normalt er tilstrækkeligt, når der anvendes vibrering. For SCC skal blokeringsforholdet helst være mindst 2 og gerne højere.



Figur 2.12. Blokering ved SCC støbning. Eksempler på tæt armering og ophobning af sten bag armering og stenreder.



Figur 2.13. Ingen blokering. SCC flyder fint omkring armering uden at sten ophobes.

2.5 OVERFLADER

Der er generelt ikke nogen grund til at tro, at SCC betyder en forringet overfladekvalitet set i forhold til traditionel beton. Der er dog en række faldgruber under udførelsen af pladsstøbt SCC, som er med til at komplicere tingene. Der er tendens til, at luft indkapsles, når betonen falder frit ned i støbeformen, og når der bliver gået rundt i den friske beton, hvilket sker ved vandrette støbninger. Den indkapslede luft kan have svært ved at undslippe ved egen kraft, især for en SCC med høj viskositet og/eller flydespænding samt ved høje støbehastigheder. Derfor betyder kombinationen af flydeegenskaberne og udlægningsmetode langt mere for overfladerne end for traditionel beton.

For beton med indblandet luft kan risikoen for luftblærer være større end for beton uden luftindblanding.

For vandrette synlige dækundersider (støbt imod form) skal der tages specielt hensyn til, at afstandsholderne for armeringen bliver omstøbt. Dette kan sikres ved at anvende afstandsholdere med en lille trædeflade og uden små hulrum, som skal udfyldes af pasta. Figur 2.14 viser et eksempel på en afstandsholder, som ikke er tilstrækkeligt omstøbt. SCC med høj viskositet giver øget risiko for synlige trædeflader efter afstandsholdere.

Figur 2.15 viser tilsvarende støbefejl på lodrette vægstøbninger.



Figur 2.14. Øverst: Afstandsholder i færd med at blive omstøbt af SCC. Nederst og i midten: Synligt fodaftryk fra samme afstandsholder i brædeforskallet dækunderside.

Det er generelt muligt at opfylde de sædvanlige krav til betonoverflader støbt imod form, som de er opstillet i fx BIPS A24 og BPS B203. Det kræver blot mere fokus på kombinationen af flydeegenskaber og støbeteknik.

2.6 UDTØRRINGSBESKYTTELSE

Udtørningsbeskyttelse skal etableres for SCC på samme måde som for traditionel beton, herunder de samme kriterier mht. pulversammensætning og v/c-tal. Udtørningsbeskyttelse skal sikre tilstrækkelig curing af betonen og hindre plastiske svindrevner.

Det samme gælder evt. temperaturforanstaltninger under og efter støbningen. Der er heller ikke umiddelbart nogen forskel på dette punkt mellem SCC og traditionel beton. For SCC er behovet for at bestemme hærdevarmeudviklingen større end for traditionel beton. Dette skyldes den øgede anvendelse af tilsætningsstoffer, som påvirker afbindingstiden og hærdeforløbet. De forskellige tilsætningsstoffer kan desuden give forskellig opførsel i kombination med forskellige cementtyper.

Ved høje støbetakter på flere hundrede m² gulv i timen skal man være opmærksom på, at udtørningsbeskyttelsen skal følge samme takt, hvilket kan være svært at efterleve specielt under krævende vejrbetingelser. Dette kan medføre øget risiko for plastiske svindrevner for store SCC gulve i forhold til traditionel støbning. Figur 2.15 viser et eksempel på plastiske svindrevner, som er opstået som følge af stærk blæst og manglende udtørningsbeskyttelse.



Figur 2.15. Øverst: Plastisk svind som følge af mangelfuld udtørningsbeskyttelse. Nederst: I baggrunden ses indækning med plastik.



Figur 2.16. Påføring af curing membran på SCC brodæk. Der afdækkes efterfølgende med plastik som vist på figur 2.15.

3. Flydeegenskaber for SCC

De vigtigste materialeegenskaber for SCC i forbindelse med de udførelsesmæssige aspekter er flydeegenskaberne, som beskriver betonens evne til at bevæge sig uden anden ydre påvirkning end tyngdekraften. Under formfyldningen vil der være en vis manuel påvirkning af betonen fra håndværktøj såsom skraber, skovle, afretterbræt mv. ligesom der vil være en påvirkning fra faldenergien eller fra pumpetrykket.

Traditionelt set benyttes flydemålet alene til at beskrive SCC's flydeevne, men det er påvist, at SCC kræver mindst to parametre til at beskrive flydeegenskaberne. Flydeegenskaberne for SCC er således karakteriseret ved følgende rheologiske parametre:

- Flydespændingen τ_0 beskriver, hvor langt betonen kan flyde. Flydespændingen er tæt forbundet med flydemålet. En høj flydespænding giver lavt flydemål og omvendt.
- Den plastiske viskositet η_{pl} beskriver betonens sejhed. En høj viskositet giver en klistret SCC, som er svær at sprede ud (tykt- og langsomtflydende). Omvendt giver en lav viskositet en hurtigflydende SCC, som føles let at arbejde i.

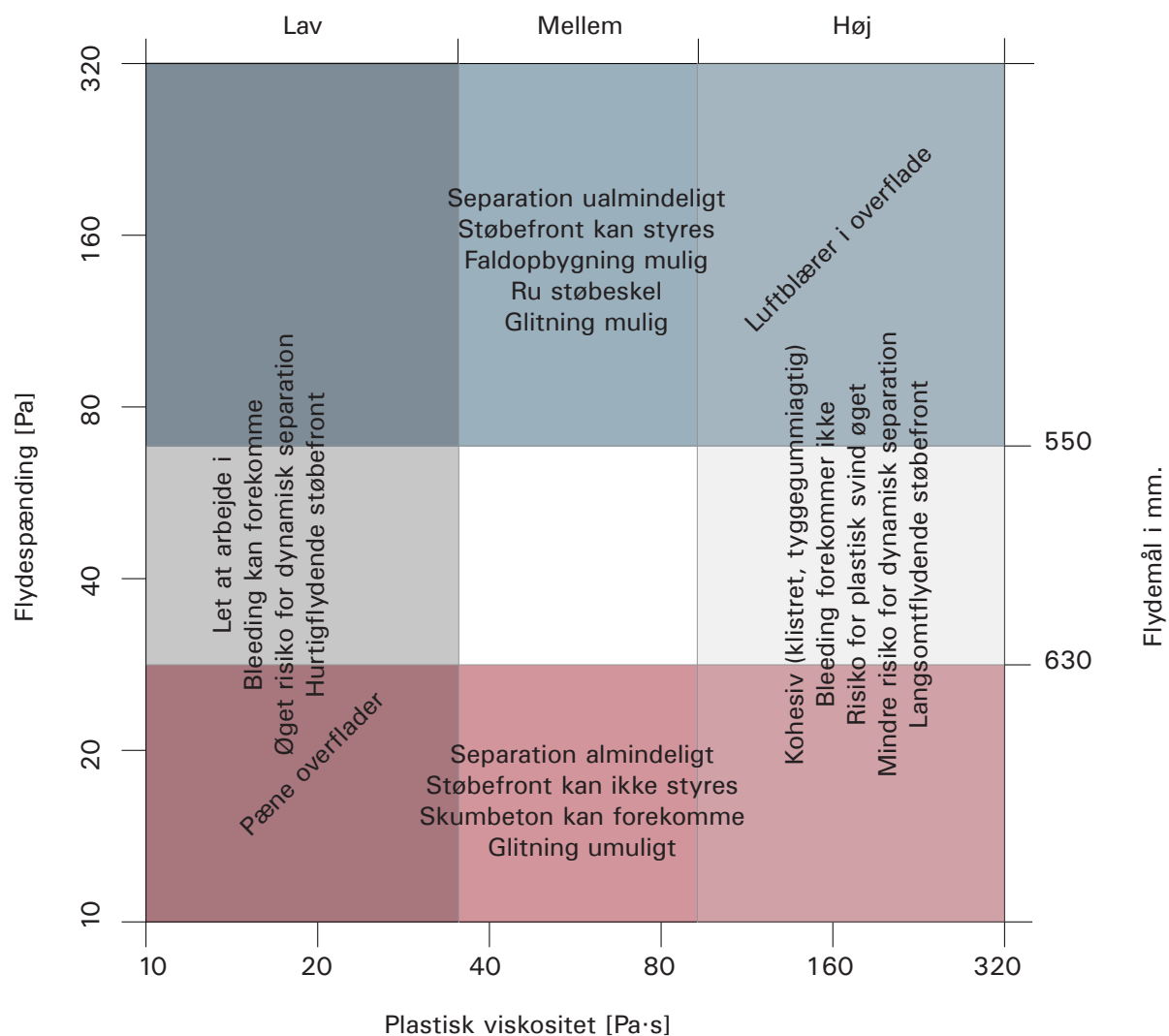
Der findes informationer omkring de enkelte delmaterialers indflydelse på flydeegenskaberne i "Håndbog for sammensætning af SCC", SCC-Konsortiet, august 2007.

Figur 3.1 viser et diagram, hvor de to rheologiske parametre er afbilledet langs hver sin akse og deres indflydelse på forskellige udførelsesmæssige egenskaber er angivet. Traditionel beton vil ligge et sted uden for diagrammet øverst.

To betoner med ens flydemål og med hhv. lav og høj viskositet opfattes som hhv. letflydende og klistret/sejt af betonarbejderne. De to betoner vil flyde lige langt, men flydehastigheden vil være forskellig.

Eksempel: Lad os antage, at et betonarbejde starter med en lav-viskøs SCC, som er nem at skubbe rundt med og afrette. På et tidspunkt leveres der et læs beton med en markant højere viskositet (flydemålet er uændret). Dette kan fx skyldes de naturlige variationer i delmaterialerne. Betonarbejderne synes nu, at betonens flydeevne er reduceret, da den er tung at trække af og svær at brede ud (langsomtflydende). Man bestiller derefter "en mere flydende konsistens" hos leverandøren, som efterfølgende øger flydemålet (fx ved at tilsætte mere superplastificering). Dette øger risikoen for separation, hvilket ikke er acceptabelt. I stedet er der behov for at sænke viskositeten uden samtidig at øge flydemålet, men det er svært at efterkomme, når viskositeten ikke er en styringsparameter i den daglige produktion. Dette eksempel viser, hvorfor der er behov for begge parametre, når SCC's flydeevne i frisk tilstand skal beskrives fyldestgørende.

Entreprenøren skal være opmærksom på, at det typisk er flydemålet, der bruges som styringsredskab på betonfabrikken, mens det er viskositeten, som reelt opleves af betonarbejderne. Dette øger risikoen for misforståelser mellem entreprenøren og betonleverandøren.



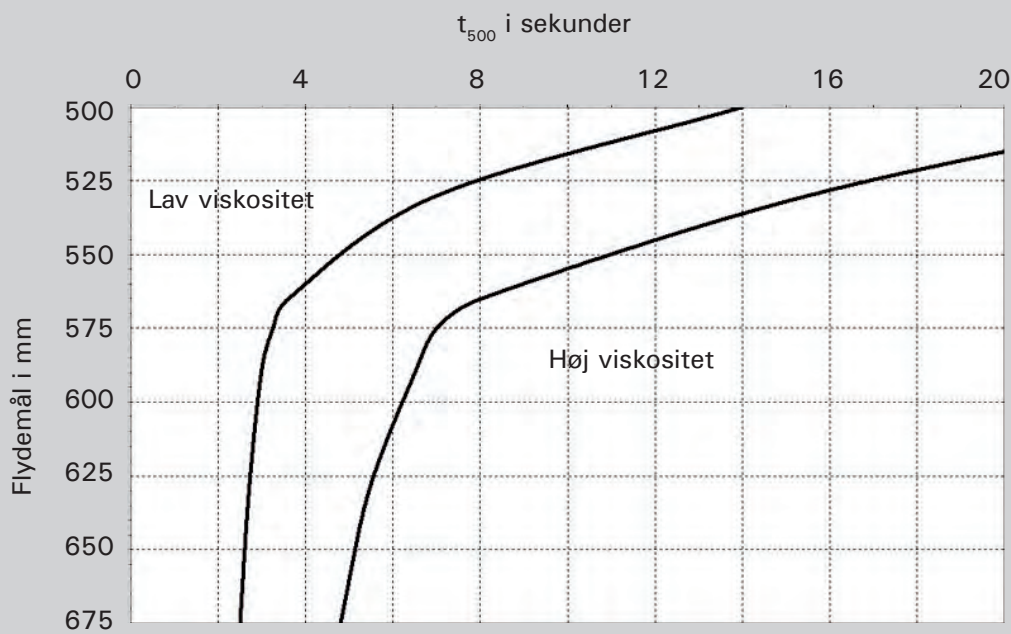
Figur 3.1. Erfaringer med danske SCC-betoner. Sammenhæng mellem flydeegenskaber og udførelsesmæssige aspekter. Indikeret tilhørende flydemål i mm på den højre lodrette akse.

3.1 BESTEMMELSE AF FLYDEEGENS KABER

Bestemmelse af de rheologiske parametre kan foretages med et rheometer som f.eks. det islandske BML-viskometer eller ved hjælp af 4C-Rheometer systemet udviklet på Teknologisk Institut i Danmark. 4C-Rheometret er baseret på gennemførelse af en automatiseret flydemåltest, hvor de rheologiske parametre bestemmes ved analyse af udbredelseskurven. Numerisk simulering af flydemåltesten ligger til grund for analysen. BML-viskometret er et "klassisk" rotationsviskometer, hvor de rheologiske parametre bestemmes ud fra kendskabet til strømmingen imellem to coaxiale cylindre.

Det anbefales, at koble bestemmelsen af flydemålet med en tidsmåling af det antal sekunder, det tager betonen at flyde fra udgangspunktet ved forsøgsstart til en flydemålsdiameter på 500 mm. Det målte tidsrum betegnes t_{500} . En hurtig udbredelse er lig med lav viskositet og omvendt. Figur 3.2 viser en opdeling i tre viskositetsklasser på baggrund af denne tidsmåling. Det vurderes tilstrækkeligt for de fleste praktiske formål at kunne skelne mellem høj og lav viskositet på betonfabrikken og på brugsstedet. Opdelingen afhænger kraftigt af flydemålet, som det fremgår af figur 3.2. Det er denne opdeling, som anvendes i de følgende afsnit, hvor der gives anbefalinger til valg af flydeegenskaber til forskellige typer af SCC støbninger.

Tabel 3.1 opsummerer betydningen af de forskellige parametre, som vælges i forbindelse med en SCC støbning. Disse oplysninger kan benyttes i planlægningen af støbearbejdet og i forbindelse med justeringer af udførelsesmetoder, mens støbearbejdet foregår.



Figur 3.2. Tidsmåling t_{500} afhængighed af flydemål og viskositetsklasse. Det antages at keglen er retvendt og løftes 15 cm. på ca. 2 sek. i en jævn bevægelse.

	De forskellige parametres indflydelse på følgende kvalitetsmål for betonkonstruktionen			
	Formfyldning	Separation	Blokering	Overfladefinish for formsider
Succeskriterier	Støbeformen fyldes fuldstændig. Betonen flyder ud i alle hjørner og omstøber armering og indstøbingsdele.	Der må ikke ske afblanding af tilslag og dannelse af pastalag. Der skelnes mellem statisk og dynamisk separation.	Ophobning af sten bag armering fulgt af separation samt stenreder må ikke forekomme.	Antallet af luftblærer i overfladen skal være som specificeret.
Flydespænding (flydemål)	Har stor betydning i komplicerede forme fx lukkede og tætarmerede forme, hvor et højt flydemål er en fordel. Koordineres med valg af støbeteknik. Har kun lille betydning i simple, letarmerede forme. Flydemålet bestemmer, hvor langt støbefronten flyder.	Har stor betydning for både statisk og dynamisk separation. Lavt flydemål er en fordel. Det tillader mere uhensigtsmæssige placeringer af indløbet, længere støbefronter og større fald.	Har mindre betydning. Højt flydemål er en fordel. Kan tillade en højere værdi ved $D_{maks} = 8$ mm end ved 16 mm.	Har stor betydning. Afgørende for om luftporer kan undslippe. Højt flydemål er en fordel.
Plastisk viskositet	Har lille betydning for formfyldningen, men stor betydning for, hvor hurtigt støbefronten flyder. Høj plastisk viskositet giver langsom udbredelse og øget kontrol med støbefronten.	Har ingen betydning for statisk separation. Det tager bare længere tid, hvis den plastiske viskositet er høj. Har stor betydning for dynamisk separation. En høj plastisk viskositet er en fordel. Det tillader mere uhensigtsmæssige placeringer af indløbet, længere støbefronter og større fald.	Har mindre betydning. En høj plastisk viskositet er en fordel.	Har stor betydning. Afgørende for, hvor hurtigt indkapslede luftporer vil undslippe. En lav plastisk viskositet er en fordel.
Placering af indløb (vandret og lodret)	Har lille betydning i simple forme ved fyldning ovenfra. Der skal typisk efterfyldes langs den fri overflade til slut pga. fald. Har stor betydning i komplicerede forme fx lukkede og tætarmerede forme. Koordineres med valg af flydespænding.	Har stor betydning, da det påvirker betonens strømningsforløb og dermed interaktionen mellem pasta og tilslag.	Har mindre betydning. Ofte en fordel at placere indløbet i nærheden af de tætte armeringszoner fx ved udsparinger mv.	Har stor betydning. Påvirker bevægelsen langs og mellem beton og formsider. Fordel med strømning henover formsiden, da det "smører" overfladerne.
Støbehastighed	Har ingen betydning.	Har kun lille betydning.	Har mindre betydning. Fordel at udnytte strømning i betonen.	Har mindre betydning. Fordel med lav stigningshastighed ved vægstøbninger for at indkapslet luft kan nå at undslippe.
Tilslag D_{maks}	Har ingen betydning.	Har stor betydning. Fordel med lille D_{maks} .	Har stor betydning. Valg af D_{maks} skal foretages, så blokeringsforholdet ikke bliver kritisk. Normalt bør dette forhold vælges højere end ca. 2.	Har ingen betydning.

Tabel 3.1. Betydning af de vigtigste udførelses- og materialeparametre for kvaliteten af en SCC støbning. Som det fremgår, er der flere krav som trækker i hver sin retning. For eksempel vil hensynet til blokering og dynamisk separation stille krav om en høj viskositet, mens krav om pæn overfladefinish omvendt kræver en lav viskositet.

3.2 MODTAGEKONTROL

Som det fremgår af de foregående afsnit, er det vigtigt, at betonens flydeegenskaber på brugsstedet er kendte. Det anbefales derfor, at entreprenøren foretager kontrol af den modtagne SCC. Det bør kontrolleres vha. et flydemålsforsøg, hvor også t_{500} måles og vurderes i forhold til tilstræbt flydemål og viskositetsklasse.

Det er ikke altid tilstrækkeligt at bygge modtagekontrollen på betonfabrikkens følgeseddel alene. Der er behov for en øget opmærksomhed hos betonarbejderne på, om den leverede beton er velegnet til den påtænkte anvendelse. Det er klart, at omfanget af modtagekontrollen skal tilpasses den enkelte støbeopgaves sværhedsgrad og kvalitetskravene til det færdige produkt. Det er ligeledes klart, at der skal være afgivet en klar bestilling til betonproducenten indeholdende kravet til tilstræbt flydemål og evt. også viskositetsklassen. Det er ikke nok blot at bestille en uspecificeret SCC hos betonproducenten og så regne med, at flydeegenskaberne er, som de skal være.

Entreprenøren bør kontrollere flydeegenskaberne på byggepladsen. Især de første par læs beton skal kontrolleres, og derefter kan kontrollen omfatte fx hvert 3. læs. Kontrollen danner grundlag for justeringer af den påtænkte udførelsesmetode eller eventuel afvisning af et afvigende læs.



Figur 3.3. Automatiseret flydemålsforsøg anvendt som modtagekontrol. Til bestemmelse af flydemål og viskositeten (4C-Rheometer)

Det er vigtigt at modtagekontrol foretages på betonen på dens endelige brugssted. Det vil typisk sige efter pumpning. Der kan være forskel på flydeegenskaberne før og efter pumpning.



4. Udførelse af vandrette SCC støbninger

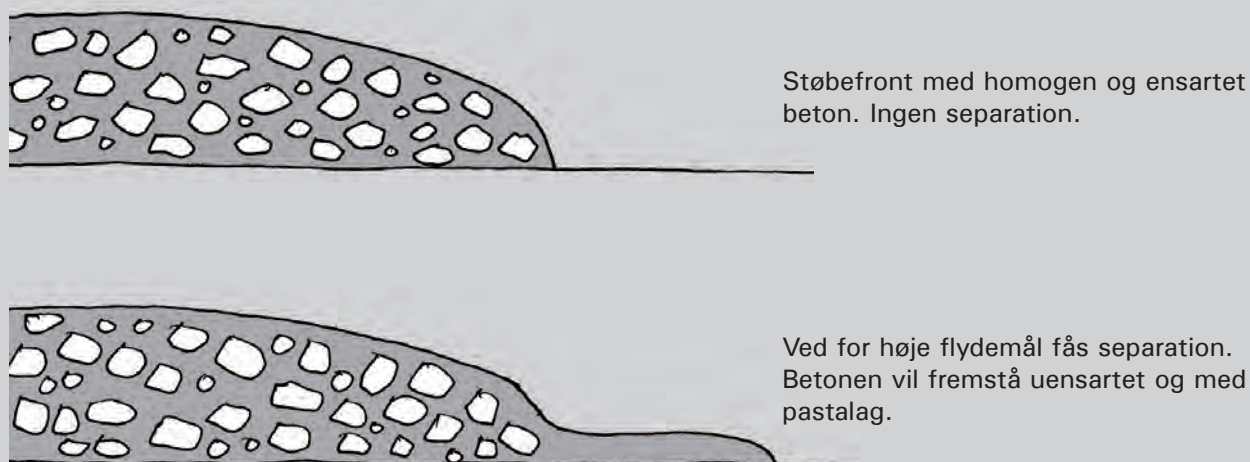
Færdigblandet SCC benyttes i Danmark i stort omfang til vandrette gulvstøbninger, hvor der oftest er simpel formgeometri, nem adgang til støbeområdet og kun lidt eller ingen armering. Det er også udbredt at levere SCC med fiberarmering, men denne type beton er ikke omfattet af Håndbogen. SCC er velegnet til gulvstøbninger, da vibreringsudstyr helt kan udelades, og der skal ikke etableres ledere for bjælkevibrator.

Der findes en række anbefalinger til SCC gulve i CtO Betontechnik "Tillæg til 6/17/1994:2006". CtO's anbefalinger vedrører primært sammensætning og udførelse af SCC gulve, hvor Håndbogen fokuserer mere på valg af flydeegenskaber og indflydelsen heraf på udførelsen.

4.1 VALG AF FLYDEEGENSKABER

Ud fra de danske erfaringer med SCC til vandrette støbninger opereres der typisk med et flydemål i området 500-600 mm, og med en maksimal stenstørrelse på 16 mm. Et flydemål på 500-600 mm må betegnes som relativt lavt set i forhold til SCC anvendelser uden for Danmark, hvor flydemålet ofte ligger omkring 700 mm og opefter. Et passende lavt flydemål er med til at sikre, at betonen ikke separerer under udlægningen og skaber områder med pastalag, som udgør svage overflader med utilstrækkelig slidstyrke (figur 2.8 og 4.1). Separation giver tillige problemer i forhold til efterfølgende efterbehandling, pudsnings og glitning pga. tendens til en stærkt uensartet overflade. Der kan således fyldes til en planlagt lagtykkelse på 100-150 mm ved at vælge tilpas lavt flydemål uden at støbefronten løber for langt (figur 4.3 og 4.4).

For mindre arealer, hvor manuel efterbehandling er mulig, er der naturligvis ikke de samme høje krav til ensartede flydeegenskaber som for store arealer på flere tusinde m².



Figur 4.1. Illustration af støbefrontens udbredelse ved gulvstøbning. Nederst er der tendens til separation og uensartet overfladekvalitet, hvilket i høj grad skyldes for højt flydemål.

Figur 4.2 opsummerer, hvordan flydeegenskaberne påvirker udførelsen. Langs den vandrette akse er situationen for hhv. høj og lav plastisk viskositet beskrevet. Langs den lodrette akse er indflydelsen af flydemålet beskrevet uafhængig af viskositeten. Det ses fx, at opbygning af fald stiller krav til flydemålet.

Under normale forhold anbefales det at anvende flydeegenskaber til SCC gulve svarende til øverste venstre område 1A af diagrammet og evt. delvis ind i område 1B. Dette giver en beton, der er let at arbejde i, en støbefront der er nem at styre, og som ikke løber for langt og endelig fås ensartede overfladeforhold uden separation og skumdannelse. Den lave viskositet sikrer desuden, at indkapslet luft undslipper relativt let.

Som et eksempel på flydeegenskaber, der opfylder dette, er et tilstræbt flydemål på 550 mm og tolerancer på -50 mm og +30 mm. Den maksimale værdi af t_{500} skal ligge på 3-14 sekunder, afhængig af flydemålet i intervallet 580-500 mm. Grunden til at toleranceintervallet er asymmetrisk er, fordi det bedre kan tillades at gå nedad i flydemål end opad set i forhold til den tilstræbte værdi.

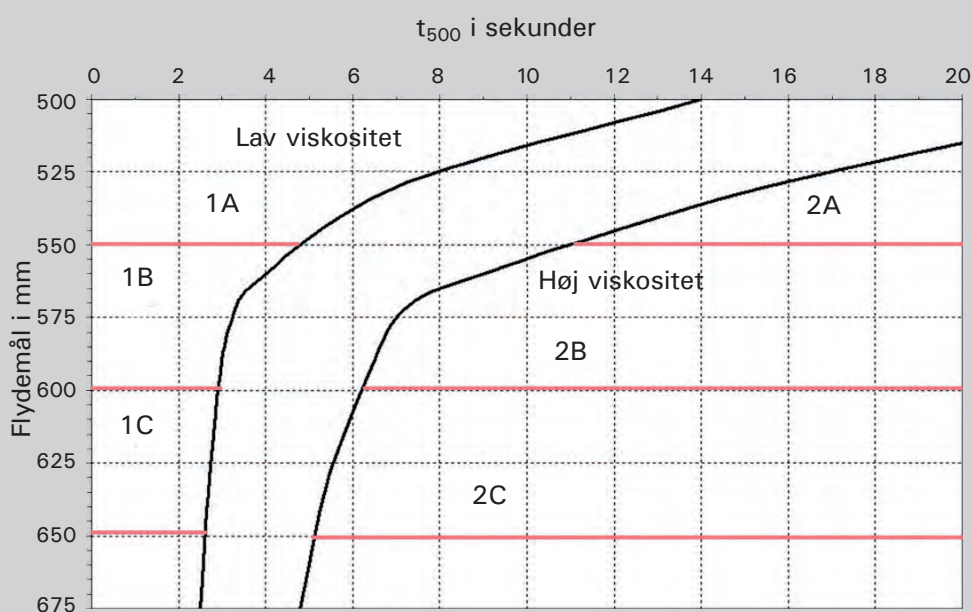
Der kan forekomme SCC med flydemål under 500 mm og helt ned til 450 mm, hvor t_{500} naturligvis ikke giver mening. Der er ikke noget til hinder for, at en SCC i dette område kan bruges i gulve eller vægge så længe der er tale om simple armeringsforhold og simple geometriforhold og så længe viskositeten er tilpas lav.

For tykkere plader såsom bundplader og lignende med to lag armering vil støbefronten strække sig over adskillige meter, og pumpemanden vil fylde på støbefronten oppefra. I sådanne tilfælde kan der være behov for at skærpe kravet til flydemålet til eksempelvis maksimalt 520 mm for at opbygge pladetykkelsen uden, at støbefronten samtidig bliver for lang. Derudover kan der være behov for at specificere en høj viskositet for at sikre, at støbefronten opbygges langsomt, og for at betonen kan tåle en større fri faldhøjde igennem armeringen.

Anvendelsen af SCC udgør i Danmark pr. 2007 knap en tredjedel af al produceret færdigbeton, dvs. knap 1 mio. m³ SCC. Hovedparten heraf benyttes til vandrette støbninger (terrændæk).

Anbefalingerne i dette afsnit gælder som hovedregel for SCC med maksimal stenstørrelse på 16 mm, da det traditionelt er den mest anvendte. Hvis der benyttes en stenstørrelse på 8 mm i stedet, fås større robusthed overfor separation og bedre luftporestruktur. En mindre D_{maks} kan dog give anledning til øget svind grundet et større pastaindhold. Dette skal holdes for øje, når SCC sammensætningen vælges.

SCC med krav til lavt v/c-tal beregnet til aggressiv eller ekstra aggressiv miljøklasse og samtidig med et lavt flydemål (fx under 600 mm) vil erfaringsmæssigt give høj viskositet, hvilket skal tages i betragtning, når støbearbejdet planlægges.



Ringe risiko for separation.
Tydelige sten i overfladen.
God stabilitet af luftstruktur.
Opbygning af fald (4-5 %) muligt.
Overfladen kan kastes.

Begrænset risiko for separation.
Opmærksomhed på støbefronten.
Opbygning af mindre fald (2-3 %) muligt.

Risiko for separation.
Svært at opnå sten i overfladen.
Støbefronten er svær at styre.
Faldopbygning og kostning ikke muligt.

Stor risiko for separation.
Pastalag og skumdannelse i overfladen.
Ustabil luft. Bobler og skummer.
Ikke egnet til gulvstøbninger pga. variationer i overfladen.

Generelt for lav viskositet:

Pas på med faldhøjder > 1m.
Nem at arbejde i.
Mere ensartede overflader. Nem at efterbehandle.

Specielt for område 1A:
Velegnet til gulvbeton. Robust overfor jutning og afretning.

Specielt for 1C:
Sjældent behov for jutning.
Nem at planafrette.

Generelt for høj viskositet:

Sej og klistret at arbejde i.

Specielt for område 2A:
Risiko for vulkaner pga. indkapslet luft.
Risiko for mangelfuld omstøbning af afstandsklodser og indstøbningsdele.
Der kan opstå spor fra sten og lufthuller efter planafretter.

Specielt for 2C:
Sjældent behov for jutning.
Stor risiko for vulkaner og gummihud pga. indkapslet luft.
Tendens til uensartede overflader som besværliggør pudsning/glitning.
Egnet til områder med tæt armering, udsparinger mv.

Figur 4.2. Valg af flydeegenskaber til vandrette støbninger.



Figur 4.3. Eksempel på gulvstøbning med et lavt udbredelsesmål på ca. 525 mm. God kontrol over støbefronten, hvor det er nemt at nå færdig støbehøjde (fx 100 mm) i en og samme arbejdsgang.

Der er lille risiko for separation for maksimal stenstørrelse på både 16 og 8 mm. Betonen fremstår som meget stabil og ensartet i overfladen efter støbning, oftest også med tydelige sten i overfladen, som efterfølgende jattes. En lav viskositet sikrer at det er nemt at dykke stenene med jutteren.

Der er høj luftporestabilitet. Betonen vil ikke boble mærkbart. Fordel med lav viskositet for at eventuel grov indkapslet luft forsvinder hurtigt.



Figur 4.4. Eksempel på gulvstøbning med et højt udbredelsesmål på ca. 675 mm. Dårlig kontrol over støbefronten, som flyder langt. Det er ikke muligt at nå færdig støbehøjde (fx 100 mm) i en arbejdsgang, da betonen vil flyde op imod 4 m væk fra indløbet. Dette er med til at øge risikoen for dynamisk separation markant. Ikke muligt at støbe uden at skulle gå i betonen.

Der er stor risiko for separation. Selvom det er fristende at lade betonen flyde af sig selv, bør dette klart undgås pga. separationsrisikoen. Det anbefales at flytte indløbet hele tiden, så betonen flyder så korte afstande som muligt. Dette kan dog ikke forhindre statisk separation, men kan være med til at undgå de meget tydelige pastafronter, som typisk opstår ved lange støbefronter.

Betonen kan boble og skumme meget. Ved høj viskositet vil man se bobler stige langsomt til vejrs, hvorimod en lav viskositet vil opfattes som en overflade, der "koger".

4.2 UDFØRELSESMÆSSIGE OVERVEJELSER

Når flydeegenskaberne vælges som beskrevet i forrige afsnit, vil det være muligt at opnå en god udfyldning af støbeformen, hvor betonen er homogen og uden stenreder, luftblærer eller pastalag. Når fyldningen foregår med pumpe (figur 2.5), vil pumpemanden oftest bevæge sig foran støbefronten, og ved at vælge et passende lavt flydemål, undgås det samtidigt, at han træder rundt i den friske beton. Pumpemanden sikrer, at påfyldningen af beton foregår jævnt ved at bevæge pumpestudsens frem og tilbage over støbefronten. Det kan ikke anbefales, at holde indløbets placering for længe ad gangen det samme sted, da risikoen for separation derved øges pga. en længere flydeafstand.

Fyldning foregår indtil det færdige niveau, hvorefter betonen grovafrettes (figur 4.5). Ved at vælge en lav viskositet, vil denne afretning føles relativt let. Grovafretningen af betonen foregår med en asfaltskraber og normalt efter lasernivelleringsapparat. Derefter foretages der jutning af overfladen for at komprimere overfladen og gøre denne pæn og ensartet. Alternativt kan der anvendes planafretter (figur 4.6).

Hvis betonen ikke opfylder de stillede krav til flydeegenskaberne ved levering, skal entreprenøren være opmærksom på følgende punkter:

1. Hvis flydemålet er for højt (> 600 mm), skal der udvises forsigtighed uanset viskositeten (område 1C og 2C i figur 4.2). Der er udpræget risiko for separation og områder med uensartet overfladekvalitet. Jutning vil ofte være nødvendig pga. pastalag i overfladen. Evt. kan planafretter benyttes i stedet. Hvis flydemålet er højere end 650 mm, bør det alvorligt overvejes, om det pågældende læs skal kasseres.
2. Hvis flydemålet er ok, men viskositeten er for høj (område 2A og 2B i figur 4.2), vil evt. indesluttet luft være længere om at stige op, og der skal udvises forsigtighed med ikke at jutte for tidligt. Det samme gælder planafretning. Hvis der juttet for tidligt, risikerer man at indkapsle luften lige under overfladen og få svagheder i gulvets overflade. Af samme grund bør det så vidt muligt undgås at gå rundt i betonen, da det øger mængden af indkapslet luft.

Punkt 1 kan evt. reddes ved at lade det pågældende læs beton stå i rotærbilen et stykke tid, hvorefter flydemålet falder til et ønsket niveau. Dette vil imidlertid også give uensartede modenheder for betonoverfladen og besværliggøre efterbehandlingen af gulvet.

Punkt 2 kan ofte være relevant ved beton i aggressiv og ekstra aggressiv miljøklasse, hvor et lavt v/c-tal erfaringsmæssigt medfører en relativ høj viskositet.

Tidspunktet for jutning/afretning er i høj grad en erfaringssag, som ligger hos det enkelte betonsjak. Det afhænger bl.a. stærkt af vejrforholdene. Så længe betonen bobler bør man ikke påbegynde jutning.

I mange tilfælde er overfladen efter jutning tilfredsstillende. Det drejer sig om undergulve til trægulve på strøer samt landbrugsbyggeri og lignende, hvor kravene til finish ikke er høje. Der kan også være tale om undergulve, hvor der efterfølgende spartles, eller udlægges afretningslag eller slidlag.

Når der er tale om et færdigt betongulv, som skal stå råt eller malet, er en juttet overflade ikke tilstrækkelig. For det første er den for åben og grov i overfladestrukturen, og for det andet er planhedskravene ikke nødvendigvis opfyldt:

- Overfladen lukkes typisk vha. glitning og SCC stiller større krav til denne proces end traditionel beton. Først foretages en afrivning/pudsning med glittemaskinen påmonteret plader (tallerken) for at afrette overfladen. Alternativt håndpudses der, afhængig af arealets størrelse.
- Efterfølgende glittes der manuelt eller med maskine. Dette sker for at lukke overfladen og sikre en tæt og stærk betonoverflade. Glittetidspunktet skal ligesom for traditionel beton vurderes på stedet og afhænger af betingelserne på støbetidspunktet. Normalt vil der gå omkring 3-5 timer fra udstøbning i glitning kan påbegyndes.

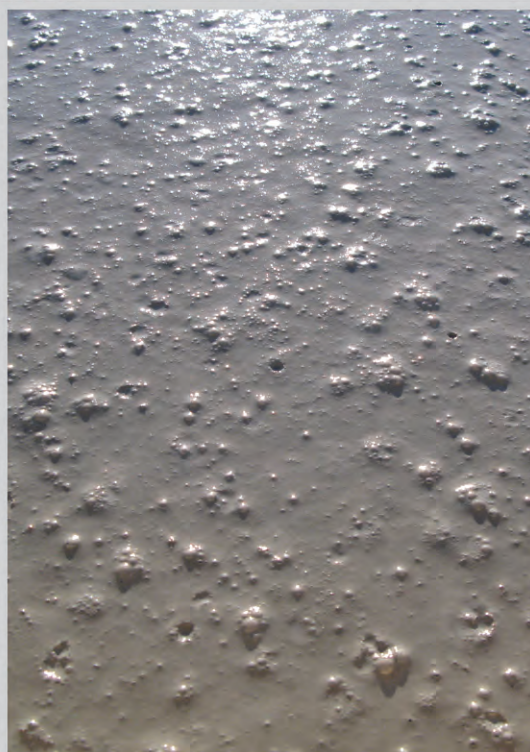
Maskinglitning stiller store krav til gulvets planhed. I visse tilfælde er SCC gulve præget af små lokale lunger som følge af jutningen. Afretningen kan afhjælpe mindre lunger og forbedre planheden, men i visse tilfælde er det ikke tilstrækkeligt til at maskinglitte, og der vælges at foretage en afslibning af gulvet efter afhærdning i stedet. En sådan afslibning vil typisk fjerne de yderste par mm af betonen og frilægge tilslaget (figur 4.7).

Maskinglitning besværliggøres endvidere, hvis gulvet har været udsat for separation under støbearbejdet, fx pga. for højt flydemål, hvor der dannes lokale områder med pastalag og gummihud, som gør det vanskeligt at glitte, og hvor glittemaskinen graver sig ned og ødelægger overfladen. Især for større gulvarealer er det vigtigt, at flydeegenskaberne har været ensartede for at sikre, at glitning kan foretages på en fornuftig måde. Dette sikres ved at foretage modtagekontrol af betonen, som nævnt i afsnit 3.2.

Se også Betonteknik "Tillæg til 6/17/1994:2006" for anbefalinger til efterbehandling af SCC gulve.



Figur 4.5. Til venstre: udstøbning af SCC. Til højre: Grovfordeling af SCC med skraber. Bemærk at betonen udlægges med pumpe-slangen placeret vandret langs med støbeunderlaget.



Figur 4.6. Øverst til højre: Curing membran sprøjtes på. Det bør ske hurtigst muligt efter endt overfladebehandling. Øverst til venstre: Jutning af overfladen for at dykke stenene. Bør kun foretages, hvis der er sten i overfladen. Nederst til højre: Overfladen afrettes med en planafretter. Det anbefales ikke at benytte den, når der er mange sten i overfladen, da det kan trække spor af sten. Nederst i midten: SCC med separation. Der er ingen sten i overfladen eller lige under. Desuden bobler overfladen pga. ustabil luft. Nederst til venstre: SCC uden separation. Tydelige sten i overfladen.



Figur 4.7. Øverst til venstre: SCC gulv glittes. Det er en erfaringssag at vurdere det korrekte glittetidspunkt. Især ved større gulvarealer er det vigtigt at være opmærksom på en ensartet levering til pladsen, da det ellers giver uens overfladekvalitet der vanskeliggør glitning. Øverst til højre: SCC overflade afsluttet med 25 promilles tværfald. Nederst til venstre: Planafrettet (venstre) og juttet (højre) overflade af SCC med lavt flydemål på ca. 480 mm og relativ høj viskositet. Planafretteren trækker tydelige spor efter sten mens jutteren har lidt svært ved at dykke stenene. Nederst til højre: Eksempler på forskellig overflade på det samme gulv – glittet, slebet og kostet.

5. Udførelse af lodrette SCC støbninger

Færdigblandet SCC anvendes hovedsageligt til vandrette støbninger, ligesom SCC støbninger hos betonelementproducenter primært foregår i vandretliggende forme. Der er således et stort uudnyttet potentiale for lodrestøbte konstruktioner.

Behovet for planlægning ved lodrette støbninger er større end det er tilfældet for vandrette støbninger. Det skyldes, at formgeometri og armering spiller en langt større rolle for arbejdets udførelse, valg af flydeegenskaber og SCC sammensætning. Til gengæld finder der ikke nogen efterbehandling sted ud over fjernelse af formsider efter nogle dage.

Lodrette støbninger omfatter et bredt spektrum af konstruktionstyper, spændende fra letarmerede kældervægge i passiv og moderat miljøklasse til tætarmerede vægge med udsparinger og evt. forspænding. Dertil kommer slanke søjler til anlægskonstruktioner, og komplicerede konstruktioner såsom skrå rammeben med overforskalling, støttevægge støbt imod spunsvæg, tunnelsegmenter og massive ankerblokke.

Det er afgørende med et korrekt valg af flydeegenskaber og støbeteknik ud fra de givne betingelser, bl.a. fordi at det ofte er svært visuelt at følge betonen langt nede formen og dermed svært at afgøre om der er behov for korrigerende handling.

Formgeometri, udsparinger og armeringstæthed stiller krav til flydeegenskaberne og placeringen af indløbet under hensyntagen til formfyldning, blokering og separation. Lodrette støbninger med SCC foretages ofte vha. pumpe ovenfra, ligesom det er beskrevet i afsnit 2.2. Det er vigtigt at planlægge indløbsstederne på forhånd, især for lange vægge og vægge med udsparinger. Betonens flydelængde skal begrænses, hvilket sker ved en hensigtsmæssig placering af indløbsstederne. Det er som regel også en god ide at placere indløbet ved tætarmerede områder, fx omkring udsparinger for at udnytte strømmingen i betonen til at opnå god formfyldning og omstøbning af armering.

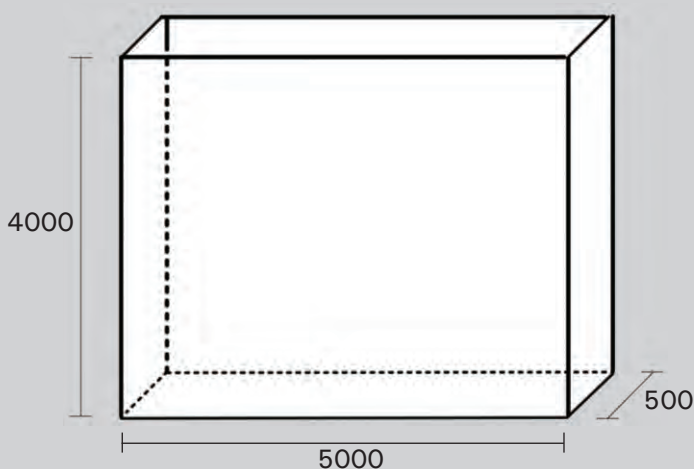
Hvis der stilles krav til overfladernes finish og kvalitet, skal flydeegenskaber og indløbsplacering koordineres.

Betonsammensætningen skal tilpasses opgaven, herunder krævet miljøklasse, krav om luftindblanding og valg af maksimal stenstørrelse.

Endelig skal støbetakten tilpasses formgeometrien og logistikken i forbindelse med betonleverancerne.

Anvendelsen af SCC til lodrette konstruktioner stiller øgede krav til form og forskalling, som det er beskrevet i afsnit 2.1. Desuden spiller alle parametre i Tabel 3.1 en vigtig rolle for det færdige resultat.

Maksimal stenstørrelse skal vælges under hensyntagen til blokeringsrisiko. Bemærk, at stenstørrelsen også har stor indflydelse på separationsrisikoen, som det er beskrevet i afsnit 2.3.

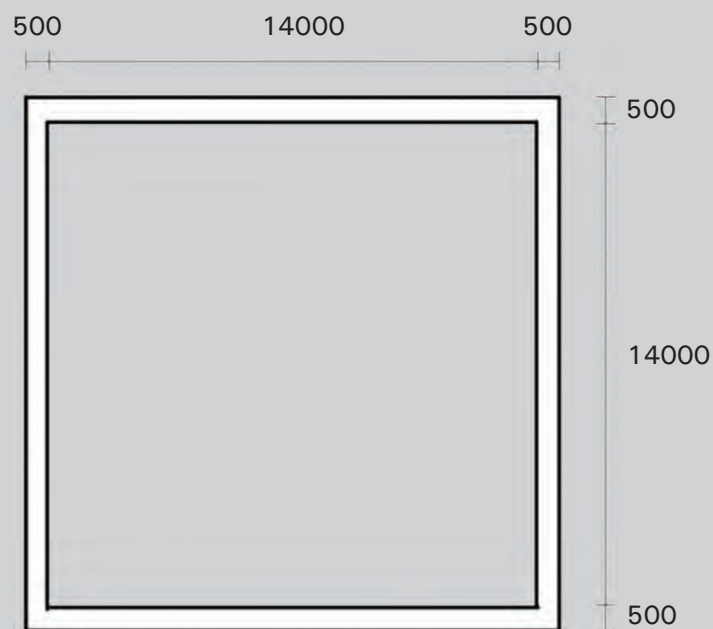


Figur 5.1. En simpel letarmeret væg med begrænset flydelængde. Der er typisk brug for 5-10 m³ beton til denne type væg svarende til ét læs beton. Mål i mm.

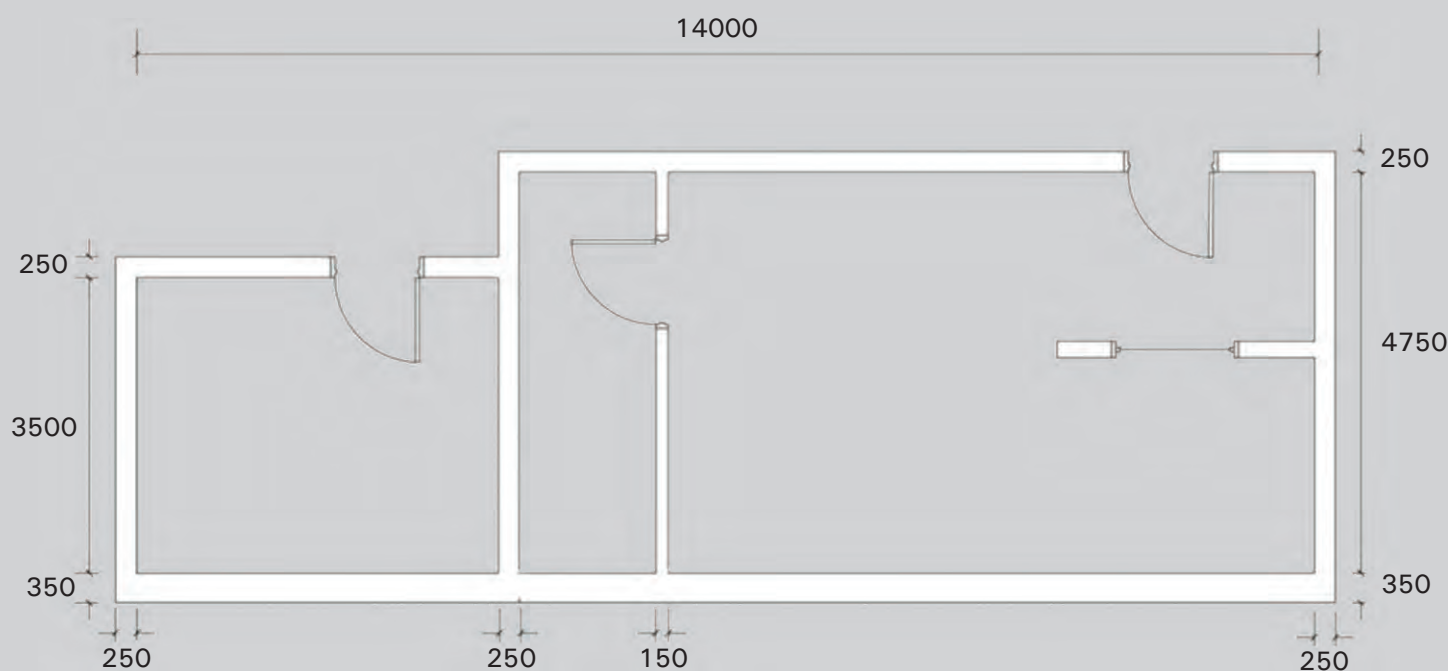
Der gennemgås tre eksempler for støbning af plane vægge. Der tages udgangspunkt i en simpel letarmeret væg med begrænset flydelængde for betonen (figur 5.1). Betonen kan ikke flyde særligt langt, før den rammer væggens endebegrænsning. Der vil typisk ikke være nogen leverings- og logistikproblemer, idet hele væggen oftest kan fyldes af et enkelt læs beton.

Det andet eksempel forudsætter, at væglængden er stor (flydelængde på langt over 10 m), og at betonleverancen omfatter adskillige læs. Den lange væg kan desuden indeholde knæk og hjørner, hvorved det er svært at følge betonen visuelt (figur 5.2).

Som det sidste eksempel beskrives en kompliceret væggeometri (figur 5.3).



Figur 5.2. En simpel letarmeret væg med lang flydeafstand (vandret snit). Der er typisk tale om støbninger på 50-100 m³ SCC. Mål i mm.



Figur 5.3. En kompliceret væggeometri med tættere armering og adskillige udsparringer, hjørner og forbindelsesvægge med varierende tykkelse (vandret snit). Der kan være tale om en støbning på 100-150 m³ SCC. Mål i mm.

5.1 VALG AF FLYDEEGENSKABER

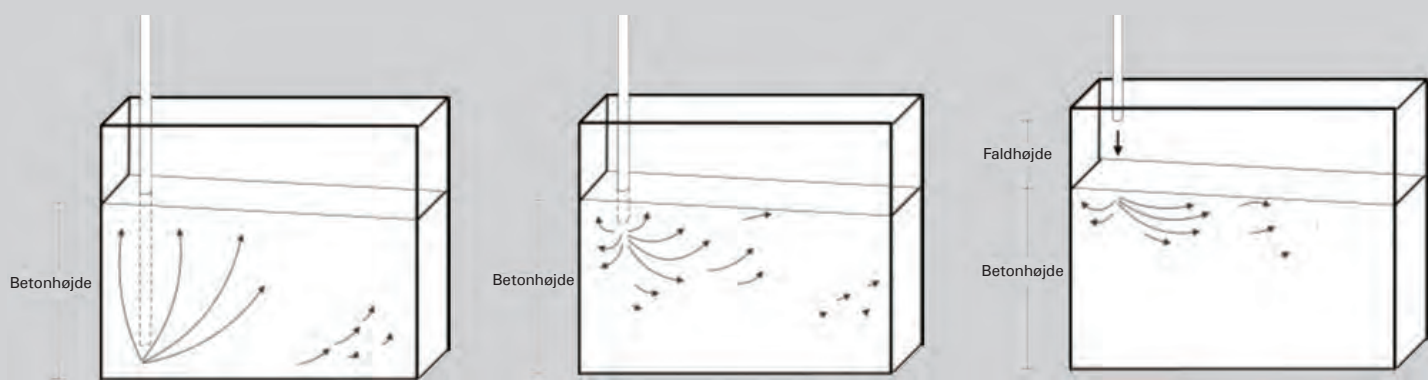
De følgende anbefalinger tager udgangspunkt i SCC med maksimal stenstørrelse 16 mm og et luftindhold på ca. 6 % i den friske tilstand. Der henvises i øvrigt til Tabel 3.1 for de generelle betragtninger omkring valg af flydeegenskaber og betydning af udførelse.

Simpel væg med begrænset flydelængde

For denne type væg er der ikke nogen begrænsning for placering af indløbet. Fyldning sker typisk ovenfra med pumpe igennem den lodrethængende pumpeslange. Det vil være tilstrækkeligt med et enkelt indløbssted for at fylde formen, men til slut skal der efterfyldes langs væggens top, som vil fremstå med et fald på 1-10 procent afhængig af flydemålet.

I forhold til separation er det en fordel at placere indløbet over betonoverfladen. Den begrænsede flydelængde gør det samtidig muligt at vælge flydeegenskaberne forholdsvis frit, idet risikoen for separation er ringe. Hvis indløbet derimod er placeret under betonoverfladen er det vigtigt at tilpasse flydeegenskaberne, da beton, der presses op nedefra, har større tendens til at separere. Figur 5.4 viser tre forskellige måder at fylde formen på og hvilken betydning det har for betonens måde at fylde formen på.

Der er normalt lille risiko for blokering med en armeringsmængde på op til ca. 100 kg/m³ i form af netarmering og bøjler.



Figur 5.4. Indløbsplacering. Fra venstre: indløb placeret konstant neddykket ved formens bund, indløb placeret let neddykket og indløb placeret med frit fald.

Figur 5.5 viser de anbefalede valg af flydeegenskaber og tilhørende fyldningsmetode. Der skelnes mellem med og uden krav til overfladefinish af væggens lodrette sider:

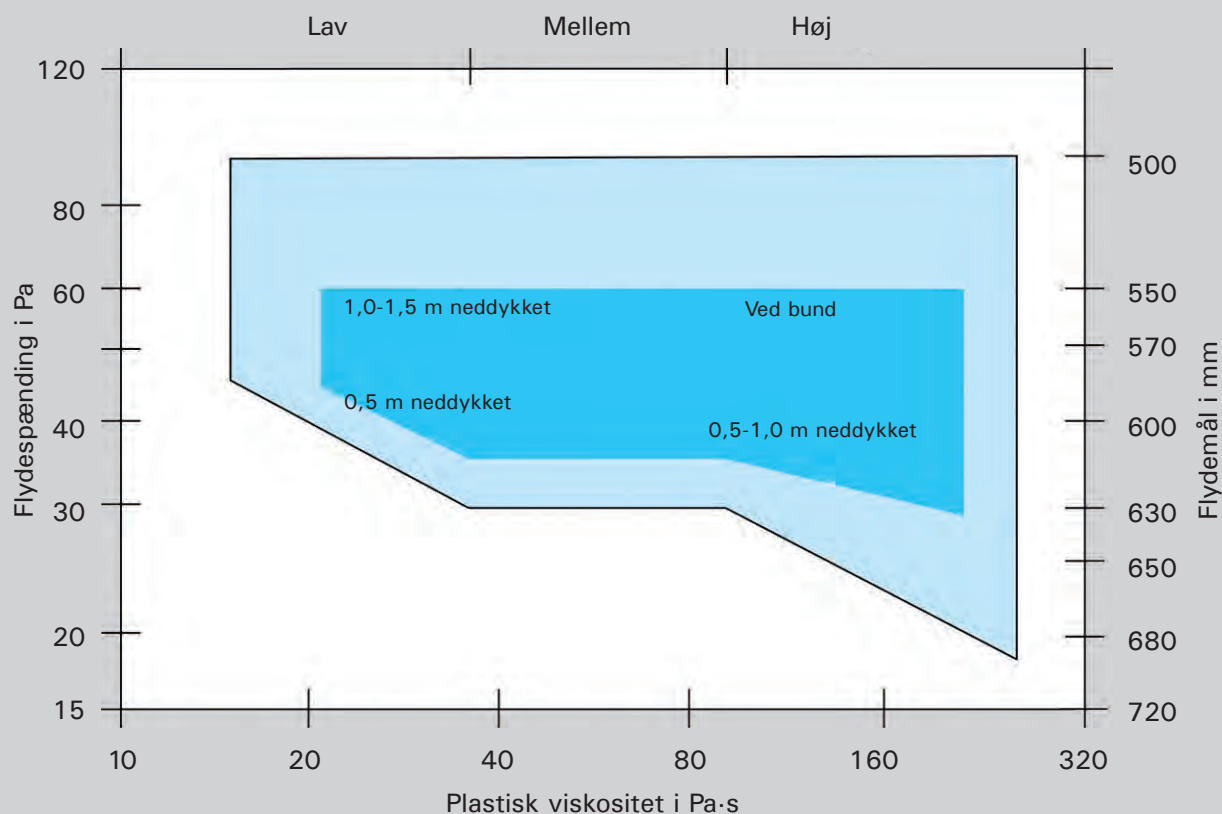
- Ingen krav til overfladefinish betyder, at indløbets placering kan vælges frit, og det anbefales at lade betonen falde frit over betonoverfladen med en faldhøjde på ca. 0,5 m. Den vandrette placering kan holdes konstant.
- Overfladekrav fx BIPS A24, BO 31. Det anbefales, at indløbet neddykkes under betonoverfladen, hvor dybden afhænger af kombinationen af flydemål og viskositetsklasse. Det anbefales at ligge indenfor det mørkeblå område svarende til flydemål fra 550 mm til 630 mm.

Simpel væg med lange flydelængder

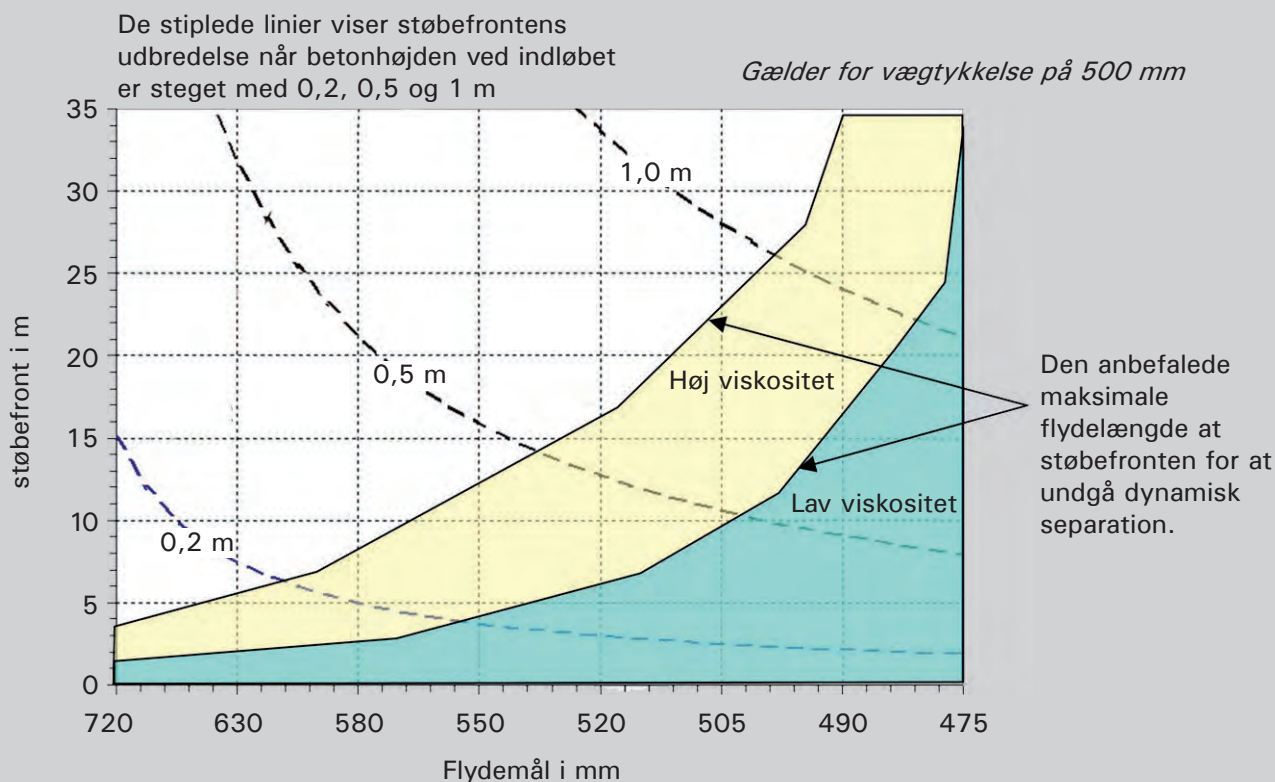
Der vil typisk være tale om betonleverancer fordelt på adskillige læs. Derfor er logistikken vigtig og det bør sikres, at støbepauser ikke forekommer.

I modsætning til den simple korte væg er det vigtigt at tage hensyn til støbefrontens flydelængde for at undgå dynamisk separation og man bør påregne, at flytte indløbsstedet jævnlige. Desuden kan eventuel risiko for ufuldstændig formfyldning eksempelvis omkring udsparinger, hjørner mm. også give anledning til at flytte indløbet.

Som udgangspunkt kan figur 5.5 benyttes til at vælge en kombination af flydeegenskaber og lodret placering af indløbet. Det vil sige, at i tilfælde af ingen særlige krav til overflader lader man betonen falde frit med indløbet ca. 0,5 m over betonoverfladen og i tilfælde af krav til overfladefinish anbefales det at lade pumpe-slangen være neddykket under fyldning.



Figur 5.5. Valg af flydeegenskaber for støbning af en simpel letarmeret væg med begrænset flydelængde. Det lyseblå område gælder for vægge uden nogen særlige krav til overfladefinish, hvor det anbefales at støbe med indløbet placeret ca. 0,5 m over betonoverfladen. Det mørkeblå område gælder for vægge med overfladekrav. I dette område er der tillige givet anbefalinger til den lodrette placering af indløbet under betonoverfladen. Viskositetsklasserne lav og høj svarer til dem i figur 4.2.



Figur 5.6. De stiplede linier viser, hvor langt støbefronten flyder samt hvor meget betonhøjden stiger ved indløbet ved et givent flydemål. Stigningshøjden kan benyttes til at styre støbefrontens længde med. Den anbefalede flydelængde er angivet for henholdsvis høj og lav viskositet.

Den vandrette placering af indløb justeres derimod ind efter støbefrontens længde. Som hjælp kan man benytte stigningshøjden ved indløbets placering til at styre støbefronten med (figur 5.6). Diagrammet viser:

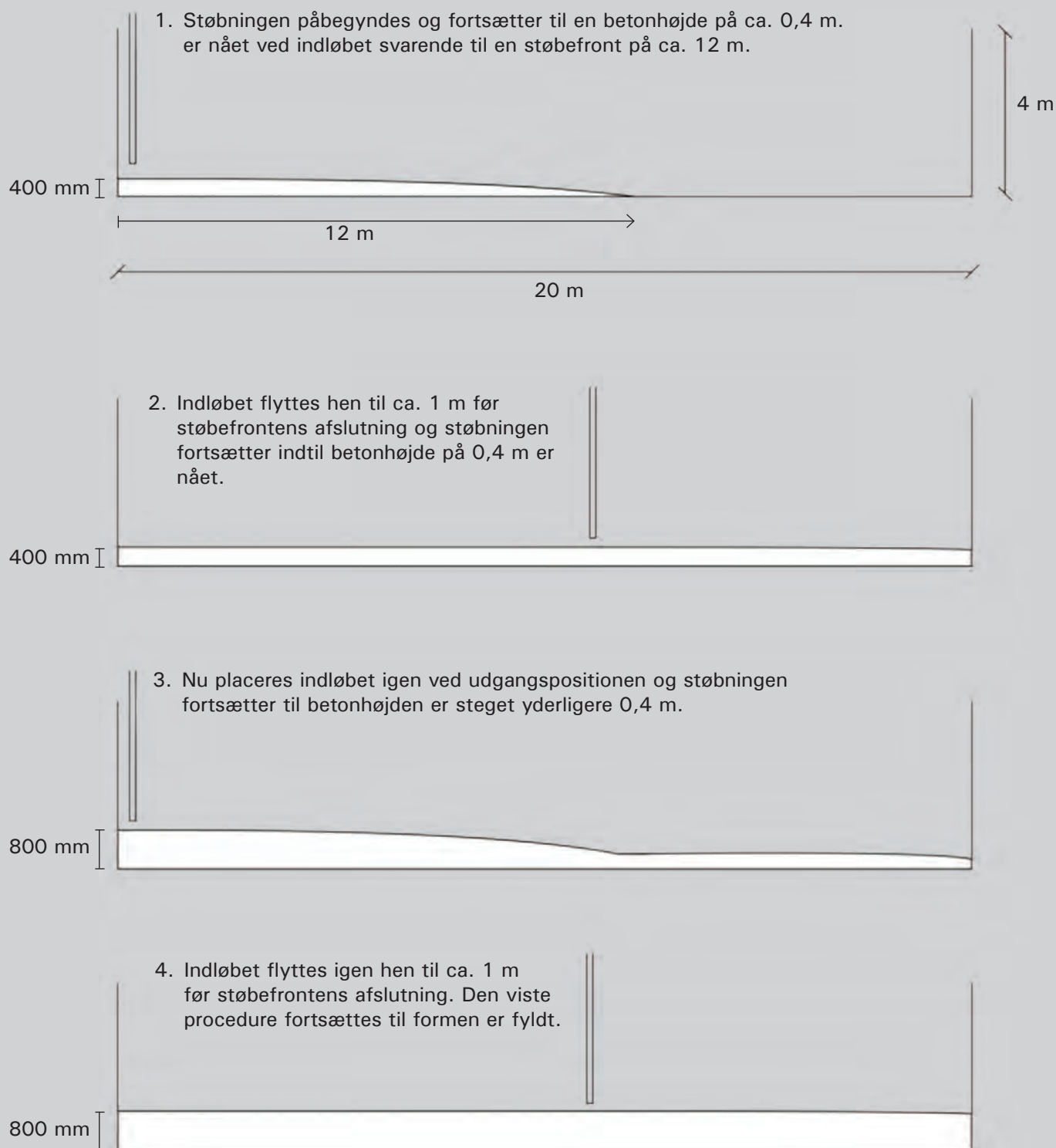
- hvor langt støbefronten vil være fra indløbet, når betonhøjden ved indløbet er steget med henholdsvis 0,2, 0,5 og 1,0 m og betonen er faldet til ro (stiplede linier). Flydelængden afhænger kun af flydemål og vægtykkelse (vist for 500 mm).
- hvor langt det anbefales, at støbefronten flyder væk fra indløbet. Således tillades længere støbefronter ved høj plastisk viskositet og lave flydemål.

For et flydemål på 550 mm ses det af figur 5.6, at der tillades støbefronter op til ca. 12 m ved høj viskositet og kun ca. 4 m ved lav viskositet, svarende til en højdetilvækst ved indløbet på henholdsvis 0,4 m og 0,2 m. Lav viskositet resulterer således i at indløbet skal flyttes hyppigere end ved høj viskositet.

Figur 5.7 illustrerer princippet for styring af den vandrette placering af indløb ved støbning af en 20 m lang væg. For den viste form er der således brug for 2 indløbssteder med et flydemål på 550 mm og høj viskositet. Hvis man i stedet valgte en lav viskositet var der behov for 5 indløbssteder i den samme væg

Overføres princippet til formgeometrien vist i figur 5.2 giver det ca. 5 og 15 indløbssteder for henholdsvis høj og lav viskositet ved et flydemål på 550 mm.

Det anbefales generelt at vælge en høj viskositet til lange flydelængder, da det sikrer, at støbefronten udvikler sig tilpas langsomt. På den måde sikrer man sig, at man hele tiden har kontrol over fremdriften. Man bliver kort sagt ikke løbet over ende af støbefronten og i tilfælde af mindre støbepauser flyder betonen kun langsomt videre. Ulempen ved at anvende høj viskositet er at det bliver sværere at opnå tilstrækkelig overfladefinish.

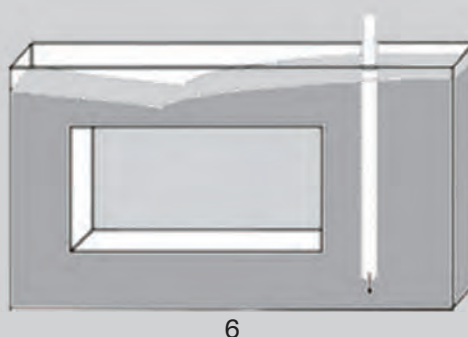
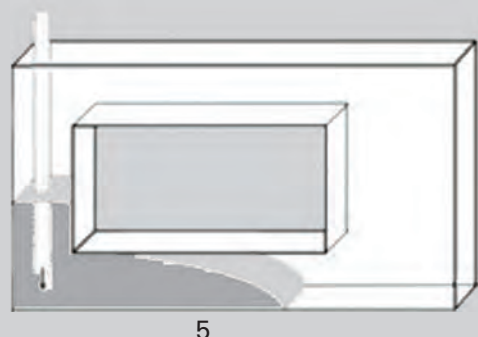
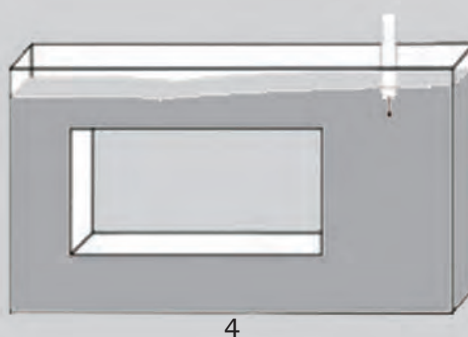
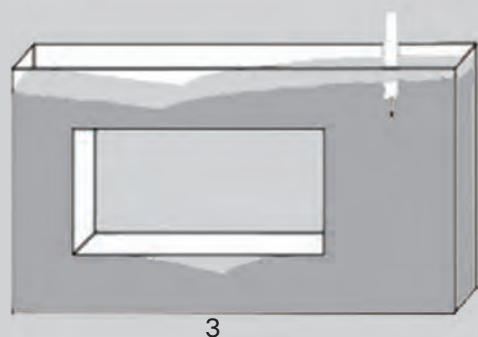
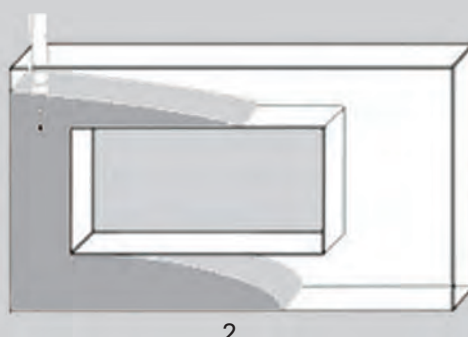
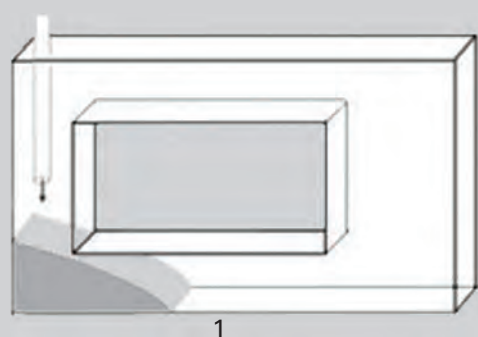


Figur 5.7. Illustration af princippet for brug af figur 5.6 til at styre støbefronten. Væg med en tykkelse på 500 mm, en længde på 20 m og en højde på 4 m. Der benyttes en SCC med flydemål på 550 mm og høj viskositet.

Kompliceret væg med lange flydelængder, udsparinger og tæt armering

Til denne type væg vil det typisk være store begrænsninger til den lodrette placering af pumpeslangen pga. formgeometri og armering. Betonen må således falde frit ned i formen i de fleste tilfælde. I tilfælde af meget komplicerede og tætarmerede geometrier kan der være behov for indpumpning af SCC igennem pumpestudse.

I forhold til en simpel væg er det endnu vigtigere at være opmærksom på valget af flydeegenskaber for at opnå fuldstændig formfyldning pga. formgeometrien og den tættere armering. En principskitse af problemstillingen omkring en udsparingskasse er vist i figur 5.8. Ved fyldning omkring udsparinger bør det sikres at fyldning sker successivt på begge sider, således at den ikke udsættes for ensidigt hydrostatisk tryk.



Her støbes med indløbet lige over eller under overfladen. Hvis flydemålet er for lavt er der risiko for ufuldstændig formfyldning under udsparingen (3). Med den valgte støbeteknik er der behov for et højere flydemål for at opnå fuldstændig formfyldning under udsparingen (4).

Her støbes med indløbet konstant placeret lige over bunden. I forhold til ovenstående situation (1-4) er der ved denne støbeteknik mindre risiko for ufuldstændig formfyldning og der kan støbes med et lavere flydemål.

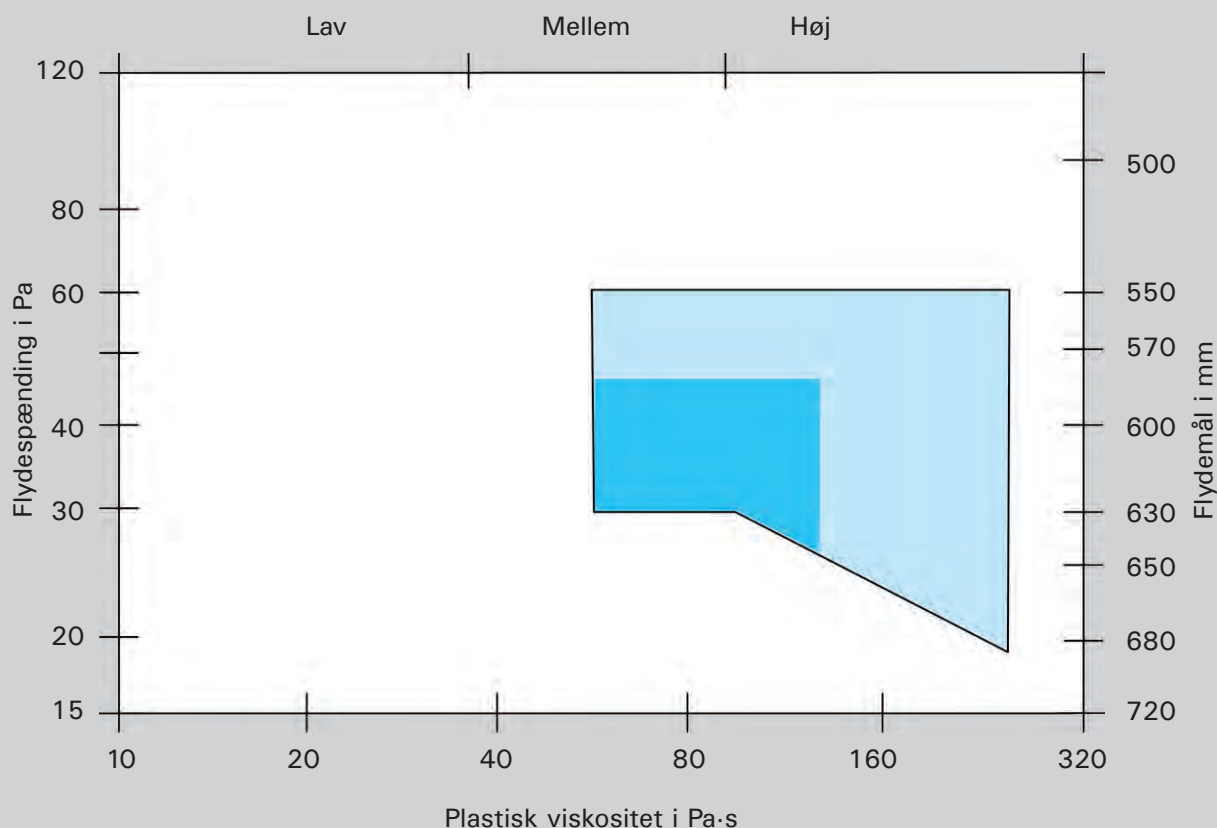
Figur 5.8. Principskitse for formfyldning omkring en udsparingskasse i lodret form.

Figur 5.9 viser anbefaling til valg af flydeegenskaber med og uden krav til overfladefinish. Det antages, at det kun er muligt at støbe med fald og kun i ringe grad er muligt at neddykke indløbet under betonoverfladen. Som det fremgår er krav til flydeegenskaberne skærpet i forhold til figur 5.5 på grund af større risiko for ufuldstændig formfyldning, blokering og separation. Det anbefales således at anvende SCC med høj viskositet.

I forhold til at styre støbefrontens længde gælder principperne for en simpel lang væg i det forrige afsnit. På tilsvarende vis kan figur 5.10 benyttes til planlægning af indløbssteder for vægge der er henholdsvis 250 mm og 150 mm tykke.

Det ses, at jo smallere formen bliver desto højere bliver stigningshøjden for den samme flydelængde af støbefronten. Det betyder igen, at betonen står med et større fald i formen.

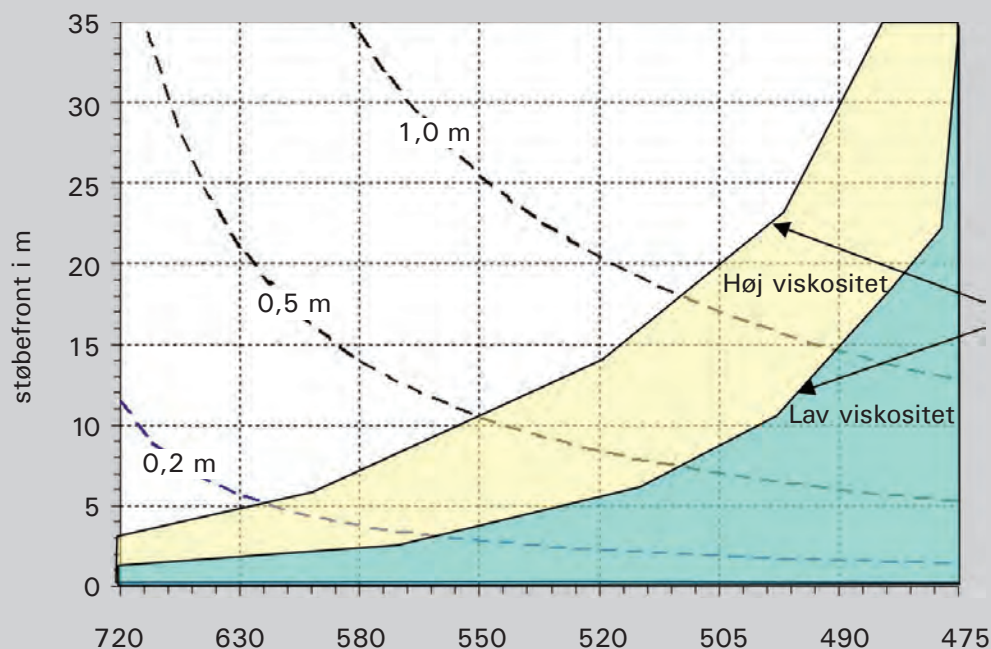
Det anbefales til denne type væg at anvende en relativ høj viskositet dels af hensyn til støbefrontens udbredelse, men også pga. risikoen for separation under det frie fald ned i formen og blokering. Indløbet kan med fordel placeres ved de tætarmerede områder omkring udsparinger for at udnytte strømmingen i betonen til at opnå god formfyldning og omstøbning af armering.



Figur 5.9. Valg af flydeegenskaber for støbning af en kompliceret væggeometri med tæt armering og adskillige udsparinger, hjørner og forbindelsesvægge med varierende tykkelse. Det lyseblå område gælder for vægge uden nogen særlige krav til overfladefinish. Det mørkeblå område gælder for vægge med overfladekrav. Det antages, at det pga. formgeometri og armeringstæthed kun er muligt at støbe med relativt store fald. Viskositetsklasserne lav og høj svarer til dem i figur 4.2.

De stiplede linier viser støbefrontens udbredelse når betonhøjden ved indløbet er steget med 0,2, 0,5 og 1 m

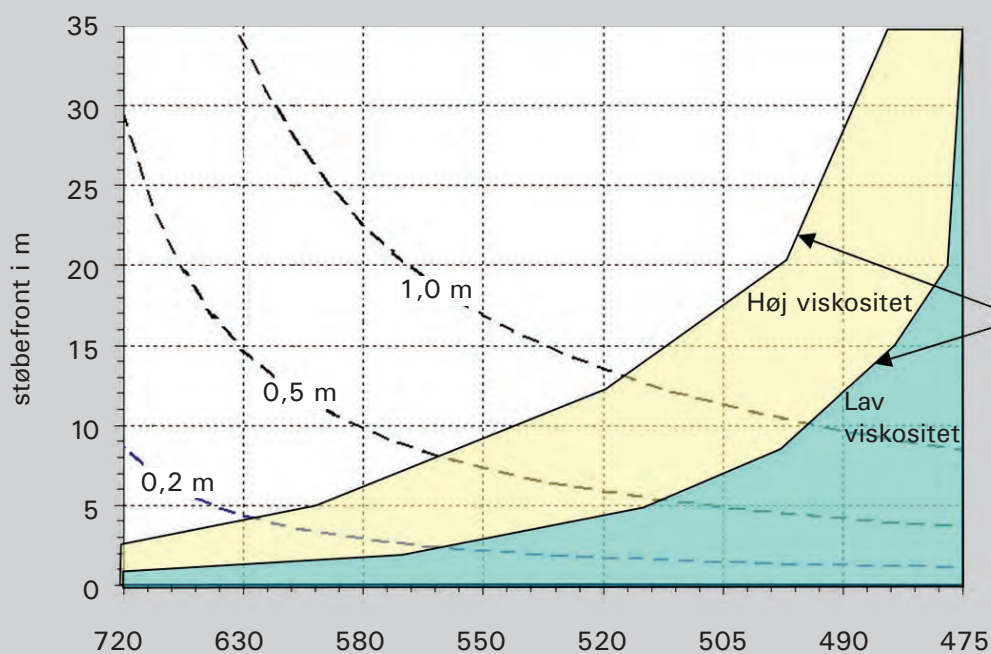
Gælder for vægtykkelse på 250 mm



Den anbefalede maksimale flydelængde af støbefronten for at undgå dynamisk separation.

De stiplede linier viser støbefrontens udbredelse når betonhøjden ved indløbet er steget med 0,2, 0,5 og 1 m

Gælder for vægtykkelse på 150 mm



Den anbefalede maksimale flydelængde af støbefronten for at undgå dynamisk separation.

Figur 5.10. Diagrammer svarende til figur 5.6 for vægtykkelse 250 og 150 mm.

6. Definitioner og ordforklaringer

Der benyttes følgende begreber og igennem håndbogen:

Blokeringsforhold	:	Forholdet mellem mindste passageafstand og maksimal stenstørrelse. Fx passage af dæklaget mellem armering og forside, eller mellem armeringsjern.
Flydeegenskaber	:	Anden betegnelse for reologiske egenskaber.
Flydemål	:	Mål for konsistensen af SCC. Udføres principielt med justeringerne givet i DS 2426, anneks U.
Flydespænding	:	τ_0 er den flydeegenskab, der styrer flydemålet. Angives i Pa.
Gummihud	:	Tæt lag af pasta som kan dannes i overfladen ved vandrette støbninger under visse betingelser
Jutning	:	Rytisk påvirkning af vandret SCC overflade med det formål at dykke stenene ned under pastaen.
Planafrening	:	Kontinueret træk med plant stålbræt henover overfladen med det formål at afrette overfladen.
Pudsning/afrivning	:	Afretning af overfladen med pudsebræt med det formål at planere overfladen og lukke huller mv. Kan udføres manuelt eller maskinelt.
Glitning	:	Afslutning af overfladen med stålbræt med det formål at lukke overfladen. Kan udføres manuelt eller maskinelt.
Pasta	:	Betegnelse for blandingen af cement, flyveaske, tilsætningsstoffer og vand sammen med det mest finkornede tilslags- og fillermateriale.
Plastisk viskositet	:	η_{pl} er den flydeegenskab, der styrer flydehastigheden. Angives oftest i Pa · sek.
Reologiske egenskaber	:	Parametre til beskrivelse af SCC's flydeevne, flydespænding og plastisk viskositet.
SCC	:	Forkortelse for selvkompakterende beton, som ikke kræver vibrering for at flyde ud i en given form.
Separation	:	Afblanding af groft tilslag fra mørtel og pasta.
Sætmål	:	Angiver konsistensen af traditionel beton. Måles som sammensynkningen af en sætmålskegle med frisk beton.
Stenstørrelse, D_{maks}	:	Angiver den maksimale stenstørrelse i en betonrecept.
Traditionel beton	:	Betegner blødstøbt, sætmålsbeton som kræver vibrering.
t_{500}	:	Tidsmål for SCC's viskositet. Angives i sekunder.



TEKNOLOGISK
INSTITUT



SCC-Konsortiet