

Tillæg til 6/17/1994:2006

# GULVKONSTRUKTIONER AF SELVKOMPAKTERENDE BETON

-tillæg til Beton-Teknik 6/17/1994  
Gulvkonstruktioner af beton

Thorkild Rasmussen, CtO

## Indledning

Selvkomprimerende beton (SCC) har i de senere år fået større og større anvendelse i betonindustrien, og især anvendes det i stor udstrækning til gulve.

SCC er den officielle betegnelse for beton, som i forhold til traditionel plastisk beton (sætmålsbeton) kræver meget lidt bearbejdning i forbindelse med udstøbning, i visse sammenhænge slet ingen. Ofte omtales SCC også som flydebeton, vibreringsfri beton, eller vibreringslet beton, som måske mere end andre navne er dækkende for betonens bearbejdningmæssige egenskaber.



Figur 1. Selvkomprimerende beton, SCC.

Med traditionel plastisk beton tænkes på beton i sætmålsområdet 80 - 120 mm, men udviklingen de senere år er gået mod stadig højere sætmål, og man var efterhånden kommet op i et konsistensområde, hvor problemer med separation, glitteskader o.l. var blevet stadig hyppigere, uden at man fuldt ud havde opnået fordelene ved den selvkomprimerende beton.

Fordelene ved at anvende SCC er indlysende - ikke mindst på gulvområdet, men fordelene for arbejdsmiljøet er nok den væsentligste, idet vibrationer, støj og hårdt arbejde reduceres markant i forhold til traditionelle gulvstøbninger. Herudover vil der i kraft af mindre tidsforbrug og lønomkostninger kunne skabes god økonomi ved at anvende SCC, hvilket naturligvis er fremmende for anvendelsen.

I travle perioder kan tids- og ressourcebesparelse i sig selv være en stor fordel.

Fordelene knytter sig især til den udførelsesmæssige side, hvorimod det færdige gulv kan forventes at opnå samme kvalitet og egenskaber, som med en tilsvarende traditionel beton.

Der er i det følgende en mere detaljeret gennemgang af de overvejelser, forholdsregler og principper, som man bør være opmærksom på i forbindelse med støbning af gulve med SCC. Gennemgangen følger bilagsopdelingen i [1] - Gulvkonstruktioner af beton, Beton-Teknik 6/17/1994, Aalborg Portland.

## Bygherrekrav og projekteringsforudsætninger - Bilag 1

Bygherrens krav vedrører sædvanligvis det færdige gulv, og valg af udførelsesmetode bør principielt overlades til entreprenøren.

Bygherren har naturligvis en interesse i prisen, men eventuelle fordele ved den ene eller den anden udførelsesmetode vil afspejles i tilbuddene.

Generelt vil man kunne forvente et gulv med de samme kvaliteter, uanset om der anvendes SCC eller traditionel beton. Det gælder langt de fleste forhold, som bæreevne, slidstyrke og holdbarhed generelt, valg af feltinddeling, fugekonstruktion, etc.

For tolerancer, planhed og overfladefinish har den traditionelle beton måske stadig et fortrin frem for SCC, men kun i tilfælde af de allerskrappeste krav (højreolag etc.), kan det evt. være et problem at opfylde kravene, hvis der anvendes SCC. Udstøbningsteknikkerne udvikles og forbedres løbende, og med tilstrækkeligt omhu kan selv disse tolerancekrav opfyldes.

Det kan endvidere være et problem at anvende SCC til ramper eller gulve med et stort fald, men et par % fald kan sagtens etableres uden problemer.

I alle tilfælde er det naturligvis entreprenørens ansvar at vælge en udførelsesmetode, der fører til opfyldelse af de stillede krav.

## Konstruktionsopbygning - Bilag 2

Betontypen har ikke umiddelbart indflydelse på gulvets opbygning, men de udførelsesmæssige fordele ved SCC forudsætter, at betonen udstøbes i ét lag, og tolagsbeton er derfor ikke et nærliggende valg.

## Fugekonstruktion - Bilag 3

Man vil sædvanligvis tilstræbe at udstøbe SCC gulve i én arbejdsgang, og ikke i baner som med traditionel beton. Fugerne vil derfor sædvanligvis være skårne fuger i begge retninger, og kun i tilfælde af meget store gulve, hvor det rent kapacitetsmæssigt kan være et problem at arbejde i fuld bredde, vil man inddele gulvet i baner med traditionelle langsgående arbejdsfuger.

SCC har den fordel, at udstøbning langs kantbegrænsninger giver en bedre og mere ensartet komprimering af betonen end med kombinationen af bjælke- og stavvibrator for traditionel beton.

Der er heller ingen risiko for, at kanter på tilstødende beton knuses af bjælkevibratoren, når ny beton udstøbes.



Figur 2. SCC gulv med perfekte kanter og skårne fuger.

#### **Forberedelse til udstøbning - Bilag 4**

Påvirkningerne af kantbegrænsninger, armering og andre indstøbte dele er væsentligt mindre ved udstøbning med SCC end med traditionel beton. Det kan måske ikke udnyttes direkte, men risikoen for at armering eller andet forskubbes under udstøbningen er mindre.

Derimod skal man være opmærksom på den øgede risiko for opdrift af f.eks. varmeslanger eller andre lette materialer, som bør fastgøres omhyggeligt. Varmeslanger kan evt. fyldes med vand for at mindske opdriften.

Der bør ikke udstøbes direkte mod et underlag af letklinker eller stabilgrus indeholdende lette korn, da der vil være stor risiko for opdrift af disse partikler. Sådanne underlag bør derfor altid dækkes med en plastfolie el. lign. inden støbning.

Det modsatte gælder naturligvis armering, dybler o.l., og alle tunge indstøbningsdele skal fastholdes med afstandsholdere el. lign., så de ikke synker ned i betonen.

Man bør også være opmærksom på, at SCC er meget letflydende og sikre, at betonen ikke kan flyde til afløb eller andre steder, som man ikke ønsker fyldt med beton.

Af samme grund bør der altid udlægges en plastfolie el. lign. oven på isoleringen, så man sikrer sig mod at få alle hulrum i isoleringen fyldt med beton eller cementpasta. Det ville dels forringe isoleringsevnen, dels kunne medføre, at isoleringsrester flyder op eller i værste fald, at hele isoleringsplader flyder op og løfter armering og slanger.

Udstøbning på en plastfolie vil medføre ensidig udtørring, hvorimod udstøbning på en diffusionsåben dug vil tillade en vis udtørring mod underlaget. Hvor meget udtørring, der reelt vil ske til underlaget vil afhænge af underlagets porøsitet, fugtighed og temperatur.

#### **Feltstørrelser og svindarmering - Bilag 5**

SCC indeholder sædvanligvis mere cementpasta end traditionel beton, hvilket kunne give anledning til at forvente et større udtørringssvind. Det er der imidlertid ikke noget der tyder på, tværtimod viser nogle undersøgelser, at svindet faktisk er mindre end i en tilsvarende traditionel beton. Forskellen vurderes dog så lille, at det ikke har betydning for valg af svindarmering.

Herudover tyder erfaringer på, at SCC's evne til at danne en tæt og lukket overflade nedsætter udtørringshastigheden og dermed begrænser risikoen for plastiske svindrevner. En evt. bleeding kan være en medvirkende faktor.

Der foreligger ikke nogen egentlig dokumentation heraf, men praksis viser, at SCC kun sjældent volder problemer med plastiske svindrevner til trods for et højere finstofindhold, men overfladen bør dog for en sikkerheds skyld beskyttes mod udtørring.

Feltstørrelserne etableres sædvanligvis ved skæring i begge retninger, og der er ofte en tendens til at arbejde i lidt større felter med SCC end med traditionel beton. Hvis gulvet er armeret og udstøbt på isolering eller anden underlag, som tillader bevægelser, kan feltstørrelserne sædvanligvis godt øges uden problemer.

Fordelen ved større felter er tilsvarende færre fuger, men større felter vil samtidig medføre større bevægelser i fugerne, hvilket stiller større krav til fugekonstruktionen.

Hvis feltstørrelsen ønskes væsentligt forøget, eller gulvet ønskes udført som et fugefrit gulv, er kombinationen af SCC og stålfibre en nærliggende mulighed.

Fordelene ved fiberarmerede fugefrie gulve er dels, at man undgår fugerne, som er årsag til mange gulvproblemer, dels at man undgår det tidskrævende armeringsarbejde og dels at man under udlægningen har stort set ubegrænset frihed til transport og udlægning af betonen.

Betonleverandøren vil kunne foranledige udførelse af beregninger af nødvendig fibermængde baseret på aktuelle belastninger.

#### **Planhed - Bilag 6**

Som nævnt indledningsvis, kan de skrappeste krav til planhed og tolerancer være et punkt, hvor SCC endnu ikke helt kan matche den traditionelle beton og udstøbningsteknik.

Til langt de fleste formål er det dog ikke noget problem. Kravene til toleranceklasse B (evt. også C) i skema 1.2 i [1] kan sædvanligvis opfyldes, og det vil være fuldt ud tilstrækkeligt til alm. industri-, landbrugs-, kontor- og boligbyggeri.

Eksempler på krav, der kan være vanskelige at opfylde, kan være i forbindelse med højreolagte, hvor tolerancekravene ofte overstiger toleranceklasse C.

Der ses dog flere og flere eksempler på, at man med den fornødne omhu og erfaring også kan opfylde disse krav med SCC.

Overfladestrukturen vil ofte blive grovere med SCC end med traditionel beton, afhængig af den valgte metode til færdiggørelse af overfladen, se herom senere.

#### **Betonkvalitet - Bilag 7**

Her gives nogle få vejledende retningslinier for materialevalg og proportionering af SCC.

For en mere omfattende behandling heraf henvises til [2].

#### **Materialevalg til SCC**

**Tilslag.** Som for anden blødstøbt beton bør afrundede tilslag foretrækkes frem for kantede og knuste tilslag. Stenstørrelsen bør, som altid, vælges under hensyntagen til konstruktionen, armeringsforhold mm., men til de fleste formål vil en stenstørrelse 8 - 16 mm være passende i SCC, gerne suppleret med en 2 - 8 mm eller 4 - 8 mm sten.

Meget dansk sand er karakteristisk ved en stejl kornkurve, hvor fraktionen over 2 eller endog 1 mm ofte mangler, og i disse tilfælde bør tilslaget altid suppleres med en af nævnte mellemfraktioner.

Risikoen for separation og blokering under udstøbningen vil øges med større stenstørrelse, og stenstørrelser over 16 mm bør ikke anvendes til gulve.

I SCC vil tendensen til opdrift af lette korn være meget ud-talt, så hvis betonoverfladen skal kunne modstå slid fra f.eks. hårde nylonhjul, bør man undgå materialer med lette korn.

En klasse E sten er det sikre valg, hvis dette problem skal und-gås for enhver pris. Klasse A sten giver ligeledes god sikker-hed, men kan dog indeholde enkelte lette korn.

En "god" klasse M sten vil også kunne anvendes til mange formål, men hvis de i klasse M tilladte 5 vægt-% lette korn bliver "for lette", vil det medføre rigtig mange porøse korn i overfladen, og vil medføre problemer i gulve som udsættes for slid.

Hvis gulvet skal spartles eller danne underlag for trægulv eller klinker, har stenkvaliteten dog mindre betydning.

Man bør endvidere være opmærksom på, at sten med meget høje densiteter (basalt, tunge granitter o.l.) vil have større ten-dens til at synke til bunds, og derved "mangle" i oversiden, som bliver mere mørtelig.

Forholdene i den fine ende af kornkurven er også vigtige. De største partikler i cementen er omkring 50 µm (0,050 mm), og det er vigtigt for stabiliteten af kitmassen og mørtlen, at der er en vis kontinuitet i partikkelstørrelsen mellem cemen-ten og de mindste sandkorn. Sandet bør derfor indeholde en del materiale  $\leq 0,250$  mm og også en vis mængde  $\leq 0,125$  mm. Passende mængder er typisk 15 - 20%  $\leq 0,250$  mm, hhv. 4 - 8%  $\leq 0,125$  mm i sandet.

I en stærk og cementrig SCC vil behovet for finstof være min-dre end i en svagere og mere mager SCC, og hvis sandet mangler materiale i den fine ende, kan det være nødvendigt at øge indholdet af cement eller flyveaske. For meget finstof, ler o.l. i sandet kan medføre en meget fed mørtel og bør und-gås, især for de stærkere betoner.

**Cement.** Som udgangspunkt kan alle typer portlandcement anvendes til SCC, og valget skal derfor foretages ud fra krav og ønsker til holdbarhed, styrke, udseende etc. Grovkornede cementer vil dog udvise øget tendens til bleeding og separa-tion, og de mest nærliggende typer vil derfor være RAPID® cement og BASIS® cement eller AALBORG WHITE®, hvis man ønsker en hvid eller lys beton.

**Mineralske tilsætninger.** Flyveaskes kugleformede partikler har en gunstig virkning på betonens bearbejdelse, og er derfor et godt supplement til SCC. Ved tilsætning af flyveaske kan cementpastaen gøres mere robust overfor separation og bleeding, og forholdet mellem cement og flyveaske kan end-videre benyttes til at regulere styrken, som for en SCC ellers kan blive unødvendig høj til nogle formål.

Mikrosilica kan ved små doseringer (3 - 4%) forbedre ce-mentpastaens stabilitet mht. bleeding samt betonens stabi-litet generelt. Højere doseringer vil øge risikoen for plastiske svindrevner, og bør ikke benyttes. De senere år har leverings-mulighederne for mikrosilica været meget begrænsede, og mikrosilica anvendes stort set ikke i dag.

Tilsætning af især flyveaske vil typisk forsinke betonens afbin-ding og styrkeudvikling.

**Tilsætningsstoffer.** Det er primært udviklingen af nye typer af superplast (3. generation), som har gjort SCC til en praktisk mulighed. De nye typer kombinerer gode dispergeringsegen-skaber med en forbedret stabilitet af dispersionerne, medens de ældre typer medførte for stor risiko for separation.

Generelt er de nye typer superplast, der findes på det dan-ske marked, velegnede til SCC, og der kan sikkert forventes endnu bedre tilsætningsstoffer fremover til fremstilling af ro-bust SCC.

Herudover kan det sikkert også forventes, at nye hjælpestof-fer udvikles eller videreudvikles i form af kemiske tilsætnings-stoffer, fillermaterialer o.l.

I Danmark vælger man som regel også at indblende luft i SCC ved hjælp af traditionelle luftindblandingsmidler.

### **Sammensætning af SCC**

SCC skal som al anden beton opfylde en række krav, og det er kun mht. bearbejdelse, at SCC adskiller sig væsentligt fra traditionel beton.

SCC skal på én gang både være ekstremt letbearbejdelig og udvise stabilitet under transport og udstøbning.

De parametre, man "skruer på", når man sammensætter en SCC, er de samme, som benyttes ved traditionel beton.

For tilslaget er det således kornkurve, sand-%, fillerindhold, egenpakning m.v., som er grundlaget for proportioneringen.

I SCC skal betonen komprimeres alene ved tyngdekraftens hjælp, suppleret med en meget let bearbejdning af overfla-den. Ved en for høj partikkelkoncentration (sten, sand, ce-ment) vil der kunne opstå blokeringer mellem partiklerne indbyrdes, og betonen vil ikke opnå den "selvkompaktering" som er hele grundlaget for SCC. I traditionel beton vil vibra-toren sædvanligvis kunne bryde sådanne blokeringer, og med tilstrækkelig vibration kan selv jordfugt beton, vibreres sam-men til en tæt beton.

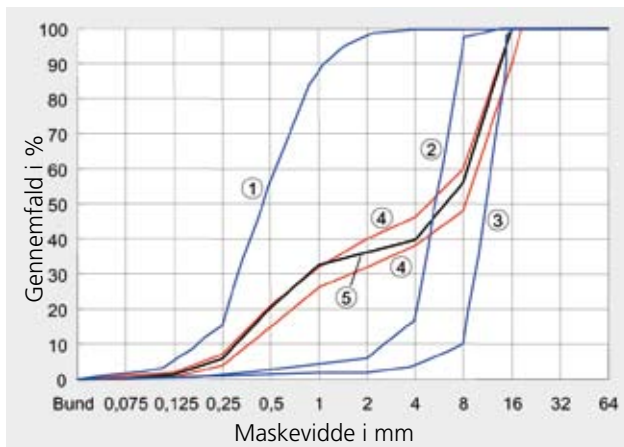
Stenmængden vil derfor være passende, når stenenes indbyr-des afstand i betonen tillader, at betonen flyder/deformerer, uden at stenene blokerer for bevægelsen.

Dette vil være tilfældet, når stenmængden højst udgør ca. 70% af stenenes kornhobsdensitet, og det medfører typisk et stenindhold på 1000 - 1100 kg/m<sup>3</sup>, afhængig af stenenes densitet og egenpakning. I forhold til traditionel beton vil ste-nindholdet typisk være lidt lavere.

Det vil ofte være en fordel at erstatte 20 - 25% af stenene med en ikke alt for skarpkantet 4 - 8 mm fraktion. Det gæl-der i særdeleshed, hvis sandet, som det ofte er tilfældet, kun indeholder få % korn over 1 eller 2 mm.

Hvis stenmængden øges, vil det medføre dårligere/langsom-mere flydeegenskaber med risiko for blokering, og hvis sten-mængden reduceres vil risikoen for separation med en mør-telig overflade øges.

Figur 3 viser vejledende grænser for kornkurver til SCC.



Figur 3. Vejledende kornkurver til SCC.

1. Bakkesand (0-2 mm), 2. Søsten (4-8 mm), 3. Søsten (8-16 mm), 4. Grænse kornkurver og 5. S sammensat kornkurve.

Ved sammensætning af mørtel og cementpasta gælder samme princip, hvilket for cementpastaen svarer til en partikkelkoncentration i pastaen svarende til et  $v/c$ -tal på ca. 0,40.

En del af cementen kan herefter erstattes (volumenbasis) med f.eks. flyveaske, så ækvivalent  $v/c$ -tal og styrke kan tilpasses krav og ønsker. I praksis vil det dog ofte være vanskeligt at fremstille robust SCC i styrkeklasser under 20 - 25 MPa.

Doseringsniveau af superplast vil være produktspecifik, men generelt bør man tilstræbe en moderat dosering, som sikrer flydeegenskaberne, uden at risikoen for separation bliver for stor.

Luftindholdet tilstræbes sædvanligvis i intervallet 5 - 7%

#### Valg af konsistens

Oftentimes kan betonen ikke blive blød nok, men risikoen for separation øges, jo blødere konsistens der vælges. Et flydesætmål (DS 2426, Annex U, U.2) på ca. 600 mm vil sædvanligvis være passende ved gulvstøbninger.

#### Udstøbning af beton - Bilag 8

SCC kan med stor fordel udstøbes med pumpe, hvilket giver den sikreste og mest fleksible udstøbning. Ved mindre opgaver kan bånd dog anvendes, blot hældningen af båndet ikke bliver for stejl.

Ved transport med kranspand, betonkærre eller lign. transportmiddel vil der være stor risiko for separation under transporten.

Ved udstøbning af gulve bør SCC udlægges på traditionel vis med opbygning af en støbefront, således at risikoen for støbeskel minimeres. Støbefronten vil dog typisk være bredere end ved støbning med traditionel beton.



Figur 4. Støbefront ved udstøbning med pumpe.

SCC er ikke selvnivellerende, og for at opnå den fulde arbejdsbesparende fordel ved SCC, er det vigtigt at udlægningsen sker med en så ensartet tykkelse som muligt, f.eks. kontrolleret med laser og "grovfrettet" med en asfaltskraber.



Figur 5. Grovfretning, asfaltskraber med lasercensor.

Den afsluttende afretning sker med en såkaldt "jutter", et let rør af plast eller aluminium, som påføres lette pulserende bevægelser, som komprimerer og udglatter de øverste 2 - 3 cm af betonlaget.



Figur 6. Jutning af overflade.

Jutningen kan med fordel foretages i to omgange, vinkelret på hinanden, og med f.eks. 10 minutters interval. Derved lukkes de luftporer ("ormehuller"), som kan være opstået efter første jutning.



Figur 7. Udvalg af juttere.

Juttere kan fås i forskellige længder.

Såvel udlægning som jutning er specialarbejde og kræver oplæring og rutine.

### Overfladefærdiggørelse - Bilag 9

Ved jutningen opnår man typisk en overflade med god planhed, men med en lidt grov struktur. Til mange formål kan dette udgøre den afsluttende finish, f.eks. til undergulve til trægulve, klinker o.l. samt gulve i lader, maskinhuse m.v. For gulve, som efterfølgende spartles med henblik på tæpper, vinyl eller anden kunststofbelægning, vil det sædvanligvis også være acceptabelt.

Derimod vil det til gulve, som skal stå som færdigt betongulv til industri, sædvanligvis være en for grov og ujævn overflade. F.eks. vil den være uegnet til transport med palleløftere o.l.

Overfladen kan færdiggøres ved maskinpudsning af den afbundne betonoverflade, eller man kan vælge en efterfølgende slibning af den hærdnede betonoverflade.

Sidstnævnte er primært interessant, fordi afbindingstiden, og dermed ventetiden før pudsningen kan foretages, er længere for SCC end for traditionel beton.

Maskinglitning med vingeglitte medfører en kraftig påvirkning af betonen i stor dybde, og der er en del eksempler på, at man får "overglittet" betonen, og derfor får problemer med "vabler" eller afskalning af større områder.



Figur 8. Afskalning efter glitning af gulv.

Maskinpudsning med tallerken bør derfor foretrækkes, og i tilfælde af vingeglitning, bør det ske med mindst mulig vinkel på vingerne og med "nænsom hånd".

Hvis afbindingstiden er for lang, og udtørningsforholdene er ugunstige, vil SCC på grund af det høje indhold af finstof

samt superplast ofte have tendens til dannelse af en skorpe ("gummihud") i overfladen. Det kan være problematisk, hvis overfladen skal pudses.

Hvis man kan undgå udtørningsproblemer, f.eks. hvis man under indendørs forhold sikrer sig mod træk fra porte o.l., vil overfladen kunne pudses som anden beton.

Man bør være opmærksom på, at betonen pga. den lettere udlægning typisk vil være udlagt på kortere tid, og at man derfor også vil have kortere tid til rådighed til pudsningen. Der kan derfor være behov for større pudsekapacitet end ved en tilsvarende støbning med traditionel beton.

Vedr. afbinding og pudsetidspunkt er der sket, og sker fortsat en udvikling i retning af superplastificeringsstoffer, som har veldefinerede (kortere) virkningstider efterfulgt af en hurtigere afbinding.

Slibningen udføres typisk som en grovslibning, hvor ujævnheder, stentoppe o.l. fjernes, men slibningen kan principielt udvides, grænsende til en terrazzo lignende overflade.

Det er dog kun grovslibningen, som er konkurrencedygtig i forhold til den traditionelle pudsning.

Den slebne overflade vil indeholde små luftporer og slebne sten (i forskellige nuancer), og overfladen vil derfor ikke fremstå med samme tætte og ensartede overflade som et glittet betongulv.

### Udførelse af slidlag og afretningslag - Bilag 10

SCC som slidlags- eller afretningsmørtel (uden sten) anbefales ikke. Problemer med manglende vedhæftning kan optræde hyppigere end med en traditionel jordfugtig slidlagsmørtel, muligvis fordi svindet i den jordfugtige mørtel vil være mindre end i en SCC eller anden blødstøbt mørtel.

Traditionelle slid- og afretningslag bør derfor udføres med traditionel teknik, og for meget tynde afretningslag anbefales færdige flydespartler o.l. med priming og hvad dertil hører.

Hvis tykkelsen af afretningslaget tillader brug af normal SCC med sten (tykkelser over 70 - 100 mm), kan SCC udlægges som et selvstændigt lag uden vedhæftning til underlaget.

### Udtørningsbeskyttelse af beton - Bilag 11

Som andre betonoverflader skal SCC beskyttes mod udtørring for at undgå revner og mangelfuld hærdning.

Hvis overfladen er færdiggjort som juttet overflade, vil der gå nogen tid (3 - 4 timer), inden den kan tildækkes med en plastfolie, da det ellers vil medføre mærker fra folien.



Figur 9. Revner pga. manglende udtørningsbeskyttelse.

Denne periode kan naturligvis være kritisk, hvis udtørningsforholdene er ugunstige, og for at undgå dette, kan der i stedet påsprøjtes et forseglingsmiddel.

En plastfolie vil altid være mere effektiv end et forseglingsmiddel, og det er tydeligt at se, om der er afdækket korrekt. Det er vanskeligere at kontrollere om et forseglingsmiddel er påført i korrekt mængde.

Hvis gulvet skal pudses eller slibes, spiller mærkerne ingen rolle, og afdækning med plastfolie kan udføres umiddelbart efter jutning.

Nogle forseglingsmidler kan påføres inden pudsnings og efterfølgende pudses ned i overfladen.

Påføring af forseglingsmiddel kræver stor omhu for at sikre, at der påføres den tilstrækkelige mængde, og under udenørs forhold kan det være vanskeligt at sikre fuldtud.

En foreløbig beskyttelse med et forseglingsmiddel efterfulgt af afdækning med plastfolie kan være en ekstra sikring mod plastiske svindrevner og mangelfuld hærdning.



Figur 10. Påføring af forseglingsmiddel på store felter.

Valg af forseglingsmiddel skal være forenelig med den videre behandling af gulvet, f.eks. maling eller pålimning af kunststof eller klinker. Her kan især de voksbaserede forseglingsmidler volde problemer med vedhæftning.

Proceduren for et pudset SCC gulv vil være helt den samme, som for et traditionelt betongulv. Plastfolie eller forseglingsmiddel påføres kort tid efter pudsnings.

**Planlægning ved overfladebehandling/belægning-Bilag 12**  
Forholdsreglerne ved efterfølgende påføring af belægninger eller anden overflade på et SCC gulv er de samme som ved andre betongulve.

SCC gulve vil som regel være styrkeklasse 20 eller højere, og vil derfor have den nødvendige overfladestyrke til de fleste belægninger. Hvis udtørningsbeskyttelsen har været mangelfuld, skal man dog være opmærksom på den reducerede kvalitet i overfladen.

For juttede overflader må der påregnes en spartling inden tæpper, vinyl o.l. kan påføres.

Hvis der er tale om fugtfølsomme belægninger, skal restfugten i betonen bringes ned på den krævede restfugt for det pågældende belægningsmateriale, typisk anført som en relativ fugtighed i betonens poresystem.

Som udgangspunkt kan man forvente stort set samme udtørningsforløb for SCC som for traditionel beton.

Der refereres dog eksempler fra praksis, hvor udtørringen af SCC gulve, som har været juttet meget glatte og tætte i overfladen, er forløbet langsommere end forventet.

En grovslibning af gulvet vil gøre overfladen mere åben i strukturen, og kan muligvis fremskynde udtørringen.

En større forsøgsserie omkring udtørring af beton, herunder også SCC, er under rapportering hos Teknologisk Institut, og som det fremgår heraf, er der mange andre parametre, som har betydning for udtørningsforløbet, ikke mindst temperatur, luftfugtighed og luftskifte over gulvet.

Ved udtørring til omgivelserne kan man ved opvarmning og affugtning påvirke udtørringen fra betonoverfladen, men ved betontykkelse på 10 - 15 cm, er fugttransporten til overfladen en langsom og vanskeligt forudsigelig proces.

I modsætning hertil giver anvendelsen af selvudtørrende beton både hurtigere og mere forudsigelige udtørningsforløb.

Ved selvudtørrende beton udnytter man cementens evne til at binde vandet, så det ikke længere bidrager til restfugten i betonen. Ved et v/c-tal omkring 0,40 bindes al vand til cementen, og jo lavere v/c-tal, jo hurtigere vil det frie vand være opbrugt, og jo lavere fugtighed vil der være i betonen. Selvudtørringen følger cementens hydratisering, og vil typisk være færdigudviklet i løbet af 2 - 8 modenhedsuger afhængig af v/c-tal.

Selvudtørring sker overalt i betonen, og fugttransporten i betonen, som er det altdominerende bidrag til usikkerheden ved udtørring til omgivelserne, er derfor uden betydning ved selvudtørring. Graden af selvudtørring afhænger for en given beton kun af modenheden, og kan derfor forudsiges med stor sikkerhed.

Princippet kan naturligvis kombineres med traditionel udtørring af de øverste få cm, og ofte behøver man ikke vente til den ønskede relative fugtighed er opnået i hele dybden. Den pågældende belægning kan evt. godt påføres når overfladen er tør nok med vished om, at fugtigheden overalt i betonen vil nå ned på det ønskede niveau som følge af selvudtørringen.

Selvudtørrende beton er også meget tæt beton, og vil derfor afgive en evt. restfugt så langsomt, at det vil kræve minimal ventilation eller permeabilitet i belægningen for at den afgivne fugt kan slippe væk uden at fugten ophobes. Dette kunne f.eks. udnyttes ved trægulve, hvor der stilles meget skrappe krav til betonens restfugt.

Selvudtørrende beton vil rent materialemæssigt være lidt dyrere end traditionel beton, men netop i SCC, hvor cementindholdet ofte er højt i forvejen, er meromkostningerne ret begrænsede, og i forhold til de forsinkelser af byggeprocessen, som man dermed undgår, er merudgiften som regel en god investering.

### Skæring af fuger og fugning - Bilag 13 og 14

På disse områder er der ingen forskel på SCC og traditionel beton. Fugerne kan etableres som arbejdsfuger eller skæres på et "passende tidligt" tidspunkt, idet man med SCC typisk undlader arbejdsfugerne og skærer i begge retninger. Skæredybden bør være 1/4 - 1/3 af tykkelsen.

Fugning må først foretages, når betonens restfugt i hæftefladen er faldet til det niveau, som er krævet for det valgte fugemateriale, og herudover bør så stor en del af udtørringssvindet som muligt være udviklet inden fugning for at begrænse bevægelsen i fugen.

Som nævnt vil større felter medføre større bevægelser i fugerne. Det stiller større krav til fugen, både dens elasticitet og dens evne til at støtte fugekanten, som også udsættes for større belastninger.

### Kvalitetsstyring - Bilag 15

Kvalitetsstyringen forløber som for traditionelle betongulve.

Modtagekontrol af følgesedlen bør naturligvis foretages, men den visuelle modtagekontrol er nok endnu vigtigere for SCC end for traditionel beton.

Fremstilling af SCC er, selv med de nye superplastificeringsstoffer, en hårfin balancegang, og forskellen på den ønskede letbearbejdelige og stabile beton, og en beton som enten er for stiv eller for blød, er ofte kun nogle få liter vand/m<sup>3</sup>.

Kvalitetsstyringen heraf ligger hos betonproducenten, som gennem sin processtyring tager højde for svingningerne i tilslagets fugtindhold.

Fugtstyringen vil altid være behæftet med en vis usikkerhed, så i den udstrækning det er muligt, bør betonproducenten tilstræbe robuste betoner, så der bliver plads til en vis variation i betonens vandindhold.

For traditionel beton vil der også altid optræde variationer i sætmål, men de traditionelle udlægningsmetoder er mere robuste overfor variationer i konsistensen. En bjælkevibrator kan f.eks. sagtens komprimere beton med sætmål 60 mm, selvom der var forventet et sætmål på 120 mm.

Jutning af SCC med flydesætmål 450 mm vil derimod være næsten umulig at udføre tilfredsstillende, hvorimod SCC med et flydesætmål omkring 700 mm vil skulle juttet meget forsigtig for at undgå separation af sten og skumdannelse på oversiden.

Betonproducentens kvalitetskontrol er en stikprøvekontrol, og de fleste leverancer af SCC "ser derfor først dagens lys" på byggepladsen. Derfor er det vigtigt, at både betonchauffør og entreprenør er opmærksomme på konsistensen, når det første beton forlader betonkanonen.

En enkelt betonleverance, som enten ikke kan juttet tilfredsstillende eller som separerer, kan ødelægge et ellers perfekt gulv, og leverancen bør derfor afvises.

[1] Tommy B. Jacobsen m.fl., Gulvkonstruktioner af beton, Beton-Teknik 6/17/1994, Aalborg Portland.

[2] Jacob Thrysøe m.fl., Selvkompakterende beton - SCC, Beton-Teknik 2/13/2004, Aalborg Portland.



**AALBORG PORTLAND**

**Cto - Cementteknisk Oplysning**

Postboks 165 • DK-9100 Aalborg  
Tel. +45 99 33 77 54  
[www.aalborg-portland.dk](http://www.aalborg-portland.dk)