

Fukt och ECO-Betong

Informationsblad



SWEROCK



Introduktion

När man blandar betong, binds det mesta av vattnet kemiskt i fasta faser via reaktioner mellan bindemedel och vatten. Detta kallas för hydratisering. Med tiden leder hydratiseringen till en viss volymminskning och bildandet av ett finporöst nätverk, kallat bindemedelspasta, som binder samman ballastkornen och gör betongen stark.

Det vatten som blir kvar binds fysikaliskt i bindemedelspastans porer, men kan också tillkomma eller försvinna i kontakt med omgivningen, till exempel genom avdunstning eller absorption av regnvatten. Partiell uttorkning av vattnet i porerna är ofta nödvändig för att skydda fuktkänsliga material som står i direkt eller nära kontakt med betongens yta.

För att avgöra om betongen är tillräckligt torr, till exempel inför golvläggning, används i Sverige måttet relativ fuktighet (RF; %). Detta mått beskriver hur fuktig betongens porstruktur är relativt vattenmättat tillstånd, det senare motsvarar således 100% RF.

Betongen bidrar själv till en stor del av uttorkningen genom hydratiseringen, när vatten binds kemiskt töms delar av porstrukturen på vatten varpå RF sjunker. Detta fenomen kallas kemisk uttorkning eller självuttorkning. Vidare uttorkning kräver att betongen torkar till omgivande luft genom så kallad diffusionsuttorkning. Drivkraften för denna process beror dels på omgivande klimat, dels på betongens fuktransportförmåga, som i sin tur styrs av porstrukturens sammansättning och är både temperatur- och RF-beroende.

Betongens fuktegenskaper är som ovan nämnt ålders- och klimatberoende (temperatur, RF) men de påverkas också av vatten-bindemedelstalet (vbt) och bindemedelssammansättningen. Lägre vbt gör till exempel att betongen snabbare får en förfinad porstruktur och låg fuktransportförmåga. Ersättning av cement med till exempel GGBS (som Merit) har en liknande effekt på porstrukturen över tid och kan till exempel användas för att öka betongens självuttorkning utan att sänka dess vbt.

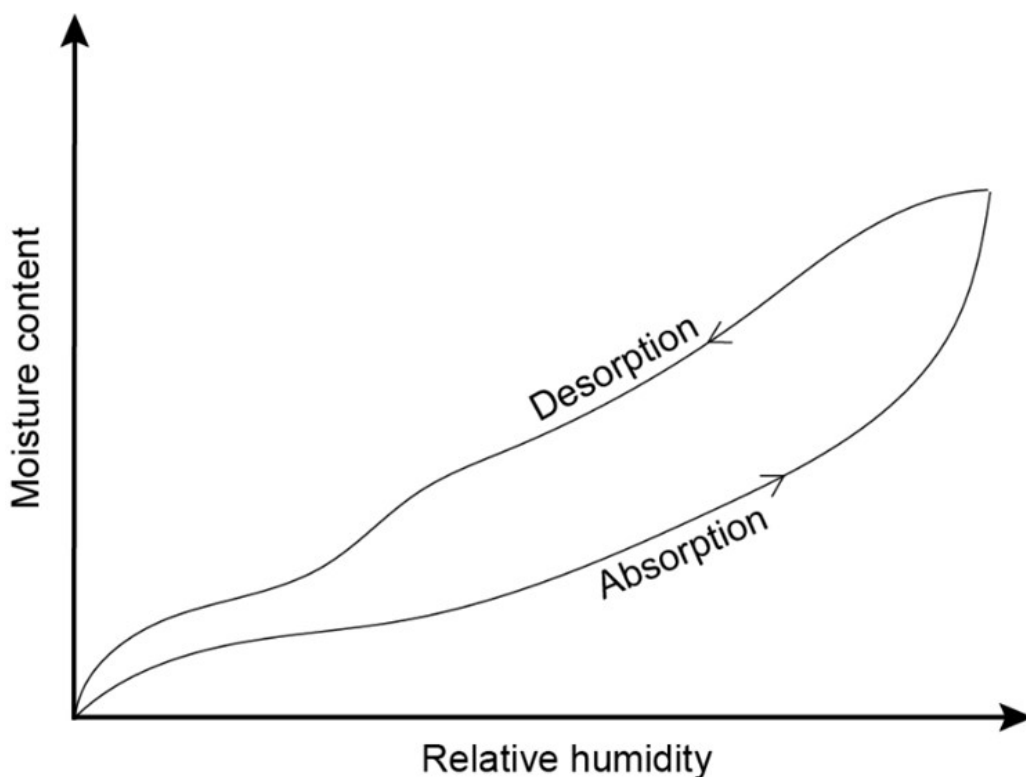
Fuktbindning

För att förstå och förutsäga betongens fuktinnehåll och RF vid jämvikt kan man använda dess sorptionsisoterm (Fig. 1). Den beskriver sambandet mellan betongens relativa fuktighet (RF) och mängden fukt i porstrukturen per kilogram bindemedel (kg/kg) vid en konstant temperatur, under uttorkning (desorption) eller uppfuktning (absorption). Om förhållandena skiftar mellan uttorkning och uppfuktning följer sambandet i stället mellanliggande så kallade scanningkurvor.

Isotermerna ger också viss information om porernas storleksfördelning. När RF sjunker, töms successivt allt mindre porer på vatten.

De största porerna, till exempel luft- och kompaktionsporer, har mycket liten inverkan på betongens uttorkning eftersom de töms på vatten redan när RF sjunker strax under 100%. Uttorkningen styrs i stället av kapillär- och gelporer, i och kring de hydratiserade faserna i bindemedelspastan, som är långt mycket mindre än att de kan ses med blotta ögat.

Skillnaden i fuktinnehåll mellan två RF kallas för fuktkapacitet och kan tillsammans med betongens fuktransportförmåga i samma RF-intervall användas för att uppskatta tiden det tar att torka ut betongen.



Figur 1

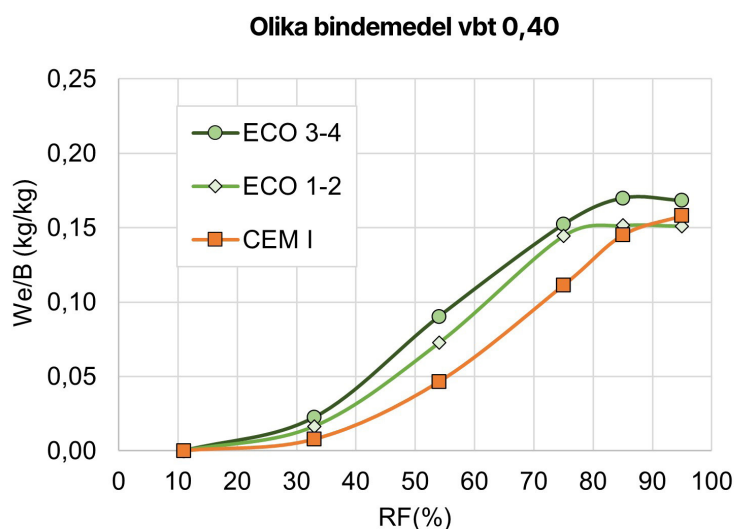
Schematisk illustration av desorption- och absorptionsisotermen för en välhärdad betong. Isotermerna beskriver sambandet mellan RF (Relative humidity) och mängden fukt i porstrukturen per kilogram bindemedel (Moisture content) under uttorkning respektive uppfuktning.

Fukttransport

För att beskriva hur fukt rör sig genom betongens porstruktur vid olika klimatförhållanden används fukttransportkoefficienter (m^2/s). Nära vattenmättnad kan transporten ske i vätskefas men vid lägre RF sker den genom en kombination av vätsketransport och ångdiffusion. Det senare är en mycket långsam process och gör att fukttransportförmågan minskar kraftigt när RF sjunker under vattenmättnad. Precis som fuktbindningen är transporten temperatur- och riktningberoende (desorption, absorption) och styrs av porernas storleksfördelning, men också av hur sammankopplad porstrukturen är.

Fuktegenskaper ECO-Betong

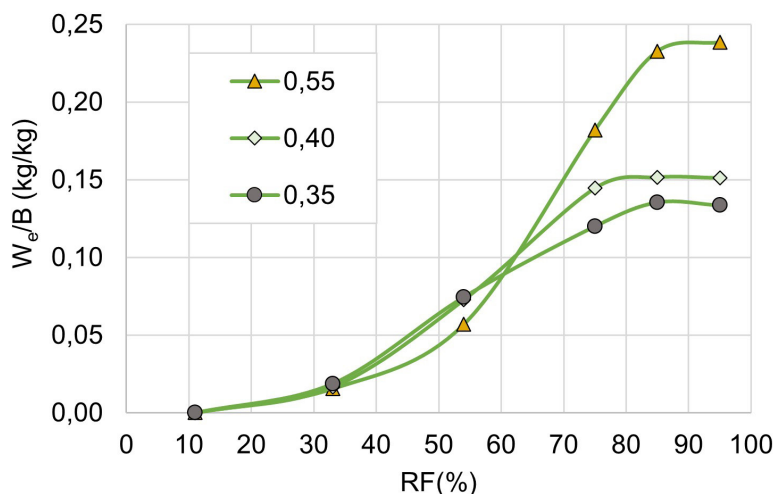
Tillsammans med avdelningen för Byggnadsmaterial vid LTH har Swerock tagit fram fuktegenskaper för ett antal ECO-klassade betongsammansättningar med kombinationer av Portlandcement (CEM I) och Merit som bindemedel. Valda resultat från projektet presenteras nedan. Desorptionsisotermer har bestämts för välhärdade betonger med den så kallade saltlösningmetoden (Fig. 2–3). Fukttransportkoefficienter i desorption har bestämts med koppförsök på cirka 12 månader gammal betong men också med burkmetoden på både 3, 6 och 12 månader gammal betong. Resultaten av de senare presenteras i Fig. 4 nedan. Resultat från koppförsök och burkmätningar har tillsammans använts för att ta fram kurvor som visar fukttransportens RF-beroende i respektive betong (Fig. 5). Fullständiga resultat och metodbeskrivningar redovisas i projektets slutrapport som kan laddas ner [här](#).



Figur 2

Desorptionsisotermer för betong med vbt 0,40 och tre olika bindemedelssammansättningar: rent cement (CEM I), 70 vikt% cement och 30 vikt% Merit (ECO 1-2) respektive 50 vikt% cement och 50 vikt% Merit (ECO 3-4). Mätningarna startades efter att betongerna härdat förseglat i 12 månader vid 20 °C. Resultaten presenteras som fysikaliskt bundet vatten (W_e) per kilogram bindemedel (B) som funktion av RF (%) och varje punkt är medelvärdet av tre provkroppar.

ECO 1-2 olika vbt



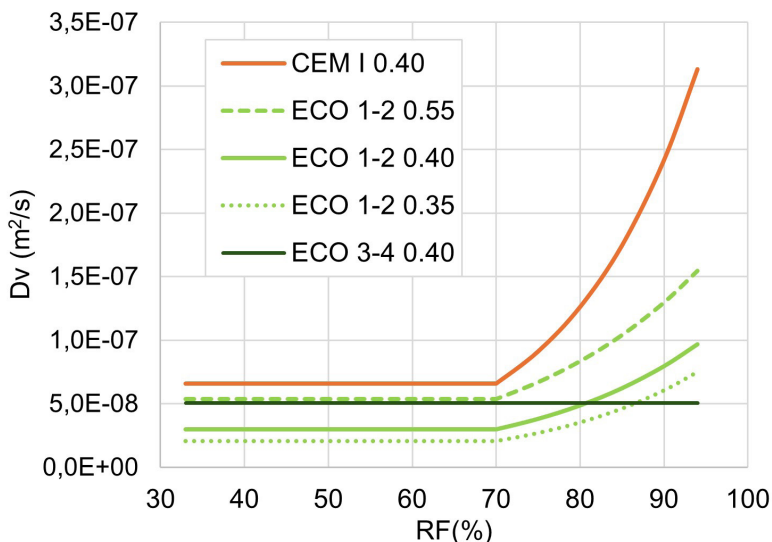
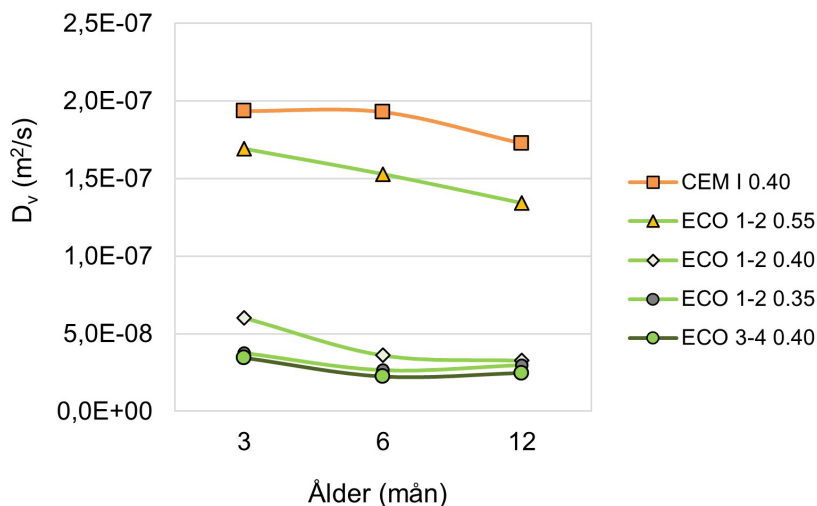
Figur 3

Desorptionsisotermer för betonger med 70 vikt% cement och 30 vikt% Merit som bindemedel (ECO 1-2) och tre olika vbt (0,55, 0,40 respektive 0,35). Mätningarna startades när betongerna härdat förseglat i 12 månader vid 20 °C. Resultaten presenteras som fysikaliskt bundet vatten (W_e) per kilogram bindemedel (B) som funktion av RF (%) och varje punkt är medelvärdet av tre provkroppar.

Figur 4

Fukttransportkoefficienten D_v (m^2/s) mellan 90-85% och 60% RF efter 3, 6 respektive 12 månaders förseglad härdning för fem betonger med tre olika bindemedelssammansättningar och lika många vbt: CEM I (rent cement), ECO 1-2 (70 vikt% cement och 30 vikt% Merit) respektive ECO 3-4 (50 vikt% cement och 50 vikt% Merit). Varje punkt är medelvärdet av tre provkroppar.

Fukttransportens ålderberoende (ca 90-60% RF)



Figur 5

Fukttransportkoefficienten D_v (m^2/s) som funktion av RF (%) efter 12 månaders förseglad härdning för fem betonger med tre olika bindemedelssammansättningar och lika många vbt: CEM I (rent cement), ECO 1-2 (70 vikt% cement och 30 vikt% Merit) respektive ECO 3-4 (50 vikt% cement och 50 vikt% Merit). Kurvorna är utvärderade från ett antal burkmätningar och koppförsök på respektive betong i olika RF-intervall. För respektive metod (och för koppförsöken RF-intervall) användes tre provkroppar.

Slutsatser

- Merit ökar andelen små gelporer i betongen och minskar andelen större kapillärporer. Effekten syns som en platå på desorptionsisotermen i området 85–95% RF (Fig. 2–3) där betongens fuktkapacitet är mycket liten. I praktiken innebär det att små fuktförändringar räcker för att ändra betongens RF i det intervallet.
- Meritens effekt på porstrukturen innebär också att fukttransportförmågan minskar (Fig. 4–5), det vill säga att betongen blir tätare. Figur 4 visar hur tätheten hos de undersökta betongerna ökar mellan 3 och 12 månader, som mest med en faktor 2. För samtliga betonger utom ECO 3–4 med vbt 0,40 uppvisar transportförmågan ett fuktberoende.
- Trots en förfinad och förtätad porstruktur kan ECO-betong torka bättre än referensen (CEM I). Detta förklaras av att den förfinade porstrukturen ökar betongens självuttorkning. Dessutom kan den minskade fuktkapaciteten (85–95% RF) delvis kompensera för tätheten då mindre fukt behöver torka ut för att sänka RF.
- Resultaten som presenteras i Fig. 2–5 ovan kan användas för att prognosticera betongens uttorkning eller räkna på hur fukt omfördelas i betongen under en golvbeläggning.

Avgränsningar

- Mätningar har utförts på ECO-Betong med 30 respektive 50 vikt% Merit och två olika vatten-bindemedelstal. Resultaten stämmer sannolikt för betong med snarlika sammansättningar men eventuella beräkningar bör tolkas därefter.
- Sorptionskurvorna har bestämts genom mätningar vid sex olika RF genom vilka kurvor dragits. Den översta punkten vid 95% RF bör tolkas med viss försiktighet eftersom betongen sannolikt självuttorkat till lägre RF än så före mätstart. Visserligen har betongen lagrats i vatten före mätstart men resultaten indikerar att uppfuktningen inte varit fullständig.
- Transportförmågan har bestämts med koppförsök i två olika RF-intervall (94-33 respektive 85-33% RF) och burkmetoden i ytterligare ett (ca 85-90 till 60% RF) vilket gjort det möjligt att kvantifiera fuktberoendet.
- Mätningarna har utförts vid 20 °C och betongen har dessförinnan härdat förseglat vid samma temperatur. I praktiken har betongens fuktbindning och transport ett visst temperaturberoende.



ECO-Betong

– vår klimatförbättrade betong

ECO-Betong är Swerocks standardbetong och en svensk klimatförbättrad betong som ger fantastiska möjligheter att fortsätta bygga vårt moderna samhälle. Genom att ersätta en del av cementen med alternativa bindemedel så som slagg kan betongens CO₂-utsläpp minska med upp till 50 % beroende på användningsområde. Detta är bara ett av flera grepp vi tar för att ha en klimatneutral betong på marknaden år 2030.

SWEROC