



Examensarbete inom Landskapsingenjörprogrammet. 2006:16
ISSN 1651-8160

Vattens påverkan på betongdammar.



Jesper Johansson

Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik
Box 66
230 53 ALNARP

”Attilus hade föga övers för gudar – gossar med bevingade fötter, kvinnor ridande på delfiner, gråskäggiga gubbar som rasande slungade åskviggas från bergstoppar – amsagor, inte berättelser för män. Han trodde istället på sten och vatten, liksom det dagliga mirakel som uppstod när man blandade två delar släckt kalk med fem delar puteolanum – den röda sanden från trakten – och trollade fram ett ämne som i vatten stelnade till ett bruk hårdare än urberg.”

Citat ur boken Pompeji av Robert Harris, där handlingen utspelar sig år 79.

Förord

Detta examensarbete är skrivet inom landskapsingenjörsprogrammet. Examensarbetet är ett 10 poängs arbete och skrivet på C-nivå i ämnet teknologi vid institutionen Landskaps- och trädgårdsteknik på Sveriges lantbruksuniversitet i Alnarp.

Målgruppen som arbetet främst vänder sig till är yrkesverksamma inom anläggningsbranschen, projektörer, studenter samt privatpersoner.

Handledare för examensarbetet är Dr. Jesper Persson och examinator är Lic. Kaj Rolf.

Främst vill jag tacka min handledare Jesper Persson för visat intresse, engagemang, synpunkter, tid och tålamod som fått mig att ta tag i och utveckla min idé om detta arbete samt ro det i hamn. Sedan vill jag tacka alla som varit på något sätt inblandade i mitt examensarbete för trevligt bemötande, intressanta samtal och upplysningar.

Malmö 2006-06.

Jesper Johansson

Sammanfattning.

Detta är ett 10 poängs arbete på C-nivå inom ämnet teknologi. Arbetet är skrivet inom institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik på Sveriges lantbruksuniversitet i Alnarp.

Syftet med arbetet är att undersöka vilka skador som kan uppkomma på betongdammar när vatten och betong står i kontakt med varandra.

Målet med arbetet är att uppmärksamma betong som material vid anläggning av trädgårdsdammar.

Arbetet inleds med en litteraturstudie där betong som material beskrivs, dess uppbyggnad och sammansättning av vatten, cement, ballast och tillsatsmedel. Därefter beskrivs de för betong vanligaste skadorna vilka är frostsador, armeringskorrosion (rostsprängning), kemiska angrepp och sulfat angrepp.

Därefter genomförs tre intervjuer med personer som projekterar och sköter betongdammar i offentlig miljö för att undersöka deras erfarenhet av betongdammar. Faktorer som togs upp är olika dammtyper, erfarenhet av vattenpåverkan på betong, vattenkvalitet, saltning i närheten av dammen, betongsort eventuella tillsatsmedel och vattencementtal, efterbehandlig av betongen efter gjutning samt ytbehandling på härdad betong.

Okulärbesiktningar genomfördes på fem dammar med olika användning och åldrar med avseende att undersöka eventuella skador samt troliga orsaker till skadornas uppkomst. Resultatet av okulärbesiktningarna grundar sig på följande faktorer: Dammens läge i omgivningen, dammtyp och användning, ungefärlig ålder, typ av skador samt trolig orsak.

Resultatet av litteraturstudien, intervjuer och okulärbesiktningarna har sammanställts i en analys, och därefter följer diskussion och slutsats.

Innehållsförteckning.

Bildkällor.....	2
Figurkällor.....	2
Tabellkällor.....	2
1 Inledning.....	3
2 Om betong.....	4
Allmänt om betong.....	4
Betongens sammansättning.....	4
Cement.....	4
Vatten.....	5
Ballast.....	5
Tillsatsmedel.....	6
Armering.....	6
Vattencementtal, vct.....	7
Betongens historia.....	9
3 Skador på betong.....	11
Betongens beständighet och vattentäthet.....	11
Frostangrepp.....	12
Armeringskorrosion (rostsprängning) i betong.....	12
Kemiska angrepp.....	14
Sulfatangrepp.....	15
4 Trädgårdsdammar av betong.....	17
5 Resultat av intervjuer.....	18
6 Resultat av besiktningar.....	20
Damm 1. Rörsjöparken, Malmö.....	20
Damm 2. Augustenborg, Malmö.....	21
Damm 3. Trädgårdsdamm, Tygelsjö.....	22
Damm 4. Folketspark, Malmö.....	23
Damm 5. Folketspark, Malmö.....	24
7 Analys av intervjuer och besiktningar.....	26
8 Diskussion.....	28
9 Slutsats.....	29
Källförteckning.....	30
Litteratur.....	30
Bilaga 1. Kemiska beteckningar.....	31

Bildkällor

Bild 1: Rörsjöparken. Egen.

Bild 2: Sprickor och lagning. Egen.

Bild 3: Dagvattendamm. Egen.

Bild 4: Frostsprängning. Egen.

Bild 5: Bild 5. Trädgårdsdamm. Egen.

Bild 6: Bild 6. Spricka, högt vct. Egen.

Bild 7: Plaskdamm. Egen.

Bild 8: Kemiskt angrepp. Egen.

Bild 9: Prydnadsdamm. Egen.

Bild 10: Spricka och sulfatangrepp. Egen.

Figurkällor.

Figur 1: Beståndsdelar hos betong. Egen.

Figur 2: Betongkonstruktion utan armering, sprickbildning på grund av dragpåkänningar. Egen.

Figur 3: Betongkonstruktion med armering, armeringen tar upp dragpåkänningarna och därmed hindrar betongen från att spricka. Egen.

Figur 4: Burström, Per Gunnar (2001). Byggnadsmaterial. Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper. Lund: Studentlitteratur.

Figur 5: Täcksikt dvs. avståndet mellan yttersida betong till yttersida armeringsjärn. Egen.

Tabellkällor.

Tabell 1: Kemisk sammansättning av standard Portlandcement. Egen efter (Hellström 1962:37).

Tabell 2: Ballastbeteckningar. Egen efter (Burström 2001:211).

Tabell 3: Betongklasser. Egen efter (Burström 2001:261).

Tabell 4: Skador och förebyggande åtgärder. Egen.

Tabell 5: efter (Lindberg m.fl. 1996).

1 Inledning

Som blivande landskapsingenjör blir man ofta tillfrågad av privatpersoner med trädgård om man är intresserad av att hjälpa dem med rådgivning och idéer samt att utföra dessa.

Utbildningen har gett en bred grund att stå på men inom vissa områden är man lite osäker på hur man ska gå till väga med projektet. I mitt fall är det en damm i Trelleborg som skall anläggas till vilket jag blev tillfrågad om jag ville göra. Efter att precis ha avslutat kursen vattenbyggnad i urban miljö så tvekade jag aldrig med att svara ”javisst kan jag det”. Genast började frågeställningar angående dammanläggningen att hopa sig om tillvägagångssätt och material. Det finns en mängd olika material att tillverka dammen av som t.ex. betong, lera, gummiduk, plast mm. Alla med sina olika fördelar och begränsningar beroende på dammens läge, syfte, utformning, ägarens behov och dammens uttryck. Detta ledde till att jag ville fördjupa mig i de olika materialen och då främst betong som dammbyggnadsmaterial. Från att ha varit det vanligaste materialet till dammar har det blivit det minst använda materialet till trädgårdsdammar. Är det något med betongen och dess egenskaper som gör den olämpligare än andra material? Vad kan man förvänta sig hända med en betongdamm med tiden och vilka faktorer påverkar betongen? Syftet med arbetet är att beskriva materialet betong och undersöka vilka skador på betong som kan uppstå i samband med vattenkontakt. Målsättningen är att uppmärksamma betong som material vid anläggning av trädgårdsdammar.

Arbetets avgränsas till:

- Betongens förhållande till sötvatten.
- Trädgårdsdammar och mindre dammar i offentlig miljö.
- Portlandcement vilket är det vanligaste förekommande bindemedlet för konstruktioner i betong.
- Ingående studier i kemiska reaktioner kommer inte att tas upp i rapporten.

Datainsamlingen kommer att ske genom:

- Litteraturstudie. Materialet är insamlat från bibliotek samt eget material.
- Intervjuer.
- Okulärbesiktningar och dokumentation av befintliga betongdammar i olika åldrar och miljöer. Urvalet av objekt grundar sig på tips från intervjuer samt egen undersökning av dammar med olika åldrar och användningar.

För att undersöka hur vanligt det är med sötvattenrelaterade skador på betongdammar samt hur skadorna uppträder på betongen så har jag intervjuat 3 personer som arbetar i trädgårds och anläggningsbranschen med erfarenhet av betongdammar. Två av de intervjuade representerar projektering av nyanlagda betongdammar medan den tredje representerar skötseln av befintliga nya och äldre dammar. Samtliga arbetar antingen på kommun eller företag.

2 Om betong

Allmänt om betong.

Betong är idag ett av de vanligaste byggmaterialen, vilket beror på dess goda beständighet, formbarhet och hållfasthet. Materialet är lämpligt för konstruktioner som utsätts för stora påfrestningar i form av fukt och nötning. Under 1900 talet har betongen fått en stor och delvis dominerande användning inom byggbranschen. Idag produceras årligen mer än 1,5 miljarder ton cement (som är huvudingrediensen i betong) i världen vilket omsatt i betong motsvarar ca 12 miljarder ton. Hårdnad betong kan jämföras med återskapat berg men har fördelen att dess utseende kan styras och formningsarbetet styr resultatet. I dagens samhälle där naturresurser börjar ta slut och miljöförstörelsen fortgår har betong fördelen att det kan återvinnas som ny betong eller fyllnadsmassa (Gillberg m.fl. 1999).

Huvudbeståndsdelarna i betong är cement, vatten och ballast vilka blandas ihop till en massa. Olika tillsatsmedel och tillsatsmaterial kan därefter tillföras för att få önskvärda egenskaper hos betongen. Exempel på tillsatsmedel är luftporbildande eller vattenreducerande medel för ”vattentät” betong (Burström 2001; Möller m.fl. 1980; Gillberg m.fl. 1999; Lönngren 1996).

Betongens sammansättning.

Betong består av ca 80 % ballast (sand, grus, sten) 14 % cement och 6 % vatten (se Figur 1). Mycket små mängder tillsatsmedel blandas i för att förbättra egenskaper hos betongen, beroende på bland annat miljö och användning. Tillsatsmedel kan till exempel verka för frostbeständighet eller gjutbarhet, och på så sätt öka livslängden för byggkonstruktionen och ergonomin för byggnadsarbetarna (Gillberg m.fl. 1999:5).

Cement.

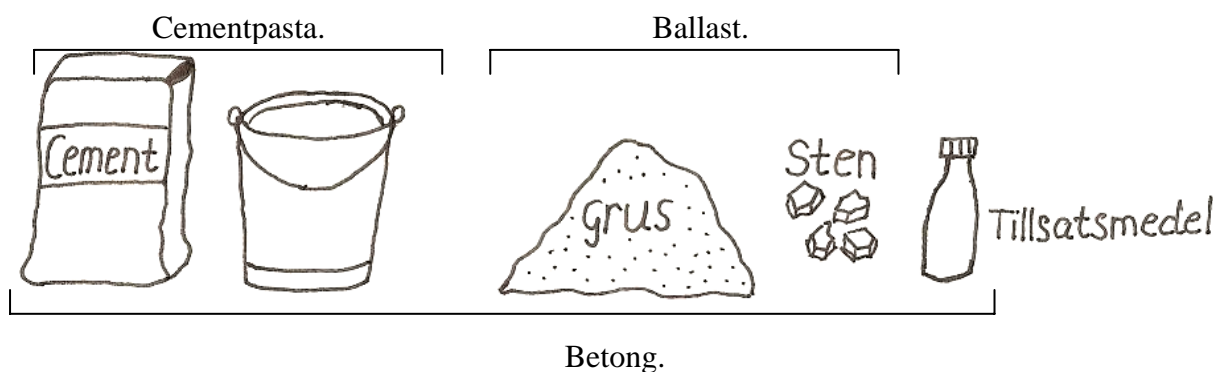
Cement är ett hydrauliskt bindemedel, vilket kännetecknas av att det härdar genom reaktion med vatten till en produkt som är beständig mot vatten. Den vanligaste cementsorten som används idag kallas med ett mer fullständigt namn för portlandcement (Burström 2001:207).

Portlandcement tillverkas av kalksten CaCO_3 och lermineral (Si, Fe, Al m.fl.), som efter finmalning bränns till klinker. Denna mals tillsammans med begränsade mängder gips ($\text{CaSO}_4 \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) och andra tillsatsmaterial till ett fint pulver. Hårdnandet av cement är främst beroende på reaktion mellan kalciumsilikater och vatten (Möller m.fl. 1980:32). Portlandcementens reaktion med vatten är en exoterm kemisk reaktion, d.v.s. att värme utvecklas. Om värmen därför inte leds bort, kan detta leda till att betongen spricker när den svalnar (Burström 2001:209).

Tabell 1: *Kemisk sammansättning av standard Portlandcement (Hellström m.fl.1962:37)*

Kemisk beteckning.	Andel i %	Ämne.
CaO	60-68	Kalciumoxid
SiO ₂	18-24	Kiselsyra
Al ₂ O ₃	4-8	Aluminiumoxid
Fe ₂ O ₃	2-5	Järnoxid
MgO	<5	Magnesiumoxid
K ₂ O	0,2-2	Kaliumoxid
Na ₂ O	0,5	Natriumoxid
SO ₃	<2,5	Svavelsyreanhydrid

Cementpastan, även kallad cementlim, består av den finmalda cementen blandat med vatten, vilket utgör själva klistret mellan stenarna i ballasten (Burström 2001:204). Egenskaperna hos cementpastan är mycket avgörande för betongens egenskaper. Mest intressant är egenskaperna i hårdnat tillstånd. De regleras hos cementpastan primärt av porsystemets egenskaper, porositet och porstorleksfördelning. Detta porsystem är karakteristiskt för cementpasta och betong (Möller m.fl. 1980:20). Ju större vattenhalten är i betongen vid framställning desto större blir mängden porer, den härdade cementpastans täthet mot vätskor (permeabilitet) minskar därför kraftigt varvid bl.a. hållfastheten och beständigheten minskar (Burström 2001:224).



Figur 1: Beståndsdelar hos betong.

Vatten.

En bristfällig vattenkvalitet kan framförallt försämra betongens hållfasthet och beständighet. Det ställs dock inga höga krav på det vatten som skall användas till betong. En tumregel är att allt naturligt vatten som är drickbart också kan användas för betongtillverkning. Starkt salthaltigt vatten, till exempel på västkusten bör inte användas. Östersjöns vatten kan dock användas för enklare betongarbeten (Burström 2001:211).

Ballast.

En gemensam benämning på bergartsmaterial som är avsedda att användas vid betongtillverkning kallas ballast. Den ballast som används till vanlig betong består av naturliga bergarter det vill säga bergarter som inte bildats genom sedimentation. Dessa används antingen direkt som de utvinns ur grustag eller krossas före användning. Beroende på kornstorlekarna använder man beteckningarna sand (≤ 4 mm), fingrus (≤ 8 mm) eller sten (> 8 mm) se Tabell 2. I samband med proportionering av betong brukar dock den undre gränsen för sten sättas till 4 mm. Proportionering av betong innebär fastställning av lämpliga proportioner av betongens beståndsdelar för ett visst ändamål. Genom att variera mängderna hos betongens beståndsdelar kan man framställa betong med olika egenskaper. Sten kan vara makadam eller singel där makadam betecknar krossat bergmaterial medan singel är okrossat bergmaterial från till exempel rullstensåsar. Det allra finaste materialet kallas filler (kornstorlek ≤ 0.125 mm) (Burström 2001:205, 211).

Tabell 2: Ballastbeteckningar

Kornfraktion, mm.	Beteckning.
0-0.125	Filler
0-4	Sand. Krossat material = stensmjöl
0-8	Fingrus
4-32-	Sten

Tillsatsmedel.

Betongtillsatsmedel är kemiska ämnen eller en blandning av olika ämnen som används i små mängder vid betongtillverkning för att förbättra materialets egenskaper i färskt eller hårdnat tillstånd. Tillsatsmedel indelas enligt Betonghandboken (Möller m.fl. 1980:100) i:

- Luftporbildande
- Vattenreducerande
- Accelererande
- Retarderande
- Övriga tillsatsmedel

Luftporbildande tillsatsmedel sätts till betongmassan för att skapa små luftblåsor med en diameter mellan 0,02 och 0,2 mm. Tätt liggande luftporer av den storleken förbättrar betongens frostbeständighet genom att de luftfyllda porerna ger det vatten som kommit in i betongen möjlighet att expandera när vattnet fryser. Vatten som övergår till is ökar sin volym med ca 9 % (Möller m.fl. 1980:103-119; Burström 2001:214-215).

Vattenreducerande tillsatsmedel kan användas för att minska mängden vatten i betongmassan med upp till 15%. Tillsatsmedlet minskar också friktionen mellan betongens fasta partiklar vilket innebär att betongen blir mer lättarbetad (ibid).

Accelererande tillsatsmedel påskyndar cementets reaktioner med vatten. Acceleratorer används framförallt vintertid för att ge betongen en snabbare värmeutveckling och därmed motverka att vattnet i den nygjutna betongen fryser till is vilket försämrar betongens hållfasthet (ibid).

Med retarderande tillsatsmedel avses produkter som fördröjer betongens härdningsprocess men inte retarderar (motverkar) hållfasthetstillväxten hos betongen då härdningsprocessen väl har börjat. Tillsatsmedlen fördröjer cementets reaktion med vatten genom olika reaktioner med cementpartiklarna. Ett exempel på när retarderande tillsatsmedel används är när man gjuter utomhus under sommarhalvåret och behöver tid att behandla betongytan innan betongen har härdat. Sol och vind påskyndar processen avsevärt (ibid).

Övriga tillsatsmedel är vattentätande, expanderande, fryspunktsnedsättande, korrosionshämmande, vidhäftningsförbättrande, kromatreducerande och specialtillsatsmedel (ibid).

Ytbehandling.

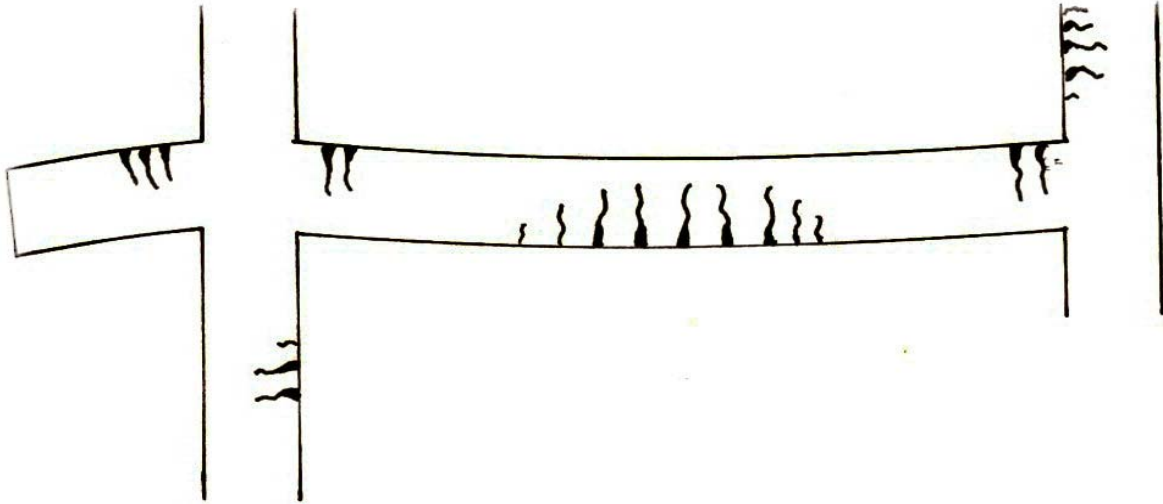
Ytbehandlings- och impregneringssystem ska normalt inte behöva användas för att nå en fullgod beständighet hos nyproducerade betongkonstruktioner i aggressiv miljö (Svenska betongföreningen, rapport nr 1 1991:30).

Armering.

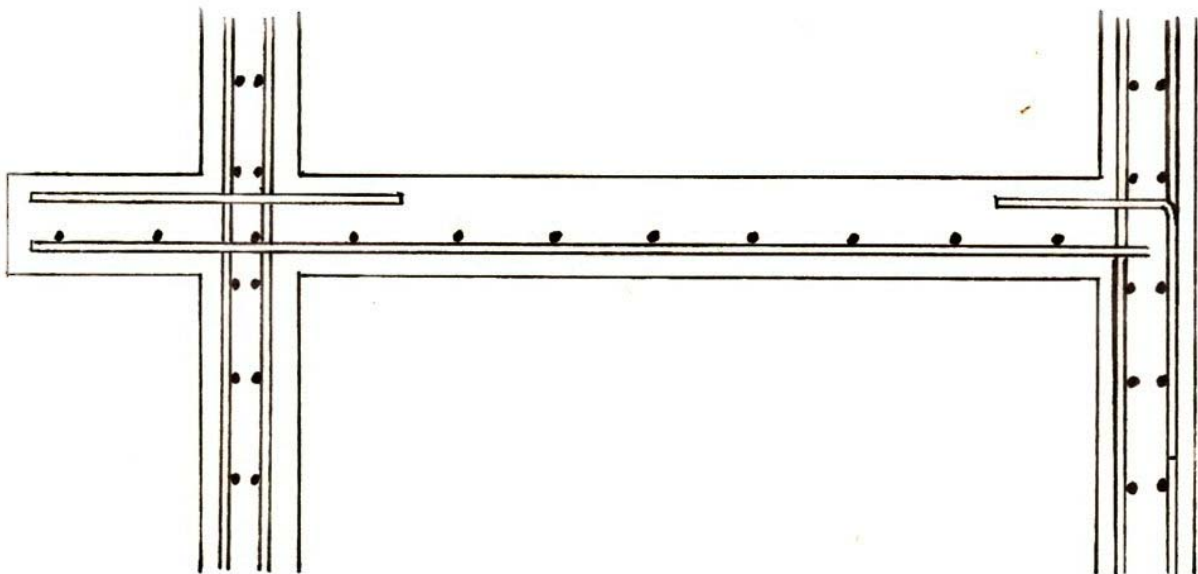
Armering är ett stålskelett som täcks av betongen. Det är viktigt att armeringen helt täcks med betong och att täcksiktet är tillräckligt tjockt. Täcksiktet är avståndet mellan betongytan och armeringens yttersida, detta avstånd varierar beroende på den omgivande miljöns aggressivitet.

Oarmerad betong klarar höga tryckpåkänningar men är mycket känslig för dragpåkänningar. Man armerar betongen för att ta upp påkänningar. För att ta upp de dragkrafter som

uppkommer i en armerad betongkonstruktion används armeringsstänger av stål. Det finns olika armeringstyper att välja mellan beroende på hur man önskar utnyttja armeringen. Armeringen klassificeras efter ytstruktur, sträckgränsvärde och svetsbarhet samt i några fall även efter produkt. Stångdiametern förekommer från 6 till 32 mm (Burström 2001:322-323).



Figur 2: Betongkonstruktion utan armering, sprickbildning på grund av dragpåkänningar.



Figur 3: Betongkonstruktion med armering, armeringen tar upp dragpåkänningarna och hindrar därmed betongen från att spricka.

Vattencementtal, vct.

Cementpastans egenskaper bestäms nästan helt av proportionen mellan vatten och cement, det så kallade vattencementtalet, förkortat vct. Vattencementtalet beräknas med följande formel:

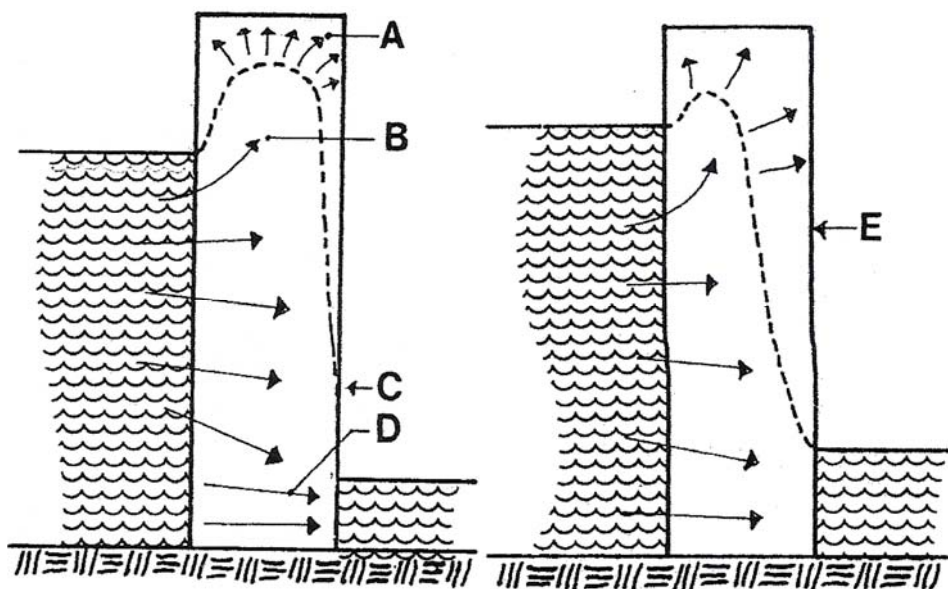
$$vct = \frac{W}{C}$$

W = mängden blandningsvatten (kg), (kg/m³) eller (l/m³)

C = mängden cement (kg) eller (kg/m³)

Ju mer man spär ut cementpastan med vatten desto svagare blir den. Det innebär att betongens hållfasthet bestäms helt av vattencementtalet. (se Tabell 3) (Burström 2001:205-242).

Den streckade linjen i Figur 4 visar i genomskärning vattnets principiella genomträngning av en konstruktion med ett ensidigt vattentryck. I de flesta fall är det primärt vct-talet som styr betongens vattentäthet. Med andra ord behövs tillsatsmedel i betongen bara användas under speciella omständigheter. Intervjuerna längre fram i rapporten visar att tillsatsmedel som gör betong vattentät sällan eller aldrig används till dammar i offentlig och privat miljö. Istället är det vct-talet som är avgörande för om en betong skall vara vattentät. En nyblandad betong som innehåller ett högt vct innehåller mycket vatten. När sen betongen torkar (hårdnar) avdunstar vattnet från betongen och lämnar efter sig små porer och håligheter som cementpastan inte kan fylla upp. Detta leder till att betongen blir porös och utifrånkommande vatten kan leta sig igenom eller längre in i betongkonstruktionen än om betongen haft ett lågt vct tal. Ett lågt vct-tal leder därför till att mindre vatten avdunstat vid härdningen och bidragit till mindre porer samt att cementpastan hade fyllt dessa porer och resultatet blir en kompaktare mindre genomsläpplig betong med låg porositet.



Figur 4: ej vattentät betong, högt vct.

Vattentät betong, lågt vct.

- A. Ångtransport, diffusion.
 - B. Vätsketransport, kapillärugning.
 - C. Risk för fuktfläckar och kalkurlakning.
 - D. Vätsketransport, strömning genom yttre tryck.
 - E. Vattengenomströmningen är mindre än avdunstningen, ytan verkar därför torr.
- (Burström 2001:252-253).

All betong är mer eller mindre genomsläpplig för vatten och olika gaser. I betongbestämmelserna nämns ordet vattentät betong med vilket menas att vattenströmningen genom materialet vid ensidigt vattentryck är så liten att, om betongytan är obelagd dvs. inte ytbehandlad så är avdunstningen på den torra sidan så stor att ytterskiktet inte får fuktfläckar. Om betongen är så otät att fuktfläckar uppstår på betongytan kommer det avdunstande vattnet att efterlämna olika salter, karbonater som färgar ytan vit och kan ge droppstensliknande formationer. Detta är speciellt vanligt i sprickzoner. Sådana skador leder så småningom till att betongen urlakas på hållfasthetsbildande ämne. Vätskor och gaser kan på olika sätt strömma

in och ut ur betong (Tuutti 1983:148). Betongens egenskap att släppa igenom vätska (eller gas) som står under tryck kallas permeabilitet, som i sin tur i huvudsak beror på vattencementtal och hydrationsgrad. Hydration kallas de kemiska reaktioner som sker omedelbart mellan cement och vatten när betong blandas. Dessa reaktioner leder till att betongen successivt hårdnar. Desto högre vct och desto lägre hydrationsgraden är, desto otätare blir cementpastan. I vissa sammanhang kommer olika mekanismer att medverka i vattentransporten genom betongkonstruktionen där strömning på grund av vattentryck, kapillärsugning och ångtransport samtidigt bidrar till transporten (se Figur 4). Så småningom uppnås ett jämviktstillstånd där den fria vattenlinjen stannar upp. Detta beror på att avdunstningen från den fria ytan blir lika stor som den inträngande vattenmängden orsakad av yttre tryck och kapillärsugning. Det måste dock påpekas att det i praktiken inte alltid är betongmaterialets täthet som är avgörande för konstruktionens täthet. Ofta har sprickor genom konstruktionen minst lika stor betydelse (Burström 2001:223,252)

För betong i armeringsaggressiv miljö bestäms vattencementtalet av högsta tillåtna värden i BBK 79 som är 0,5 och 0,7 i mycket respektive måttligt aggressiv miljö. Detsamma gäller för betongaggressiv miljö (Möller m.fl. 1980:547-548).

Högsta möjliga hållfasthet på betong fås med minsta möjliga mängd vatten vid blandningen (Sandford 1966:13).

Tabell 3: Betongklasser

<i>Hållfasthetsklass BBK 94.</i>	<i>Hållfasthetsklass BBK 04.</i>	<i>Vct klass 1.</i>	<i>Vct klass 2.</i>
K16	C12/15	1,12	1,02
K20	C16/20	0,91	0,83
K25	C20/25	0,76	0,69
K30	C25/30	0,66	0,59
K35	C28/35	0,59	0,53
K40	C30/37	0,54	
K45	C32/40	0,49	
K50	C35/45	0,45	
K55	C40/50	0,41	
K60	C45/55	0,38	

Hållfasthetsklassen på betongen betecknas med bokstaven K, följt av ett siffervärde som visar tryckhållfastheten mätt i MPa. Klasserna 1 och 2 anger kraven på kompetens, kontroll, utrustning mm. Klass 1 har de högsta kraven, klass 2 är vanligast förekommande, se Tabell 3 (Burström 2001:259-261). K-värdet är idag ersatt av en europaklassificering som betecknas med ett C-värde. Enligt betongbanken (2006) kan ”BBK 94-betong” ersättas med den ”BBK 04-betong” som har närmast högre hållfasthetsvärde. Exempelvis ersätts K30 med C25/30 (se Tabell 3).

Betongens historia.

Det är inte känt när betong började användas för konstruktioner, men redan under forntiden användes lerkonstruktioner armerade med halm, grenar och fibrer för tillverkning av tex. hyddor. Upptäckten av att kunna göra kalk hydrauliskt medförde en revolution inom byggnadskonsten. Känt är att kung Salomon 1000 år f.kr. lät bygga vattencisterner och vattenledningar till Jerusalem av vattentät puts innehållande kalkbruk med tegelstensmjöl. Arbetet utfördes av feniciska arbetare som också kände till konsten sen tidigare. Från år 750

f.kr. och fram till vår tideräkning använde sig Romarna av tekniken. Den första kända framställningen av betong som tillverkades genom sammanfogning av stenbumlingar, skärv och grövre stenmaterial med kalkbruk utfördes av etruskerna kring 150 f.kr. Det mest kända historiska byggnadsverket av betong är den 90 km långa vattenledningskulvert mellan Eifel och Köln som byggdes av Romarna 70-80 e.kr. Det är härifrån som det första kända cementbruket användes. Troligen var det känt sedan tidigare. Efter denna tiden gjordes inga större framsteg inom betongtekniken fram till 1796 då en engelsman framställde den första "egentliga" cementen som har mer likheter med dagens cement. Denna cement blev populär och dominerade marknaden till slutet av 1830-talet. Kända byggnader från denna tid är Themsentunneln och parlamentshuset i London. Portlandcement framställdes första gången i England 1844 och har fått sitt namn efter dess likhet med en natursten från halvön Portland beträffande färg, hårdhet och hållfasthet. Det första större betongarbete som genomfördes i Sverige är en hamnpir i Helsingborgs hamn 1863. Tekniken att tillverka Portlandcement kom till Sverige först 1873 med Sveriges första cementfabrik i Lomma. Något större genombrott fick inte cement i Sverige förrän 1887 då Lomma cementfabrik startade entreprenadföretaget AB Skånska Cementgjuteriet (Hellström m.fl. 1963:9-13).

3 Skador på betong.

Betongens beständighet och vattentätthet.

Varje betongkonstruktion påverkas av den omgivande miljön. Denna påverkan kan utgöras av ett direkt angrepp av aggressiva egenskaper hos den yttre miljön, till exempel kemiska ämnen som bryter ned betongen eller armeringen. Det kan även gälla frysning, som spränger betongen eller koldioxid som får den att karbonisera. De största beständighetsproblemen i Sverige är: (Burström 2001:247).

- Frostangrepp
- Armeringskorrosion
- Kemiska angrepp
- Sulfatangrepp

Betongen är ett poröst material, ett förhållande som utgör förutsättningen för så gott som alla typer av angrepp. Porsystemet gör det nämligen möjligt för aggressiva kemiska ämnen att nå in i betongen och därefter bryta ned cementpastan, dvs de hållfasthetsbildande elementen. Vatten och syre kan nå armeringen och genom korrosion förstöra denna. Vatten som tränger in och fryser i porerna, sväller och kan därmed spränga sönder betongen. Därför är permeabiliteten för olika ämnen den kanske viktigaste av alla de egenskaper som avgör beständigheten hos en betong (Möller m.fl. 1980:421).

Vatten medverkar i en eller annan form vid de flesta vanliga förekommande angreppen på betong. Vattnets medverkan kan i stort indelas i följande grupper:

- Medverkan i kemiska reaktioner. Många reaktioner sker endast vid närvaro av vatten.
- Elektrolyt vid korrosion.
- Frostsprängning.
- Transportmedium för salter vid saltsprängning.
- Fuktrörelser.
- Förutsättning för biologisk nedbrytning.

En vattenmättad betong har en låg korrosionshastighet på grund av att syre har låg löslighet i vatten. Torr betong har också en låg korrosionshastighet på grund av att ledningsförmågan i betongen är låg. Medan förhållandet mellan torr och vattenmättad betong har en högre korrosionshastighet. Det vill säga att konstanta miljöförhållanden är lågkorrosiva medan fluktuerande miljöer som uppfuktning och uttorkning är högkorrosiva (Bartha 1998:186).

Bestämmande för vattnets aggressivitet gentemot olika material är faktorer som surhetsgrad (pH), hårdhet, innehåll av lösta salter och gaser, temperatur samt i vilken grad vattnet strömmar förbi konstruktionen (Bartha 1998:174). Mjukt vatten har en stor kalklösande förmåga och kan av den anledningen vara aggressiv mot betong, och ett sådant angrepp sker snabbt. Det anses föreligga risk för skador om vattnets hårdhet är under 3 tyska hårdhetsgrader vilket motsvarar ca 20 mg CaO/l vatten (Tuutti 1983:157). Mjukt vatten är vatten som är mycket rent och innehåller liten mängd lösta salter samt att det är lätt surt på grund av sitt innehåll av löst kolsyra (CO₂). Till dessa vatten räknas vatten från de nordiska högfjällsområdena samt i vissa fall grundvatten (Bartha 1998:174). Vattnets angreppsförmåga ökar avsevärt med dess innehåll av lösta salter och föroreningar. Rent vatten kan dock i vissa fall verka nedbrytande på betongkonstruktioner. Betong innehåller en viss mängd fri kalciumhydroxid (Ca(OH)₂), som alltså är löslig i vatten. Om betongen är porös och utsätts

för genomströmmande vatten, kommer vattnet att föra ut kalciumhydroxiden ur betongen. Detta medför att materialet successivt bryts ned (Burström 2001:150). Nästan alla vatten innehåller större eller mindre mängd löst kolsyra som tillförts vattnet antingen från naturliga nedbrytningsprocesser eller från luften (som innehåller omkring 0,03 volymprocent koldioxid). Kolsyran är en tvåbasisk syra som kan dissocieras och ge upphov till bikarbonat- och karbonatjoner, vilka i sin tur kan bilda lösliga eller olösliga salter med katjoner som kalcium, magnesium, natrium, kalium etc. Denna sammansättning bestämmer lösningens beteende gentemot betong (Möller m.fl. 1980:470).

Även här rekommenderas ”vattentät” betong det vill säga med vattencementtal lägre än 0,60 för en beständig betong. Nedbrytningen av betongen går då långsamt och är i praktiken för det mesta ofarlig (Tuutti 1983:157).

Frostangrepp.

Betong är ett mycket finporöst material och kommer därför vid utomhusanvändning att ha höga fuktnivåer. I samband med frystemperaturer då delar av porvattnet övergår till is, kan så stora spänningar uppstå inne i betongen att denna skadas allvarligt. Frostskador visar sig oftast i form av mer eller mindre tjocka avskalningar på betongytorna. Dessa får ett skrovligt utseende och i vissa allvarliga fall är skadorna så djupa att grövre ballastkorn kan friläggas och lossna (Möller m.fl. 1980:424).

Betong som utsätts för fukt och kyla måste därför ta hand om den volymökning som uppstår när porvattnet fryser till is. Detta kan endast ske genom att vatten och is pressas in i porer eller håligheter som innehåller luft. Luft kan nämligen till stor del komprimeras. När vatten och is pressas in i dessa håligheter utsätts betongen för inre spänningar. Ju längre avstånd det är mellan luftporerna, det vill säga ju längre is och vatten måste pressas undan, desto större inre spänningar utsätts betongen för. När medelavståndet mellan de luftfyllda porerna överskrider ett visst kritiskt avstånd blir motståndet allt för stort och materialet brister (Tuutti 1983:152).

Var uppstår skadorna.

Avskalningar är speciellt vanliga och djupa när så kallade tösalter används. De är oftast koncentrerade till partier som är speciellt fuktiga, till exempel vid fogar i vägbanor och stödmurar, omedelbart över vattenlinjen vid kajkonstruktioner, på ytor med dålig avrinning, vid kantbalkar på broar etc (Möller m.fl. 1980:424-425).

Lösning.

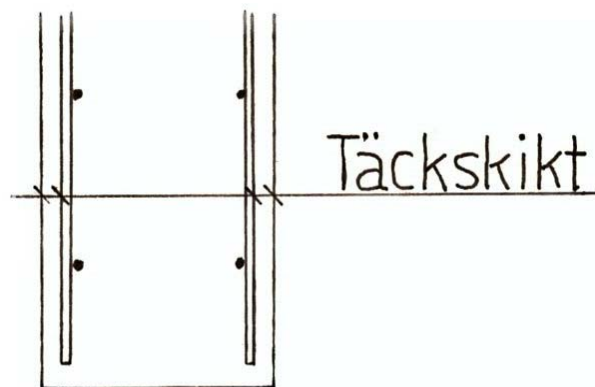
Innehåller cementpastan för mycket vatten kommer den efter hårdnandet att bli porös och otät på grund av att porerna är stora och få. Det man eftersträvar är att få många och mycket små porer i betongen. Av försök och praktiska erfarenheter framgår att vattencementtalet ej bör överstiga 0,60 om man ställer krav på vattentäthet (Tuutti 1983:149).

Armeringskorrosion (rostsprängning) i betong.

Betong skyddar ingjutet armeringsjärn mot korrosion genom att den omgivande betongen är alkalisk ($\text{pH} > 12.5$). Ett väl ingjutet armeringsjärn befinner sig i ett sk. passivt tillstånd vilket innebär att det inte sker någon korrosion. Passivt tillstånd är det normala opåverkade tillståndet på armering i betong. Lika viktig för att motverka armeringskorrosion är den fysiska barriär som en väl kringgjuten cementpasta ger i kontaktzonen mellan betong och stål (täcksikt), se Figur 5. När stålets passiva tillstånd övergår till aktivt tillstånd innebär det ofta en markant ökning i korrosionshastigheten. De två vanligaste orsakerna till att armeringen i betongen korroderar (rostar) beror på karbonatisering och kloridinträngning i betongen. De

mekanismer som åstadkommer det aktiva korrosionstillståndet är antingen att miljön i betongen närmast stålet har neutraliserats (karbonatisering) eller att korrosiva ämnen som klorider tränger in i betongen och angriper stålet. Aktivering innebär att armeringsjärnet i betongen börjar korrodera, korrosionsprodukterna har en två till fem gånger större volym än det ursprungliga armeringsjärnet. Volymökningen av korrosionsprodukterna leder till en sprängande verkan på betongen som inte kan ta upp volymökningen. Efter en aktivering av korrosion initierad av antingen klorider eller koldioxid sker korrosionsnedbrytningen med olika hastighet, främst beroende av fukt och kloridhalten i betongen samt täckskiktets tjocklek (Bartha 1998:181). Karbonatisering innebär att betongen utsätts för påverkan av luftens koldioxid (CO_2) som långsamt tränger in i betongen och reagerar med betongens pH-höjande föreningar. Den koldioxidpåverkade betongens pH-värde sjunker till < 9 . När koldioxiden når armeringsjärnet startar korrosionen. Detta sker främst i fuktig miljö, med 50-60% relativ fuktighet. Koldioxid (CO_2) som kommer i kontakt med vatten (H_2O) bildar en liten mängd kolsyra (H_2CO_3), vilket har en frätande effekt på betong. Koldioxid diffunderar in i betongen och reagerar med kalciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) och bildar kalciumkarbonat (CaCO_3). pH-värdet sjunker och passiveringen upphör och korrosionsprocessen startar (aktiveras). Betong med lågt vct har en större täthet än betong med högt vct, detta medför en långsammare karbonatisering av betong med lågt vct. Klorider (salter) kan gradvis tränga in i betongen. När kloriderna når armeringsjärnet sker korrosion på armeringen som i svåra fall kan rosta av helt. När korrosionsprocessen väl är i gång bestäms dess hastighet framförallt av hur mycket syre som kan tränga in till stålet (Burström 2001:156).

Täckskiktets tjocklek beror på i vilken miljö den färdiga betongkonstruktionen kommer att befinna sig i. Vanligtvis ligger täckskiktets tjocklek mellan 25-50 mm och i väldigt aggressiv miljö upp till 70 mm tjockt. Att medvetet göra ett tjockare täckskikt än angivet äventyrar konstruktionens hållfasthet mot dragpåkänningar.



Figur 5: Täckskikt dvs. avståndet mellan yttersida betong till yttersida armeringsjärn.

Enligt Möller m.fl. (1980:422-424) anges i BBK 79:s krav på betongkvalitet, täckskikt och armeringsutformning etc. finns nämligen en viss, på erfarenhet inbyggd garanti för avsedd livslängd. Kraven syftar främst till att säkra livslängden genom att åstadkomma beständighet mot sönderfrysning och armeringskorrosion. Detta sker genom krav på:

- Hållfasthetsklass
- Vattencementtal
- Vattentäthet
- Lufthalt
- Minsta täckskikt

Samtliga dessa krav utom lufthaltskravet innebär en direkt eller indirekt begränsning av inträngning av destruktiva ämnen såsom vatten, syre, koldioxid, klorider etc. i betongen (Möller m.fl. 1980:422-424).

Täckskiktssprängning orsakas av att korrosionsprodukterna upptar en större volym än det ursprungliga stålet. Därigenom uppstår ett tryck. Korrosionsprodukternas volym ökar med korrosionsdjupet och så småningom uppkommer en spricka parallellt med armeringsstången. Vid fortsatt korrosion kan hela täckskiktet falla av. Täckskiktet kan också sprängas loss utan att en spricka först uppstår (Möller m.fl. 1980:464).

Var uppstår skadorna.

Betong som är sprucken leder alltid till korrosionsangrepp i sprickzonen. Emellertid tätar rostprodukterna sprickorna vilket leder till att angreppen upphör tills betongen omkring sprickan åter karbonatiserats, det vill säga till dess medelkarbonatiseringen nästan nått fram till armeringen. Detta innebär att även relativt vida sprickor skulle kunna tolereras om klorider saknas (Möller m.fl. 1980:464)

En fullständigt vattenmättad betong har en låg korrosionshastighet på grund av att syre har låg löslighet i vatten. För delvis vattenmättade konstruktioner blir förhållandena annorlunda. En torr betong har också en låg korrosionshastighet på grund av ledningsförmågan i betongen är låg. I en kloridkontaminerad betong är korrosionshastigheterna betydligt högre. Konstanta förhållanden brukar också vara lågkorrosiva, däremot är fluktuerande miljöer, uppfuktning och uttorkning, högkorrosiva (Bartha 1998:186).

Lösning.

Risken för korrosion på armeringen blir mindre ju tätare betongen är. Betongens täthet och förmåga att skydda ingjuten armering beror på flera faktorer som cementshalt, vattencementtal och komprimeringsgrad. Sprickor i betongen, täckskiktets tjocklek och täthet påverkar möjligheten för gaser och vätskor att tränga in i betongen och utsätta armeringen för korrosion (Möller m.fl. 1980:140). Komprimeringsgraden innebär i vilken omfattning betongen behandlas under pågående gjutning. Metoder för att komprimera betongen sker med vibrering. Bearbetningen med vibrering gör att betongen flyter ihop, omsluter armering och pressar ut luften ur betongen. Efter bearbetning får inte betongen innehålla större luftporer eller håligheter vilket försämrar betongens hållfasthet och motståndskraft (Burström 2001:206).

Kemiska angrepp.

Betydande kemiska angrepp kan ske på betong i sura jordar, sura vatten och genom luftföroreningar. Faktorer som påverkar de kemiska angreppen på betongen kan vara betongens olika beståndsdelar som reagerar med varandra eller att betongen kommer i kontakt med aggressiva gas- eller vätskeformiga ämnen i omgivningen. Angrepps bilden skiljer sig från ämne till ämne och är inte helt klarlagd, eller bara kända i grova drag vilket leder till att man inte helt i förväg kan förutse skadornas uppträdande. Trots det är det möjligt att urskilja vissa angreppstyper till exempel sådana som är av lösande och sprängande art (Bartha 1998:188). Betongens kemiska struktur kan påverkas genom val av cementtyp och tillsatsmaterial. Permeabiliteten påverkas av vattencementtalet som har större betydelse än cementtypen. De för betong vanligaste angreppen sker på konstruktioner i mark, och består av sura angrepp och sulfatangrepp (Bartha 1998:189).

Vid kemiska angrepp skiljer man mellan två typer av angrepp, nämligen angrepp från ämnen som löser upp betongen samt från ämnen som tränger in i materialet, reagerar med olika andra

ämnen och verkar sprängande. En betongs förmåga att motstå aggressiva ämnen avgörs av följande två huvudfaktorer (Tuutti 1983:157):

1. Betongens kemiska uppbyggnad, det vill säga den kemiska sammansättningen hos cementets hydrationsprodukter.
2. Betongens fysikaliska struktur och permeabilitet, vilken avgör den hastighet med vilken förstörelsen sker.

Var uppstår skadorna.

Nedbrytande kemiska reaktioner äger ofta rum på materialets yta. De kemiska angreppen kan ibland också verka djupt inne i materialet. Detta gäller i synnerhet om materialet redan från början innehåller beståndsdelar som kan reagera med varandra. För betong kan till exempel en olämplig kombination av cement och grus leda till nedbrytande reaktioner. Förstörelsen orsakas då av volymökningar i samband med kemisk omvandling (Burström 2001:150).

Lösning.

Angrepp av syror sker från ytan på betong med normal täthet. För att skydda sig mot dessa angrepp är det viktigt att använda sig av betong med lågt vattencementtal, det vill säga tät betong (Burström 2001:251).

Sulfatangrepp.

Ibland angrips betong av vatten som innehåller vattenlösliga sulfater (salter). Sulfaterna kan finnas naturligt i grundvattnet eller tillföras vattnet från omgivande miljö genom regn och vind. Sulfatjonerna (SO_4^{2-}) bildar gips med de kalciumjoner (Ca^{2+}) som finns i betongens porvatten. Gipsen (CaSO_4^{2-}) är svårslöslig och kristalliserar ut i betongens porer vilket kan leda till gipssprängning av betongen. Som om inte det är illa nog så kan gipsen även bilda cementbacill som har samma sprängande förmåga på betongen som gips (Sandford 1966:19). Detta är den vanligaste typen av angrepp på betong. Förloppet hos angreppet är inte helt klarlagt men tillsynes attackeras kalken och aluminaterna i cementpastan under bildning av nya fasta substanser vilket utövar en sprängande verkan på betongen på grund av de nya fasta substansernas större volym. Ökar sulfathalten i betongen så reagerar den fria kalken i cementpastan med sulfatjonerna och bildar gips som kristalliserar och ökar sin volym med ca 8% (Bartha 1998:189). Denna typ av skador är inte speciellt vanliga i Sverige, men däremot så är det ett stort problem i USA och Kanada där grundvattnet ofta innehåller stora mängder sulfater (natriumsulfat) (Hellström m.fl. 1962:60).

Var uppstår skadorna.

Sulfatprodukter förekommer främst i (förorenat) grundvattnet. När de kommer i kontakt med betong så reagerar de med cementpastan, vilket resulterar i en volymökning som förstör betongen. Skadebilden börjar med sprickor i hörn och kanter på konstruktionen och utvecklas till att betongen krackelerar och vittrar sönder (Möller m.fl. 1980:415).

Lösning.

Permeabiliteten påverkas starkt av vattencementtalet. Den har ofta mycket större betydelse för en betongs beständighet än cementtypen. En beständig betong i aggressiv miljö förutsätter därför ett lågt vct (Möller m.fl. 1980:469).

Tabell 4: Skador och förebyggande åtgärder

<i>Typ av skador.</i>	<i>Lösning.</i>
Frostangrepp. Armeringskorrosion. Kemiska angrepp. Sulfatangrepp	Lågt vct i betongen, luftporbildande- och vattenreducerande tillsatsmedel, samt att betongen får rätt utförd bearbetning (vibrering, mm) vid gjutning och efterbehandling för att undvika sprickbildning vid snabb uttorkning. Oftast är lågt vct en tillräcklig åtgärd för trädgårdsdammar och offentliga dammar i stadsmiljö. Tillsatsmedlen används främst i konstruktioner som ska utstå extremt aggressiva miljöer som tex. kajkonstruktioner och bropelare i salt havsvatten.

4 Trädgårdsdammar av betong.

Att konstruera dammar i betong ger stora möjligheter till varierad form. Det är ett material som ofta används till dammar i offentlig miljö, men fungerar även utmärkt att använda för mer naturliga dammar och trädgårdsdammar. Fördelen med en betongdamm är dock att den kan fungera i hundra år vilket inte många andra material kan mäta sig med. Det minskande antalet nyanlagda dammar i trädgårds- och offentlig miljö beror till största delen på att andra "lättare" material tagit över marknaden. Förr hade man inte så stora valmöjligheter utan alternativen stod mellan betong och lera. Idag finns det däremot en mängd olika material att välja mellan som t.ex. plast och gummi som anses mer lättanlagda. Den enda nackdelen med de moderna materialen är att de kan anses mindre estetiskt tilltalande om de syns ovanför vattenlinjen, vilket inte blir ett problem om man istället bygger med betong. Dessutom har en välgjord damm i betong rimligen längre livstid än något annat material (Bird 2005:48, Lönngren 1996:5).

Nackdelarna med betongdammar är enligt Swindells (1997:84-85) att nyblandad betong bara är arbetbar en kort tid efter att den blandats och hårdnar inom några timmar. Om man tänker använda färdigblandad betong är det viktigt att betongarbetet blir färdigt så fort som möjligt innan det hårdnar. Beställd betong kommer levererad oavsett väderleksförhållande och måste genast tas omhand, om det då regnar kan det bli stora problem beroende på att betongen måste skyddas från regnet för att inte bli för lös i konsistensen eller bortspolad. Detta problem slipper man om betongen blandas på plats, nackdelen är att det är svårt att väga upp rätt proportionering av cement, ballast och vatten för att få en vattentät betong. Att själv anlägga en betongdamm kräver att man har en del vana och kunskap om materialet, annars kan dammen vara förstörd inom några år (Allison 2003:44).

Vinterskador är ett överhängande hot mot betongdammar. Det är därför viktigt att vidta åtgärder mot det, för även den mest professionellt gjorda dammen kan bli skadad under en svår vinter. Problemet orsakas av det ökade trycket mot betongdammens sidor när vattnet fryser till is. Om inget görs för att avleda trycket så kan dammsidorna spricka. Men genom att lägga en gummiboll eller träbit i vattnet innan det fryser så riktas istrycket mot dessa föremål istället för mot dammens sidor (Swindells 1997:84-85).

Ett annat problem är betongens påverkan på vattnet, (se intervjuer). Betongytan släpper ifrån sig en del kalk när dammen vattenfylls vilket höjer pH värdet hos vattnet. Detta kan leda till att växter och fisk inte kan överleva i dammen, samt att man kan få en oönskad algdillväxt. Alger gynnas av ett högt pH-värde >8 och av vattenledningsvatten med KH (karbonathårdhet) >15 (Eriksson m.fl. 2001:66-71).

Genom att tömma och fylla dammen med vatten några gånger innan man slutligen fyller den neutraliseras kalken. Hjälper inte vattenbyte kan pH-värdet sänkas genom att torvblock läggs i dammen eller att dammen tillsätts citronsyra, fosforsyra eller färdiga pH sänkingsmedel (Allison 2001:46; Eriksson m.fl. 2001:66-71).

5 Resultat av intervjuer.

De intervjuade är Håkan J, Håkan Å och Peter¹. Intervjun bestod av följande frågor:

1. Dammtyp/användning
2. Erfarenheter av vattenpåverkan på betong, frostsprängning/korrosion.
3. Dagvatten, dricksvatten el grundvatten i dammen, restriktioner angående saltning i närheten av objekt.
4. Betongsort/vattencementtal, tillsatsmedel vattenreducerande/luftporbildande.
5. Efterbehandling av betongen typ täckning, vattning under hårdnandet. skillnad på årstider täckning/vattning Ytbehandling.

Dammtyp/användning:

Håkan J som var projektledare för dagvattendammarna i Augustenborg svarade att dammarna där används som fördröjningsmagasin vid regn samt för att höja estetiken i området. Dammarna är vattenfyllda året runt. Håkan Å var projektledare vid byggandet av en vattenlekplats vid Rosengård i Malmö. Dammarna på lekplatsen används för lek och måste tåla höga påfrestningar från lekande barn. Dammarna töms på vatten under vintern. Peter har hand om skötseln av dammar i Trelleborg, vilka består av fontäner, plaskdammar och prydnadsdammar.

Erfarenheter av vattenpåverkan på betong, frostsprängning/korrosion:

Angående erfarenheter av frostsprängning och korrosion på dammar svarade Håkan J att de inte hade några problem med detta utan istället var problemet att vattnet behövde skyddas mot betongen. Betongen bidrar till kalkutfällningar i vattnet vilket höjer pH-värdet som leder till ökad algutväxt. I vissa fall förvandlas vattnet till en grön algsörja under sommarmånaderna på grund av betongens kalkutfällning. Håkan Å hade inte heller märkt av några problem på sina dammar. Det är ovanligt med denna typ av skador på betong idag, eftersom man har större kunskap, bättre metoder och material än man hade förr i tiden. Angående sprickor i betongen har betong en förmåga att självlaga mindre sprickor och därmed hindra korrosion och vatteninträngning. På äldre betongobjekt från 50-talet och äldre är det vanligt att man ser påverkan av karbonatisering orsakat av regnvatten. Peter menade att man på nyare dammar inte har sett några skador, däremot har man på äldre dammar genomfört en del lagningar och reparationer.

Dagvatten, dricksvatten el grundvatten i dammen, restriktioner angående saltning i närheten av objekt:

Vattnet i dammarna består i Håkan J's fall av dagvatten från tak och gårdar i området. Någon saltning runt dammarna förekommer troligtvis inte. Enligt Håkan Å används kommunalt dricksvatten som pumpas runt och cirkulerar genom reningsfilter i dammarna. Påfyllnad av vatten sker automatiskt efterhand som det avdunstar. Saltning runt dammarna är inget som är reglerat vid projekteringen men förekommer troligen inte eftersom det är grusgångar på området vilka normalt inte brukar saltas. Peter svarade att kommunalt dricksvatten används i dammarna. Dessutom sker ingen saltning i Trelleborgs kommun.

¹ Håkan Johannesson Miljöbyggarna Malmö intervjuad v. 9. Håkan Åkesson Mark & Miljö Malmö intervjuad v. 9. Peter Dyberg kommunal teknik Trelleborg intervjuad v.11.

Betongsort/vattencementtal, tillsatsmedel vattenreducerande/luftporbildande:

I samtliga fall är betongen levererad av betongtillverkare. Betongsort, vct och tillsatsmedel som vattenreducerande och luftporbildande medel är enligt Håkan J att vi har använt en k40 betong med vct lägre än 0,6 och inga tillsatsmedel är tillsatta betongen. Håkan Å kunde inte svara på vilken betongsort men konsistensen på betongen var jordfuktig vilket medför ett lågt vct som ger en motståndskraftig betong. I betongytan göts det in kullersten där mellanrummet mellan stenarna vattenbegöts vilket kan leda till ett högre vct mellan kullerstenarna. Inga tillsatsmedel är tillsatta betongen. Peter svarade att dammgjutningarna är utlagda på entreprenad och kunde därför inte svara på frågan.

Efterbehandling av betongen typ täckning, vattning under hårdnandet. Skillnad på årstider täckning/vattning Ytbehandling:

Detta har enligt Håkan J utförts genom att betonggjutningarna och grundläggningen är anpassande efter årstid och väderlek för att eliminera sprickbildning och frostsador. Täckning av betongen sker året om för att förhindra snabb uttorkning under sommaren samt under vintern för att inte betongen skall kylas ned. Varma och soliga dagar eftervattnas betongen och hålls fuktig tills den härdat. Någon ytbehandling för att skydda betongen från vatten har inte ansetts nödvändig på grund av betongens kvalitet. Håkan Å ansåg att det var viktigt med vattning och täckning av betongen under sommarhalvåret och täckning under vinterhalvåret. Ytbehandling på betongen har inte ansetts nödvändig. Peter kunde inte svara på frågan på grund av att dammgjutningarna är utlagda på entreprenad och är därför inte delaktig i arbetet med efterbehandling.

6 Resultat av besiktningar.

För att undersöka skadebilden på nya respektive äldre betongdammar genomfördes en okulärbesiktning av betongdammar av olika åldrar och miljöer i Malmö.

Följande faktorer studerades:

1. Läge/beskrivning av omgivningen.
2. Dammtyp/användning.
3. Ungefärlig ålder.
4. Skador/typ av skador.
5. Trolig orsak.

Damm 1. Rörsjöparken, Malmö.



Bild 1: Rörsjöparken.



Bild 2: Sprickor och lagning

Dammen ligger centralt belägen mitt i Rörsjöparken omgiven av gräs. Vid den norra sidan av dammen ligger den starkt trafikerade Drottninggatan. Dammen används huvudsakligen som plaskdamm för barn under sommarhalvåret och är tömd på vatten under vinterhalvåret. Enligt Gunnar Eriksson² på parkförvaltningen i Malmö kommun stod dammen färdig år 1938.

Överallt längs kanterna på dammens insida och över hela botten är betongen sprucken. På några ställen har bitar av betong helt lossnat och fallit bort vilket har lett till stora sår i betongytan. Sporadiska lagningar har förekommit vilket syns på Bild 2 där sprickan som leder till lagningen fortfarande är kvar.

Trolig orsak till skadorna är frostsprängning då porerna i betongen varit vattenfyllda när frosten kommit och frusit till is. Dammen har troligen en grovt gjuten stomme i betong som

² Muntlig källa. Gunnar Eriksson parkförvaltningen Malmö kommun.

sedan har putsats med ett finkornigt cementbruk för att kunna få fram en jämn och slät yta. Om vatten letar sig fram genom sprickor i cementputsens in till stommen så sprängs puts-skiktet loss från stommen vid frysgrader. Trycket som uppstår mellan stomme och puts kan få sprickorna att spridas långt ut från initialstället och därmed accelererar skadan över dammen följande vintrar om man inte lagar sprickor i initialskedet. (A) på bild 2 visar en lagning som utförts i dammen. Här är det viktigt att hela sprickan samt att all lös puts knackas bort och fylls med lagning. Genom att lyssna på ljudet då man knackar på putsen kan man avgöra om denna har släppt från underlaget eftersom ljudet hörs ihåligt där putsen släppt. Detta kallas "bom". (B) visar en spricka i putsen som leder till lagningen. Att inte sprickan har lagats kommer med stor sannolikhet leda till att sprickbildningen fortsätter. Lagningen har varit helt förgäves.

Damm 2. Augustenborg, Malmö.



Bild 3: Dagvattendamm.



Bild 4: Frostsprängning.

I Augustenborg är det anlagt ett antal dagvattendammar som är ca fem år gamla. Dammarna har till funktion att samla upp och fördröja regnvattnet och därmed minska belastningen på det kommunala avloppssystemet. Vattnet i dammarna kommer från taken och de hårdgjorda ytorna i området. Dammerna som visas på Bild 3 ligger i utkanten av området, ut mot Lantmannagatan. I dammens betongyta har det gjutits in kullersten.

Några direkta skador på dammen kunde inte upptäckas men något som fångade mitt intresse är det som (A) visar på Bild 4. Här ser det ut som cementpastan har vittrat/smulats sönder och frilagt ballasten. Orsaken till detta tror jag beror på frostsprängning, det skadade området ligger strax ovanför vattenytan där betongen kan ha innehållit en del vatten genom vätsketryck och diffusion från dammens vatten. Under vintern har sedan vattnet i betongen längs vattenlinjen frusit och sprängt sönder ytskiktet, vatten som fryser expanderar sin volym med 9%. Enligt teorierna så är det just i vattenlinjen på betongkonstruktioner som betong är som känsligast för skador. Anledningen till att jag inte tror att det är andra sorters angrepp på betongen beror på dammens låga ålder.

Damm 3. Trädgårdsdamm, Tygelsjö.



Bild 5. Trädgårdsdamm.



Bild 6. Spricka, högt vct.

Denna damm är en privat trädgårdsdamm i Tygelsjö mellan Malmö och Vellinge. Dammen är troligen mellan fem och tio år gammal.

Problemet med denna trädgårdsdamm är att efter att den fyllts med vatten upp till halva den murade gatstenskanten sjunker vattenytan snabbt ner till nivån som bilden visar (A).

Orsaken till läckaget troddes av ägaren bero på de tunna sprickor som löper längs dammens sidor och botten (C).

Eftersom vattnet inte fortsätter att sjunka under nivå (A) tror jag att det beror på att betongen har högt vct vilket leder till att den är genomsläppligare för genomträngande vatten pga. vätsketransport genom kapillärsugning (se Figur 3). Skarven mellan betongdammen och den murade gatstenskanten samt skarvarna mellan gatstenarna är troligtvis inte vattentäta utan bidrar till att vatten kan läcka/diffundera ut. Skarvar mellan olika material är nästintill omöjliga att få täta med enbart betong eller murbruk, istället krävs det att insidan av dammen beläggs med ett vattentätande ytskikt.

Damm 4. Folketspark, Malmö.



Bild 7: Plaskdamm.

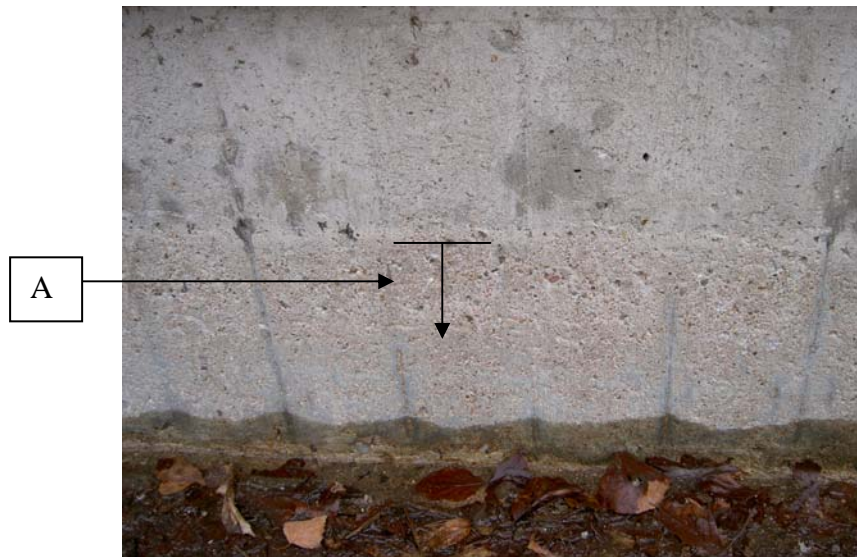


Bild 8: Kemiskt angrepp.

Plaskdammen i Folketspark Malmö, anlades år 2002 (Malmö 2006). Under vinterhalvåret används plaskdammen som skridskobana. Dammen är till hälften vattenfylld under sommarhalvåret och under vinterhalvåret är den fylld upp till ca 3-4 cm vatten som ska utgöra isen när det fryser. Troligtvis innehåller dammen kommunalt dricksvatten.

Något som syns direkt när man tittar på dammen är den bård (A) av vittrad betong som sträcker sig runt hela dammen i höjd med normalvattenståndet under sommarhalvåret. Under bården/vattenlinjen är betongytan också vittrad fast inte lika mycket som i vattenlinjen. Cementpastan i ytskiktet har vittrat bort och blottar ballasten.

Orsaken till detta kan vara många men de faller troligen inom ramen för kemiskt angrepp. Vattencementtalet i betongen kan ha varit för högt och bidragit till en porös betong med låg

motståndskraft mot yttre angrepp. En annan trolig orsak kan vara att vattnet i dammen innehåller kolsyra och klorider som kan finnas naturligt i vattnet eller tillföras från atmosfären, vilka reagerar med betongens kalciumhydroxid och bryter ned denna, troligtvis kan det vara en kombination av både högt vct och karbonatisering. (se vidare kap. 3).

Damm 5. Folketspark, Malmö.



Bild 9: Prydnadsdamm.

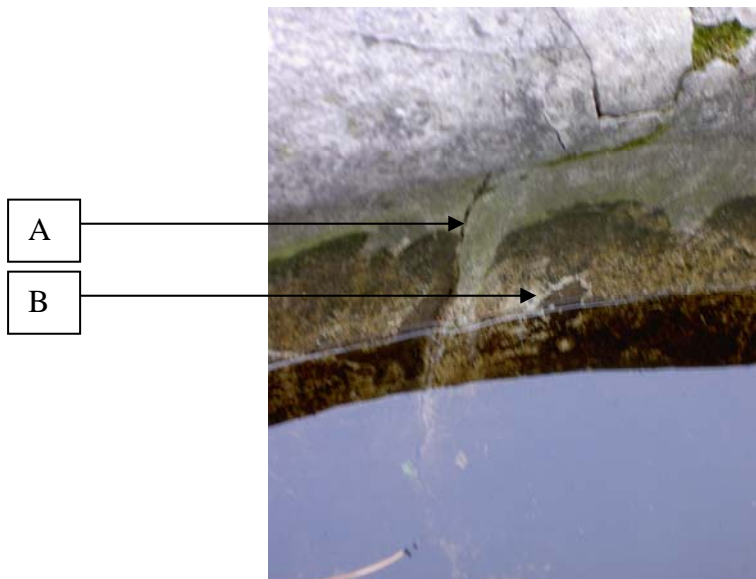


Bild 10: Spricka och sulfatangrepp.

Prydnadsdammen placerades i folketspark 1935³. Betongen i dammen är i förvånansvärt gott skick med tanke på dess ålder samt att det finns dammar som bara är några år gamla men där man redan kan se början på angrepp. På Bild 10 ser man kanten av dammen med två djupa sprickor (A) som löper över kanten och ner längs med botten på dammen. Sprickorna är troligtvis ganska gamla då man ser att det växer mossa i dem.

Orsaken till sprickorna kan vara dålig grundläggning och bristfällig armering som lett till att dammen satt sig och sprickorna uppkommit. Alternativt att dammen varit vattenfylld under vintern och det frusna vattnet har pressat ut dammens sidor och orsakat sprickbildningen. Spricka (B) i Bild 10 är mer intressant och kan vara sulfatangrepp av vatten som innehåller vattenlösliga sulfater (salter). Sulfatjonerna (SO_4^{2-}) bildar gips med de kalciumjoner (Ca^{2+}) som finns i betongens porvatten. Det vita i sprickan är gips som utkristalliserats ur betongen. När sprickorna uppkom och hur länge de har funnits vet jag inte men sprickor leder till att

³ Muntlig information, Kansliet folketspark, Malmö.

nedbrytningsprocessen tilltar och går djupare in i betongen. Mindre sprickor som täpps igen av gips reparerar sig själv och nedbrytningen avtar.

7 Analys av intervjuer och besiktningar.

När det gällde dammtyp och användning ville jag undersöka om det fanns skillnader på angrepp beroende på om dammarna är vattenfyllda året runt eller tömda på vatten under vintern. I Augustenborg var dammarna vattenfyllda året runt medan dammarna i Rosengårds vattenlekplats och i Trelleborg var tömda på vatten under vinterhalvåret. Några skillnader i angrepp beroende av tömda eller vattenfyllda dammar framkom inte i intervjuerna.

Några problem med angrepp är inte känt på nyare dammar, dit räknas dammar från 60 – talet fram till idag medan äldre dammar visade tecken på angrepp och blev därför kontinuerligt lagade. Anledningen till att nya dammar inte sades uppvisa några angrepp kan bero på att de angrepp som hittades vid okulärbesiktningen inte var så omfattande att de orsakat någon märkbar försämring av dammarnas funktion. Med tiden kommer även dessa dammar att behöva repareras.

Vattnet i de dammar som behandlades i intervjuerna bestod av kommunalt dricksvatten och dagvatten, samtliga även med en viss del regnvatten. Den ursprungliga tanken var att undersöka om man kunde se någon skillnad på angreppen på dammarna beroende på var vattnet kom ifrån. I intervjuerna framkom inte några skillnader på angrepps bilden på betongdammar orsakat av var vattnet kom ifrån.

Genom intervjuerna gavs en bild av vilka problem som upplevs med dammar under anläggningsfasen och med den efterkommande skötseln. Enligt intervjuerna användes k40 betong med vattencementtal $<0,6$ och i samtliga fall utan tillsatsmedel. Någon ytterligare behandling som ytbehandling ansågs inte nödvändig för att påverka betongens vattentäthet. Detta stämde bra med teorierna i litteraturstudien som visade samma resultat angående vct och ytbehandling.

Förfarandet efter anläggandet av betongen har en avgörande betydelse för betongens motståndskraft mot angrepp. Olika metoder tillämpas före och efter gjutning beroende på årstid och klimat. Detta var de intervjuade väl medvetna om och hade tillämpat erforderliga åtgärder vid förfarandet med betongens efterbehandling. Dammarna uppvisade inga brister eller angrepp initierade av en dålig efterbehandling som skulle lett till sprickbildning eller försvagning av betongen.

Oculärbesiktningarna visade inte riktigt vad jag förväntade mig att jag skulle se, med några undantag. Nyare dammar uppvisade inga allvarliga skador påverkade av vatten vilket också framkom av intervjuerna men ändå var dammarna som jag undersökte (Augustenborg och plaskdammen i Folkets park) märkbart påverkade på något sätt av frostsprängning och kemiska angrepp. Gemensamt för de bägge dammarna är att skadorna är belägna i vattenlinjen, detta var väntat då litteraturstudien visade att det är främst i fluktuerande miljö som skador uppstår. Anmärkningsvärt var att den troliga frätningen (karbonatiseringen) i folkets parks plaskdamm var så tydlig trots anläggningens låga ålder.

De nyare dammarna i Augustenborg och plaskdammen i Folkets park visade trots sin låga ålder en märkbar påverkan av frostsprängning och kemiskt angrepp. Frostsprängning är ett angrepp som sker snabbt, därför är det inte konstigt att sådana skador kan synas på relativt nya dammar. Orsaken till frostsprängning är att luftporerna i betongen är vattenfyllda, när vattnet fryser till is expanderar vattnet och ytskiktet på betongen lossnar. En annan bidragande orsak till skadorna på dagvattendammen i Augustenborg kan vara nötning från istäcket på dammen. Båda alternativen verkar rimliga då skadan skett i anslutning till vattenlinjen.

Gällande de äldre dammarna var en av dem i riktigt dåligt skick, som plaskdammen i Rörsjöparken där ytskiktet är helt sprucket och på väg att lossna. Prydnadsdammen i Folkets park hade förutom de två sprickorna hade en väldigt fin, jämn och slät yta utan småsprickor och vittringsskador, vilket inte motsvarade mina förväntningar. Jag tror att skillnaden på de äldre dammarna med tanke på hur de ser ut idag beror på gjutmetoder, storlek, underhåll och användning. Vattenkvalitén är densamma i de två dammarna, det vill säga kommunalt dricksvatten och en del regnvatten. Prydnadsdammen i Folkets park är troligen gjuten inomhus i en kontrollerad miljö, samt att den troligen är homogen det vill säga att den inte är belagd med ett cementbaserat ytskikt gör den mer motståndskraftig mot angrepp. Den sämre dammen i Rörsjöparken är troligen grovgjuten på plats i utomhusmiljö och sedan pålagda ett cementbaserat ytskikt. Pålagda ytskikt (puts) har en trolig tjocklek på ca 1-3 cm kan vara känsligare för angrepp beroende på att övergången mellan betongstomme och puts inte är lika stark som en homogen konstruktion. Uppstår sprickor i en putsad konstruktion och det kommer in vatten i sprickan och mellan betongstomme och puts så går nedbrytningsprocessen mycket snabbt främst genom frostsprängning när vattnet fryser.

8 Diskussion.

När jag valde att undersöka hur vatten påverkar betong i dammar trodde jag att det var ett stort problem som fanns. När man går runt och tittar på byggnader av betong är det inte sällan man ser olika sorters skador i olika omfattningar, främst frostsprängningar och korrosion. Detta fick mig att vilja undersöka om skador är vanligare och mer omfattande i dammar där betongen står under en delvis ständig vattenpåverkan. Betong som står under en konstant miljö blir inte lika påverkad av angrepp som en betong som utsätts för varierande miljöer. Den mest aggressiva miljön för betong är normal rumstemperatur samt betong som utsätts för upprepande fukt och torka. Därför är en konstant vattenfylld damm mindre utsatt för angrepp än t.ex. en husfasad. Därför är det viktigt att man vid konstruerandet av dammar är extra noga med betongen i den tänkta vattenlinjen där risken för skador är störst. Kanske borde inte dagvattendammar med låg skötselintensitet utföras i betong.

Troligtvis är det inte bara en sorts angrepp som verkar mot betongdammar, utan det är en kombination av flera angrepp. En sorts angrepp kan leda till en öppning för en annan sorts angrepp osv.

Det var inga problem att hitta dammar som uppvisade någon form av stora som små angrepp av varierande former och det fanns något på alla dammar jag undersökte inför arbetet. Frågan är hur angreppen påverkar dammens funktion och estetik samt i vilken mån och omfattning det är acceptabelt innan åtgärder måste vidtas för att stoppa angreppen. Säkert är att alla dammar förr eller senare visar spår av inre eller framförallt yttre påverkan. Detta fick mig att fundera på hur man klassificerar skador och var gränserna går för att en påverkan på betong skall ses som en skada, estetiskt och funktionellt?

Jag hoppas inte att detta arbete avskräcker någon ifrån att anlägga dammar i betong, i detta arbete har det inte gjorts några jämförelser med andra materials för och nackdelar utan fokus har helt lagts på betong framställt med Portlandcement. Alla material har sina svagheter och fördelar, det som istället kan tas i anspråk för att avgöra vilket material man väljer att använda till sin dammkonstruktion är estetik, funktion, ekonomi, storlek samt egen insats i form av skötsel, intresse och kunskap.

9 Slutsats.

- Med den betong som finns på marknaden idag om den är rätt blandad, anlagd, efterbehandlad och med ett vct tal under 0.6 är risken för vattenrelaterade skador på betongdammar väldigt låg. Nyckelfaktorn för en motståndskraftig betongdamm är betongens vct tal samt att porerna i betongen skall vara många och små. Detta kallas med ett ord för betongens permeabilitet, vilket anger betongens genomsläpplighet för vätskor och gaser.
- Skillnader på angreppen, beroende på inkommande vatten spelar inte så stor roll för vilken typ av skador som kan uppträda på dammen. Undersökningen i arbetet har jämfört dammar med vatten från det kommunala dricksvattnet och dagvatten.
- De flesta vattenrelaterade angrepp och skador sker i och omkring vattenlinjen.
- De vanligaste angrepp är frostangrepp, armeringskorrosion, kemiska angrepp och sulfatangrepp.
- Betong är som motståndskraftigast i konstanta miljöer.
- Intervjuerna visade att det inte förekom några nämnbara skador och angrepp på nyare dammar, det lades stor vikt på vct talet och efterbehandlingen av den nygjutna betongen.
- Enligt litteraturstudien har trädgårdsdammar i betong en överlägset bättre livslängd jämfört med andra material, både i fråga om åldersbeständighet, slitage och mekaniska skador.
- Litteraturstudien och intervjuerna visade på att ytbehandling på och tillsatsmedel i betongen inte behövs för att uppnå en "vattentät" betong, om man använder en betong med vct under 0,6 samt att betongen skall vara rätt anlagd och efterbehandlad under härdningstiden.
- Ockulärbesiktningarna visade att alla dammar var utsatta för något slags angrepp som tex. frostsprängning i form av sprickbildning och lossnande av ytskikt, kemiskt angrepp i form av karbonatisering samt en damm tillverkad med en betong med lågt vct tal vilket kan initiera framtida angrepp på betongen.
- För trädgårdsdammar och dammar i offentlig miljö anses det inte vara nödvändigt med ytbehandling av betongen samt att tillsatsmedel i form av luftporbildande- eller vattenreducerande medel behövs för att öka betongens motståndskraft mot vattenrelaterade skador och angrepp.
- Det stora problemet med betongdammar var enligt intervjuerna inte vattnets påverkan på betongen, utan istället betongens påverkan på vattnet.

Källförteckning.

Litteratur.

Allison James (2003). Water in the garden. Surrey: Interpet Publishing.

Bartha Stefan (1998). Konstruktion och korrosion. Kap 7, Byggnadsmaterials beständighet. Svedala:

Betongbanken (2006-08-06). Hållfasthet. [Elektronisk] Tillgänglig:
<http://www.betongbanken.com/index.aspx?s=3112> [2006-08-06].

Bird Richard (2004). Dammar. Trädgårdsexpertens bästa råd & tips. Stockholm: Albert Bonniers förlag AB.

Burström Per Gunnar (2001). Byggnadsmaterial. Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper. Lund: Studentlitteratur.

Eriksson Börje, Johansson Bertil K och Schyllander Pär (2001). Trädgårdsdammar. Västerås: ICA bokförlag.

Gillberg Björn, Fagerlund Göran, Jönsson Åsa och Tillman Anne-Marie (1999). Betong och miljö. Betong som byggnadsmaterial. Stockholm: AB svensk byggtjänst.

Hellström Bo, Granholm Hjalmar och Wästlund Georg (1962). Betong. Stockholm: Natur och kultur.

Lindberg Yngve, Pilström Helen, Wahlström Ebba (1996). Kemi för gymnasieskolan. Stockholm: Natur och Kultur.

Lönngren Gabriella (1996). Gröna Fakta, Dammar 5/96. Alnarp: Movium.

Malmö kommuns hemsida (2006-06-06). Folketsparks historia.[Elektronisk] Tillgänglig:
<http://www.malmo.se/parkerstrander/parkerao/folketspark/historik.4.33ae30d103b8f159168000109617.html> [2006].

Möller Göran, Petersons Nils och Samuelsson Paul (1980). Betonghandbok. Material. Stockholm: Svensk byggtjänst.

Sandford Folke (1966). Byggnadsmaterial. Kemi. Stockholm: Svenska bokförlaget.

Svenska betongföreningen (1991). Beständiga betongkonstruktioner. Rapport nr 1. Svenska betongföreningen.

Swindells Phillip (1997). The master book of the water garden. London: Salamander books Ltd.

Tuutti Kyösti, Cement- och betonginstitutet (1983). Betongteknik. Stockholm:

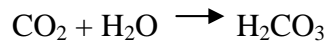
Bilaga 1. Kemiska beteckningar.

Tabell 5

Grundämne	Namn
C	Kol
K	Kalium
O	Syre
Ca	Kalcium
Cl	Klor
Al	Aluminium
Si	Kisel
Fe	Järn
Mg	Magnesium
S	Svavel
Na	Natrium

Förklaring till kemiska beteckningar (Lindberg m.fl. 1996):

Kolsyra: Om koldioxid kommer ner i vatten så bildas en liten del till kolsyra, H_2CO_3 .



Kolsyra är en svag syra.

Magnesiumoxid: är en metalloxid och löser sig därför inte i vatten, men är väldigt löslig i saltsyra.

Aluminiumoxid: är varken sur eller basisk och reagerar inte med vattenlösningar.

Järnoxid:

Gips: är kalciumsulfat, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Bränd gips, $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ innehåller mindre kristallvatten än gips. När vatten tillförs tas det upp och gipset hårdnar. Bränd gips finns i cement för att bruket snabbt ska börja stelna efter gjutningen.

Natriumoxid: är starkt basisk och löslig i vatten. Reaktionen med vatten ser ut så här:

