

Betongskador i vattenverk

Mikael Jacobsson



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SVU) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Rörnät & Klimat
Avlopp & Miljö
Management

SVU styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Anna Linusson, Ordförande
Daniel Hellström, Utvecklingsledare
Lena Blom
Tove Göthner
Bertil Johansson
Stefan Johansson
Johan Olanders
Lisa Osterman
Hans Bertil Wittgren
Carl-Olof Zetterman

Svenskt Vatten
Svenskt Vatten
Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad
Sveriges Kommuner och Landsting
Norrwater
Skellefteå kommun
Ovanåkers kommun
Örebro kommun
Sweden Water Research/VA SYD
SYVAB

Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 14057
167 14 Bromma
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se
Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Betongskador i vattenverk
Title of the report:	Concrete damages in water plants
Författare:	Mikael Jacobsson, CBI Betonginstitutet AB/SP/RISE
Rapportnummer:	2016-18
Antal sidor:	60
Sammandrag:	Betongskador som kan påträffas i ett vattenverks betongkonstruktioner presenteras. Skadornas orsaker och placering i ett vattenverk presenteras.
Abstract:	Concrete damages that may be found in water plant concrete structures are presented. Causes and placement of damages are shown.
Sökord:	Betong, bassäng, skada, korrosion, rost, vattenverk
Keywords:	Concrete, basin, damage, corrosion, water plant
Målgrupper:	Vattenverkspersonal
Omslagsbild:	Bilden visar undersidan av ett snabbfilter med omfattande armeringskorrosion och kalkavlagringar. Risken för allvarliga interna skador föreligger, vilket i sig kan äventyra hela konstruktionen bärighet. Foto: Mikael Jacobsson, CBI Betonginstitutet AB
Rapport:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2016
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB
Om projektet	
Projektnummer:	15-114
Projektets namn:	Material och metoder vid reparation av betongkonstruktioner i direktkontakt med vatten
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling, CBI Betonginstitutet AB

Förord

Betong är i särklass det vanligast förekommande materialet i svenska vattenverk och även om betong är mycket hållfast finns det flertalet kemiska och fysikaliska processer som påverkar betong negativt. Nedbrytningen kan oftast ses på bassängsidornas betongytor, våta som torra. Dock är det inte helt ovanligt att skador uppstår även inuti en betongkonstruktion utan att det syns på utsidan. Oavsett var skadorna debuterar kan tillsynes obetydliga betongskador göra att konstruktionens bärighet försämras avsevärt.

CBI Betonginstitutet utför åtskilliga tillståndsbedömningar på betongkonstruktioner runt om i Sverige varje år. I många fall visar det sig att konstruktionerna är i relativt dåligt skick när vi väl anlitas. Troligen beror detta på att de flesta skador utvecklas mycket långsamt och gradvis. Dessutom är personalen inte alltid medveten om hur betongskador kan se ut eller hur allvarliga de kan vara. Om medvetandegraden gällande betongskador hos de som arbetar på vattenverk skulle höjas, skulle troligen många betongskador upptäckas tidigare och reparationer skulle kunna sättas in innan skadorna har blivit allvarliga och därmed kostsamma att åtgärda. Därför är det mycket välkommet att Svenskt Vatten Utveckling har valt att satsa på denna inledande studie vars syfte är att övergripande undersöka statusen på de svenska vattenverkens betongkonstruktioner.

Syftet med denna rapport är att ge en introduktion till betongskador och skadeorsaker i vattenverk. Rapporten är också tänkt att inspirera vattenverkens personal att lägga märke till betongskador i tid. Detta för att undvika mycket genomgripande reparationer av allvarligare skador i framtiden. Dessutom kan det vara så att även om en skada upptäcks, behöver den inte alltid repareras direkt. Istället bör man, om man finner en skada låta en betongexpert utföra en tillståndsbedömning på konstruktionen. Detta innebär att man undersöker omfattningen av konstruktionens skador, om de behöver repareras omedelbart eller senare, vilken form av reparation som bör utföras och med vilka material. Man kan också få rekommendationer om hur den reparerade konstruktionen kan skyddas i fortsättningen. Om en reparation inte behövs utföras direkt bör istället konstruktionen övervakas med vissa tidsintervall. För den som blir intresserad av betong i kontakt med vatten, finns det sist i rapporten exempel på litteratur i vilken man kan börja med.

Detta projekt är finansierat av Svensk Vatten Utveckling. Jag vill tacka den personal på svenska vattenverk som har guidat och försett mig med material till denna rapport. Speciellt vill jag tacka Svante Sjöholm vid Sydsvatten, Ulf Lundell vid NSVA, Mattis Mellander vid Stockholm vatten, Anders Tell vid Örebro kommun, Mats Kindahl vid Norrköpings kommun, Charlotte Lindstedt, Karolina Odenmarck, Daniel Lundell och Maria Wikström vid Kretslopp och Vatten i Göteborg. Dessutom vill jag tacka er som tog er tid att svara på projektets webbenkät.

Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning	6
Summary.....	7
1 Allmänt om vattenverk.....	8
1.1 Ytvattenverk.....	8
1.2 Grundvattenverk.....	8
1.3 Konstgjord infiltration	8
2 Resultat på utskickad enkät	10
3 Betongskador i vattenverk.....	11
3.1 Synliga betongskador	11
3.2 Icke synliga betongskador	22
4 Orsaker till betongskador i vattenverk.....	25
4.1 Armeringskorrosion	26
4.2 Eroderande ytangrepp	26
4.3 Frostangrepp.....	26
4.4 Kemiska angrepp.....	27
4.5 Urlakning	27
4.6 Inre expansiva angrepp	27
4.7 Ytliga expansiva angrepp	28
4.8 Temperatur och fuktnrelaterade rörelser.....	28
4.9 Över-/Olyckslast	28
4.10 Bakteriella angrepp.....	28
4.11 Andra skadeoraker	29
5 Betongskador längs med vattenreningsprocessen	30
5.1 Grovfiltrering	30
5.2 Luftning	30
5.3 Flockning.....	31
5.4 Sedimentation.....	34
5.5 Efterbehandling.....	38
5.6 Slamhantering.....	39
5.7 Bassängernas utsidor	39
5.8 Reservoarer: Vattentorn och magasin.....	45

6	Exempel på andra skador i betongkonstruktioner i vattenverk	49
6.1	Exempel 1	49
6.2	Exempel 2	49
6.3	Exempel 3	50
6.4	Exempel 4	51
7	Förslag på fortsatta arbeten	53
7.1	Tillståndsbedömningar	53
7.2	Riktlinjer/gränsvärden	54
7.3	Utbildning	55
7.4	Forskning	55
8	Förslag på litteratur	56

Sammanfattning

Rapporten ger en översikt över betongskador i svenska vattenverk. Den presenterar bilder på typiska betongskador, hur de kan uppstå och var man kan hitta dem i vattenreningsprocessen. Den ska inspirera vattenverkens personal att lägga märke till betongskador i tid. Detta för att undvika mycket genomgripande reparationer av allvarigare skador i framtiden.

Betong är det i särklass vanligaste materialet i svenska vattenverk. Det är mycket hållfast, men det finns det flera kemiska och fysikaliska processer som påverkar materialet negativt. Nedbrytningen av betongen kan ses på bassängernas sidor, både våta och torra. Men det är inte helt ovanligt att skador uppstår även inuti en betongkonstruktion utan att det syns på utsidan. Oavsett var skadorna börjar kan tillsynes obetydliga betongskador göra att konstruktionens bärighet försämras avsevärt.

De flesta vattenverk lider av likartade betongskador. Yterosion och urlakning av betongytan är de vanligaste formerna av synliga betongskador på den våta sidan. På den torra sidan är det vanligare med armeringskorrosion, sprickbildning och läckage. De skador som är vanligast inuti en betongkonstruktion är expansion, korrosion och svartrost. Svartrost bildas när armeringsjärn korroderar under syrefattiga förhållanden. Den expanderar inte på samma sätt som annan rost utan kan fylla ut håligheter i betongen utan att det syns på ytan. De inre skadorna är särskilt allvarliga eftersom det kan vara svårt att observera dem utan att det görs en utförlig tillståndsbedömning. Inre skador kan på sikt göra att hela konstruktionens bärighet går förlorad. Därför är det viktigt att regelbundet låta undersöka betongkonstruktionerna.

Projektet genomfördes av CBI Betonginstitutet, som utför åtskilliga tillståndsbedömningar på betongkonstruktioner i Sverige varje år. I många fall visar det sig att konstruktionerna är i relativt dåligt skick. Troligen beror det på att de flesta skador utvecklas mycket långsamt och gradvis. Dessutom är vattenverkspersonalen inte alltid medveten om hur betongskador kan se ut eller hur allvarliga de kan vara. Om medvetenheten hos personalen höjdes skulle troligen många betongskador upptäckas tidigare och reparationer skulle kunna sättas in innan skadorna har blivit allvarliga och kostsamma att åtgärda.

Även om en skada upptäcks behöver den inte alltid repareras direkt. I stället bör man om man hittar en skada låta en betongexpert utföra en tillståndsbedömning på konstruktionen. Det innebär att man undersöker omfattningen av konstruktionens skador, om de behöver repareras omedelbart eller senare, vilken form av reparation som bör utföras och med vilka material. Man kan också få rekommendationer om hur den reparerade konstruktionen kan skyddas i fortsättningen. Om en reparation inte behöver utföras direkt bör i stället konstruktionen övervakas med vissa tidsintervall.

Summary

The report is intended to be a brief introduction to concrete damages that may be found in water plants. Typical concrete damages are presented along the water treatment process in a water plant.

Most water plants suffer from similar concrete damages. On the wetter side of a concrete structure the most common damages are surface erosion and leaching, while on the dry side, it is more common with reinforcement corrosion, surface cracking and leakage. The most common damages within concrete structures are mineral expansion and different kinds of corrosion. All damages may evaluate into severe problems. Therefore, it is important to make frequent controls of concrete structures in water plants.

1 Allmänt om vattenverk

Det finns cirka 1 750 kommunala vattenverk i Sverige. Vattenverken använder ytvatten, konstgjort grundvatten eller grundvatten.

1.1 Ytvattenverk

Cirka 10 % av de svenska vattenverken är ytvattenverk vilka producerar ungefär hälften av allt vatten som konsumeras i Sverige. Ytvattenverk är ofta stora och försörjer bland annat de större städerna med vatten. Ytvatten är relativt sett förorenat och kräver därför en ganska avancerad reningsprocess innan vattnet kan distribueras till konsumenterna. Vattnet tas oftast från insjöar och vattendrag. Ytvatten renas på olika sätt beroende på dess egenskaper där ett mer förorenat vatten kräver mer en avancerad reningsprocess. Exempelvis hanterar Stockholm Vatten ytvattnet på följande sätt:

1. Intag
2. Silning
3. Kemisk fällning
4. Snabbfiltrering
5. Långsamfiltrering
6. Desinfektion
7. Slamhantering
8. Vattenreservoarer

1.2 Grundvattenverk

Ungefär 80 % av de kommunala vattenverken är grundvattenverk. Reningsprocessen innehåller oftast relativt få steg då grundvatten ofta håller en bra mikrobiologisk kvalitet. Många grundvatten innehåller järn och/eller mangan som måste luftas eller oxideras bort. Man kan dock behöva ta hänsyn till ämnen som härstammar från berggrunden, till exempel fluorid och uran. I vissa områden har grundvattnet också förorenats av exempelvis pesticider eller vägsalt. Ofta behöver grundvatten inte renas över huvud taget. För många grundvattenverk räcker följande process:

1. Pumpning från brunnen
2. Luftning/oxidation
3. Snabbfiltrering
4. Justering av pH och/eller desinfektion

1.3 Konstgjord infiltration

10 procent av vattenverken i Sverige använder konstgjort grundvatten vilket bildas genom att ytvatten filtreras genom exempelvis grusåsar så att det sedan kan pumpas upp för eventuell efterbehandling och distribution. Pro-

duktion av dricksvatten från konstgjort grundvatten kan innefatta både för- och efterbehandling. En del vattenverk med konstgjord infiltration tar bort humus genom fällning innan vattnet filtreras genom en grusås.

2 Resultat på utskickad enkät

Enkäten skickades ut till samtliga de kommuner som är listade i Svenskt Vattens medlemsmatrikel. Antalet utskickade enkäter är 369, dock var antalet inkomna svar endast 24, vilket bedömdes för lågt för att kunna användas som ett underlag för en statistisk utvärdering. Antalet presenteras i Tabell 2-1, Tabell 2-2 och Tabell 2-3. Svaren har istället använts som urvalsbas för valet av vilka vattenverk som senare skulle besökas.

Tabell 2-1 Ytmaterial som finns hos de svarandes vattenverk som svarade på enkäten.

Ytmaterial	Antal	Mängd
Ren betong	24	100 %
Rostfritt stål	4	17 %
Impregnering	2	8 %

Tabell 2-2 Antalet vattenverkstyper hos de som svarat på enkäten.

Vattenverkstyp	Antal	Procent
Ytvatten	14	58 %
Grundvatten	9	48 %
Kontgjort grundvatten	1	4 %

Tabell 2-3 Antalet betongskador som rapporterats för de 24 vattenverken som svarat på enkäten.

Skadetyper	Antal	Procent
Skador i betongyta	15	63 %
Sprickor	8	33 %
Armeringskorrosion	9	38 %
Betong som lossnar	9	38 %
Bassängkollaps	2	8 %
Renovering utförd	13	54 %

3 Betongskador i vattenverk

Betongskador kan i princip uppstå var som helst i konstruktionen. Av naturliga skäl är det de skador som finns på betongkonstruktionernas ytor som först uppmärksammas och därför har dessa skador också störst chans att bli åtgärdade. Men det finns också skador som kan uppstå inuti en konstruktion och är därför mycket svåra att upptäcka. Att skadan är synlig behöver dock inte alltid betyda att den är allvarlig. Det krävs ofta att en betongexpert undersöker konstruktionerna relativt regelbundet för att utveckling av en skada skall kunna följas. Nedan följer en sammanställning av betongskador som kan förväntas i betongkonstruktioner i svenska vattenverk.

3.1 Synliga betongskador

De flesta synliga skador som uppstår i vattenverks betongkonstruktioner uppstår i kontakten mellan vatten, i någon form, och betong. De flesta synliga skadorna finns runt vattenlinjen på konstruktionernas våta sidor, se Figur 3-1, samt på konstruktionernas torra sidor, se Figur 3-2.



Figur 3-1 Synliga skador på betong uppstår ofta runt vattenlinjen.



Figur 3-2 Läckage och salt/kalk-utfällningar på den torra sidan av en bassäng uppkommer då vatten läcker genom en betongkonstruktion.

3.1.1 Fuktfläckar och läckage

Att vattenskador i form av fuktfläckar och läckage tränger fram lokalt på annars torra ytor, se Figur 3-3, är oftast bara ett kosmetiskt problem, men kan med tiden bli en potentiell riskfaktor för de flesta betongkonstruktioner.



Figur 3-3 Fukt och kalkavlagringar på den torra sidan av en betongkonstruktion.

Vatten som läcker genom en betongkonstruktion kan ge upphov flera olika typer av materialskador, exempelvis urlakning, avskalning och vittring av betongens ytor samt armeringskorrosion inuti en betongkonstruktion. Rostfläckar på en konstruktions yta är oftast ett tecken på att armeringskorrosion förekommer inuti konstruktionen men kan även bero på järnrikt vatten.

3.1.2 Saltutfällning

Saltutfällning på en betongkonstruktion, se Figur 3-4, bildas när fukt har vandrat genom väggen och tagit med sig salter från betongens beståndsdelar. När sedan fukten avdunstar på bassängväggens torra sida bildas saltkristaller. Saltutfällningar syns ofta som ett vitt ludd eller som kristaller, se Figur 3-4. Ju mer porös en betong är från början, desto större kan transporten av salter bli genom betongen. Kraftiga saltutfällningar på betongytan kan vittna om att urlakning skett inuti konstruktionen, vilket på sikt kan leda till betydande beständighetsproblem.



Figur 3-4 Fukt som transporteras genom en betongkonstruktion kan bildas saltkristaller på bassängväggens "torra sida" när fukten avdunstar.

3.1.3 Kalkavlagringar

Även kalk kan fällas ut när vatten vandrat genom en betongkonstruktion, se Figur 3-5. En sådan utfällning är ofta ett tecken på att betongen håller på att lakas ur, vilket på sikt kan leda till ännu större läckage, vilka kan ge bärlighetsproblem. Kalkutfällning sker när kalciumhydroxid från betongen följer med det läckande vattnet mot lägre tryck. När kalciumhydroxiden sedan kommer i kontakt med luftens koldioxid omvandlas denna snabbt till svårslösligt kalciumkarbonat. Ibland återsluts betongens porer genom att kalkutfällningen sker inuti betongens tomrum. Man talar då om att betongen självläker.



Figur 3-5 Kalkutfällning på betongkonstruktions "torra" sida.

Stalaktiter (taket), se Figur 3-6 och stalagmiter (golvet) är exempel på kalkformationer som kan skapas genom att kalk fälls ut.



Figur 3-6 Stalaktiter bildade på undersidan av en betongkonstruktion.

3.1.4 Rostfläckar

Rostfläckar och rostfärgade kalkutfällningar på en betongkonstruktion är oftast tecken på att betongens armering har börjat korrodera, se Figur 3-7.

Eftersom betong är ett material som tål mycket stora tryck, men samtidigt är betydligt sämre på att ta upp de krafter som vill knäcka eller dra i konstruktionen, kompletteras betongen med armeringsjärn. Dessa är sega och tål drag bra. Rostfläckar kan alltså uppstå på betongytan då armeringsjärn rostar men även då järnhaltigt vatten läcker genom betongen och därför färgar betongytan brun.



Figur 3-7 Rostfläckar på en betongkonstruktions utsida.

3.1.5 Spjälkningar

När armeringen i en konstruktion korroderar uppstår en expanderande restprodukt (rost) vilken gör att en spricka bildas i betongytan. Om korrosionen fortgår spjälkas täcksiktet bort och konstruktionens armeringsjärn blottas, se Figur 3-8 och Figur 3-9. På sikt kan detta leda till att en betongkonstruktion försvagas så mycket att bärigheten går helt förlorad och konstruktionen riskerar att rasa. En annan möjlig orsak till allvarliga spjälkningar är frostsador där vatten i betongen fryser och spräcker loss lager av betong, se Figur 3-10.



Figur 3-8 Armeringsjärnen har korroderat och det täckande betongskiktet har därför spjälkats loss.



Figur 3-9 Pelare där det ingjutna armeringsjärnet har korroderat och det täckande betongskiktet har spjälkats av.



Figur 3-10 Del av frostsadad betongkonstruktion. Betongen har spruckit och spjälkats av.

3.1.6 Svartrost

En särskilt allvarlig form av korrosion är svartrost, se Figur 3-11. Svartrost bildas vid korrosion av järn men i en syrefattig miljö. Här löses järnet snarare upp istället för att expandera inuti betongen. Järnjonerna transporteras bort, betongen spricker därför inte som vid vanlig korrosion och kvar blir endast ett hålrum där armeringens plats. Denna process kan leda till en kraftigt försvagad bärighet för konstruktionen utan att det syns på utsidan.



Figur 3-11 Vid svartrost transporteras järnjoner bort så att armeringen riskerar att "försvinna" på sikt.

3.1.7 Sprickor

Sprickor i en betongkonstruktion är nästan omöjliga att undvika då betong nästan alltid spricker vid hårdningen. Mindre sprickor i betong har oftast inte någon större betydelse för en konstruktions bärighet, men kan på längre sikt ge upphov till läckage vilka kan leda till andra sorters problem.

Större sprickor, se Figur 3-12, i en betongyta beror oftast på att armeringen har korroderat och sprickorna följer därför oftast armeringens riktning. Sprickor som är synliga vid ytan kan ibland fortsätta långt in i kon-

struktionen. Det finns även sprickor som går genom hela konstruktioner, vilka därför kan transportera stora mängder vatten. Detta gör inte bara att stora vattenvolymer går förlorade utan ökar även risken för andra typer av nedbrytningsreaktioner. Sprickor kan också uppstå genom isprängning, Figur 3-13.

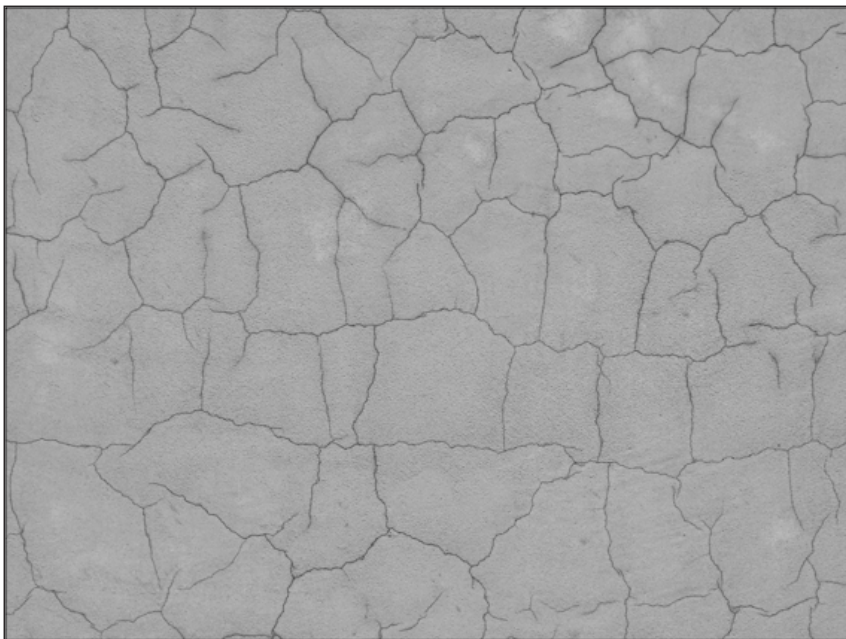
Ett omfattande sprickbildningsmönster i betongytan kallas för krackelering, se Figur 3-14. Sådana sprickor kan bildas genom bland annat frost eller ballastreaktioner.



Figur 3-12 En läckande spricka i en betongkonstruktion med saltavlagringar runt om läckageområdet.



Figur 3-13 Spricka i en pågjutning i en långsamfilterbassäng.



Figur 3-14 Kraftigt krackelerad betongyta.

3.1.8 Avskalade betongskikt

Avskalning sker på betongytan och innebär att tunna flagor av betong lossnar från ytan och faller av, se Figur 3-15. Dessa skador har inte med armeringskorrosion att göra utan uppstår istället på grund av att vattnet i betongens ytterskikt fryser, se Figur 3-16. Betongens egenskaper förändras så att betongytans permeabilitet ökar, betongytans styrka avtar och betongytan faller av.

Avskalning kan också orsakas av saltsprängning.



Figur 3-15 Det yttersta skiktet på en betongkonstruktion har skalats av dvs. lossnat och fallit bort.



Figur 3-16 Långt gången frostsprängning har gjort att lager efter lager betong har skalats av.



Figur 3-17 Betong som ständigt varit under vattenytan är relativt mindre skadad än betongen som varit i skvalpzonen (området runt vattenlinjen). Betongen som befunnit sig över vattenyta är också relativt oskadad.

3.1.9 Eroderade ytor

Erosion förekommer i princip alltid där vatten strömmar, is skaver eller där vågor bryter mot en betongkonstruktion. Vattnet eller isen nöter mekaniskt ned betongytan så att en ojämn yta med små gropar och hål bildas, se Figur 3-17. Ibland kan processen bli så kraftig att endast ballasten blir kvar i betongytan, se Figur 3-18.



Figur 3-18 Hela betongytan har eroderat bort och endast ballasten är kvar i ytan. Denna bild är från den kemiska industrin.

3.1.10 Porer och otät betong

Materialfel eller utförandefel under gjutningen kan ge porösa och otäta betonger. Porositet i betong kan också vara resultatet av urlakning där delar av betongens ingredienser har lösts upp, se Figur 3-19. Kvar blir då en porös betong vilken är full med små sprickor och håligheter vilka kan orsaka en accelererad nedbrytningstakt av betongen. Urlakningen sker oftast i bas-sånger där vatten strömmar längs med ytan och där vattentrycket är ensidigt.



Figur 3-19 Porös betongyta orsakad av urlakning.

3.2 *Icke synliga betongskador*

Interna skador är oftast svårare att upptäcka rent visuellt, varför man bör låta utföra en mer avancerad utredning på betongkonstruktionerna med regelbundna intervall. Vid en sådan tillståndsbedömning inspekteras konstruktionerna visuellt, prover tas i betongen vilka analyseras kemisk och borrhärdor borrar för att man ska få en bra bild av konstruktionens tillstånd. Det finns idag även icke-förstörande metoder för att undersöka en betongkonstruktions inre status.

Nedan följer vanliga skador vilka kan finnas inuti en betongkonstruktion. Detta trots att de kan vara svåra att se på konstruktionens yta.

3.2.1 Sprickor

Sprickor uppstår alltid i betong. Oftast är dock sprickorna mycket små och har inte heller någon större betydelse för konstruktionens bärrighet. Sådana mikrosprickors inverkan blir först ett problem när uppsprickningen är så pass kraftig att betongens materialegenskaper förändras och risken för sekundära skadeeffekter ökar. Exempelvis kan mikrosprickor som går runt om och genom ballastkorn förändra betongens egenskaper.

Interna sprickor kan orsakas av felaktiga materialval, felaktigt utförande vid gjutningen eller överbelastning av konstruktionen. Betong kan också försvagas genom att upprepade lastväxlingar sker vilket gör att sprickor bildas i betongen. På så sätt kan hållfastheten lokalt sänkas.

3.2.2 Nedbruten betong

Betong kan brytas ned som ett resultat av fysikaliska och/eller kemiska nedbrytningsprocesser så att betongens egenskaper förändras. Exempel på nedbrytningsprocesser är frost, urlakning, se Figur 3-20, och reaktioner mellan olika komponenter i ett betongmaterial.



Figur 3-20 *Cementpastan har försvunnit och endast ballasten är kvar. Ofta sker en färgförändring i betongen till det ljusare. Bilden är från ett badhus.*

En frostskadad betong kan leda till nedsatt hållfasthet och minskad elasticitet genom att mikrosprickor bildas när vatten fryser i betongens porsystem.

Ytterligare en form av nedbrytning är när vattentransporten inuti konstruktionen bryter ned och mjukar upp betongens ytskikt.

3.2.3 Hålrum

Hålrum i en betongkonstruktion kan vara ett resultat av fel vid en gjutning eller ett resultat av kraftiga nedbrytningsprocesser. Även ofullständig eller för omfattande kompaktering kan ge upphov till luftfyllda hålrum inuti en betongkonstruktion, se Figur 3-21. En omfattande urlakning kan också göra att hålrum uppstår.



Figur 3-21 Dåligt kompakterad betong gör att ballasten ligger fri från cementpastan vilket försämrar hållfastheten.

Att mindre håligheter förekommer i betongkonstruktioner betyder vanligtvis inte något för konstruktionens verkningssätt. Men hålrum belägna nära förankringen av armering eller i sektioner särskilt utsatta för stora spänningar kan naturligtvis påverka konstruktionens bärrighet. Hålrum kan också ha en negativ inverkan på konstruktionen genom att de kan påskynda nedbrytning av betongen, särskilt i närvaro av vatten.

3.2.4 Inneslutningar

När en betong bryts ned sker detta oftast lokalt så att det mellan de nedbrutna områdena förekommer områden som är mer eller mindre opåverkade. Ett nedbrutet område med försämrade materialegenskaper kan då bilda en inneslutning som avviker kraftigt från den omkringliggande betongen.

En innesluten volym av nedbrutet material kan uppkomma vid urlakning av betongen runt om en spricka. Material i anslutning till sprickan får

en ökad porositet, vilket på sikt gör att sprickan utvidgar sig. Inneslutningar kan även bildas på grund av fel som uppstått vid gjutningen men de kan också uppstå när konstruktionen utsätts för stora påfrestningar.

4 Orsaker till betongskador i vattenverk

Merparten av de betongmiljöer som beskrivs i denna rapport är kopplade till ytvattenverk, men eftersom de flesta dessa av processer även finns vid grundvattenverk och vattenverk för konstgjort grundvatten kan de beskrivna skadorna även uppstå även i dessa vattenverk.

En betongkonstruktion påverkas med tiden av yttre krafter, vilka gör att betongen bryts ned och att lokala skador uppstår på konstruktionen. Förändringarna kan göra att konstruktionens bärighet kan försämrats och att anläggningens drift därmed riskeras. En del skador är enkla att upptäcka även för en icke expert då de förekommer på konstruktionens utsida. Exempel på sådana skador är läckage och armeringskorrosion, se Figur 4-1, medan andra skadetyper uppstår inuti en konstruktion och kan därför svåra att se vid en okulär inspektion.



Figur 4-1 Rost har en större volym än de ursprungliga armeringsjärnen vilket gjort att betongskiktet utanpå järnen har spjälkats loss och fallit av.

De vanligaste orsakerna till skador på inomhus belägna betongkonstruktioner är att den ingjutna armeringen korroderar, medan betongen i utomhus belägna konstruktioner fryser sönder. Betongkonstruktioner kan också skadas på grund av att olämpliga material har använts vid tillverkningen av betongen eller att betongen har hanterats på ett felaktigt sätt i samband med gjutningen. Sådana skadeorsaker är dock betydligt mindre vanliga. Genomgående för de flesta betongrelaterade skador är att de uppstår, direkt eller indirekt, i kontakt med vatten i någon form. Nedan beskrivs översiktligt några av de orsaker till varför betongskador finns i vattenverk.

4.1 Armeringskorrosion

Armeringskorrosion kan uppstå av två olika anledningar, att betongen karbonatiserar eller att klorider tränger in i betongen.

4.1.1 Armeringskorrosion genom karbonatisering

Oskadad betong har ett mycket högt pH-värde vilket skyddar de ingjutna armeringsjärnen från att korrodera. Detta naturligt inbyggda rotskydd försvinner med tiden genom att betongen karbonatiseras, vilket är en kemisk reaktion mellan luftens koldioxid och betongens alkaliska beståndsdelar. Karbonatiseringen tränger långsamt in i betongen som en front. När fronten nått in till armeringsjärnen och om det finns tillgång till vatten och syre, börjar järnen att korrodera. I oskyddade vattenverkskonstruktioner kan korrosionsprocessen gå relativt snabbt då både vatten och syre oftast finns tillgängligt. Eftersom korrosionsprodukterna har en betydligt större volym än det ursprungliga stålet spricker betongskiktet utanför den ingjutna armeringen och betongskiktet faller av. Hur lång tid detta tar beror på hur snabbt karbonatiseringsfronten trängt in i betongen, hur tillgången till vatten är och hur tjockt betongskiktet utanpå armeringen är.

4.1.2 Armeringskorrosion genom kloridinträngning

Armeringskorrosion kan också uppstå genom att klorider kommer i kontakt med betongen. Vanligtvis sker detta genom att kloriderna tillsätts vattnet under reningsprocessens gång, men kloriderna kan också vara tillsatta i den färskas betongmassan inför gjutningen. Detta skedde fram till 1980-talet då man ibland använde kalciumklorid för att påskynda betongens härdning.

För att bedöma risken för kloridinitierad armeringskorrosion i en betongkonstruktion kan man ta ut prov från betongen och därefter undersöka kloridmängden. Om kloridmängden är högre än ca 0,4 % av cementvikten och det finns tillgång på vatten och syre är risken stor att armeringsjärnen börjar rosta och på sikt kommer det täckande betongskiktet falla av.

4.2 Eroderande ytangrepp

Eroderande ytangrepp kan orsakas av flertalet ofta samverkande mekanismer. Exempel på sådana nedbrytande mekanismer är frostangrepp, kemiska angrepp så som urlakning av betong vid ytan och mekanisk nötning. Skadorna kan typiskt uppstå längst med vattenlinjen på konstruktionsdelar. Det finns dock också eroderande ytangrepp som sker under vattenytan. Om det skadliga ämnet är flyktigt och betongaggressivt kan även yterosion ske ovanför vattenlinjen.

4.3 Frostangrepp

När vatten i betong fryser bildas ett internt tryck i betongen, dels genom kristallisationsstrycket från de bildade iskristallerna, dels genom det hydrauliska trycket som uppstår när vatten transporteras mot de positioner i betongen

där isen bildas. Frys-tö-skador ökar i omfattning om vattnet innehåller klorider och om antalet frys-tö-cykler ökar.

Om frys-tö-processen tillåts fortgå sprängs betongen sönder och stora bitar lossnar från konstruktionen, se Figur 4.2. Frostskaador kan uppträda dels som ytavskalning, dels som intern sprickbildning.



Figur 4-2 Typisk frostskaada i en utomhusbelägen betongkonstruktion.

4.4 Kemiska angrepp

Kemiska angrepp uppstår när för betongen skadliga ämnen kommer i kontakt med betongytan och cementpastan i betongytan löses upp och/eller bildar nya mineral vilka spränger loss betongskikt från ytan. Vanligt är också att betongens yta ändrar färg vid kemiska angrepp.

4.5 Urlakning

Urlakning av cementpasta vid betongytan sker på grund av kontakt med rent vatten och kan leda till att effekter från frostangrepp och nötning ökar i omfattning, se Figur 3-20. Urlakningen leder oftast till att pH i täcksiktet sjunker så att sannolikheten för att armeringskorrosion ökar. Även här är det vanligt att betongens yta ändrar färg.

4.6 Inre expansiva angrepp

Inre expansiva angrepp kan uppträda i betong med hög alkalinitet vilken innehåller ballast med mycket finkorning kvarts. Det kan dels vara långsamreagerande bergarter så som deformerade graniter och vulkaniter, dels snabbt reagerande bergarter så som porös flinta. De långsamreagerande tar flera decennier på sig att utveckla ett angrepp medan flinta kan ge skador inom något år. Denna reaktion leder till bildning av alkalikiselgel vilket i sin tur leder till expansion och sprickbildningar i betongen vilka i sin tur för med sig armeringskorrosion och frostangrepp. Reaktionen kräver tillgång

på fukt och kan förvärras av hög alkalinitet i vattnet. Typiskt utseende på inre expansiva skador är nätformat mönster av sprickor i vilka man ibland kan se alkalikiselgel. I ett avancerat skede kan sprickorna utvecklas till grova öppna sprickor vilka går djup in i konstruktionen, se Figur 4-3. Sprickorna är orienterade vinkelrät mot betongytan.



Figur 4-3 Typiskt sprickmönster som uppstår vid vissa interna expansiva angrepp i betong.

4.7 Ytliga expansiva angrepp

Exempel på ytliga expansiva angrepp är frost och vissa kemiska angrepp.

4.8 Temperatur och fuktnrelaterade rörelser

Temperatur- och fuktnrelaterade rörelser kan leda till att genomgående sprickor uppstår. Variationerna sträckning och vidd är beroende på konstruktionens utformning, dess geografiska placering och vilket vädersträck konstruktionen befinner sig i.

4.9 Över-/Olyckslast

Slag, kollision och lastfall kan i vissa extrema fall leda till att sprickor uppstår i betongkonstruktionen. Ibland kan så stora tryckpåkänningar uppstå att betong lokalt krossas.

4.10 Bakteriella angrepp

Bakteriella angrepp är vanliga i avloppsanläggningar, komposteringsanläggningar och liknande men har troligen ringa betydelse i vattenverk. Det bakteriella angreppet kan orsakas av tre typer av bakterier. Mest känt är bakterier som oxiderar svavel bildar sulfat och svavelsyra. Detta kan leda till en

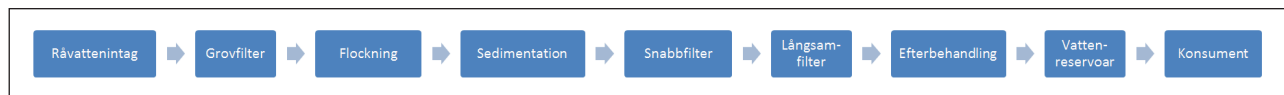
kombination av sulfatangrepp och surt angrepp. Dessutom finns bakterier som oxiderar kväve kan leda till surt angrepp som ofta är kombinerat med bildning av volymökande kalciumföreningar. Även andra typer av bakterier kan bilda organiska syror som kan angripa betong.

4.11 Andra skadeoraker

Olämpliga materialkombinationer i betongens beståndsdelar och felaktiga härdningsmetoder kan också leda till att det uppstår sprickor i betongen och att betongen vittrar sönder. Oftast är reaktionerna fuktberoende och vattenverkskonstruktioner är i regel tillräckligt fuktiga för att sådana reaktioner skall kunna ske.

5 Betongskador längs med vattenreningsprocessen

För att kunna lägga märke till de skador som uppstår, följer nedan en kort uppräknings av de betongskador vilka man kan förvänta sig längs med vattenreningsprocessen. I detta fall i ett ytvattenverk, se Figur 5-1.



Figur 5-1 Schematiskt processschema för ett ytvattenreningsverk.

5.1 Grovfiltrering

Grovfiltrering är en reningsbehandling som syftar till att få bort de större partiklarna så som skräp, alger, fiskar, växter och grenar från råvattnet. Grovfiltreringen, se Figur 5-1, sker först genom galler och sedan genom silar.

De betongskador som troligast kan noteras i detta processteg är sprickor, sprickfyllnade, urlakning, erosion av betongytan och korrosionsskador, se Figur 5-2.



Figur 5-2 Spricka i betongkonstruktion där korrosion av armeringsjärnen har börjat spjälka av.

5.2 Luftning

Luftning av vatten genomförs för att höja vattnets syrehalt och för att avlägsna oönskade ämnen ur vattnet. I övergången mellan vatten och luft sker ofta processer vilka verkar nedbrytande på betong, exempelvis urlak-

ning, se Figur 3-20, och eftersom vattnet dessutom är turbulent uppstår en viss mekanisk erosion av betongytan, se Figur 4-1. Övriga betongskador som kan uppstå i detta processteg är kalkutfällningar, se Figur 5-3 och korrosionsskador, se Figur 4-1.



Figur 5-3 Råvattensnäcka med kalkutfällning och viss mekanisk erosion i vattenytanivån.

5.2.1 Kalk (CaCO_3)

Betongskador som har noterats i detta processteg är urlakning, kalkutfällning och korrosionsskador.

5.3 Flockning

De organiska och oorganiska partiklar som inte fastnat i silarna tas bort genom att aluminium- eller järnsalter tillsätts i vattnet. Dessa gör att partiklar samlas i större partiklar, så kallade flockar vilka sedan sjunker ned till botten. Flockningsmedel gör oftast att vattnets pH-värde sjunker under 7 vilket gör att betongen påverkas negativt.

Valet av flockningsmedel beror på typen av råvatten. Flockningsmedlet tillsätts ibland genom att det sprinklas ut över vattenytan. På så sätt når flockningsmedel även bassängväggarna, se Figur 5-4, och medlet kan på så sätt även påverka betongytan direkt.

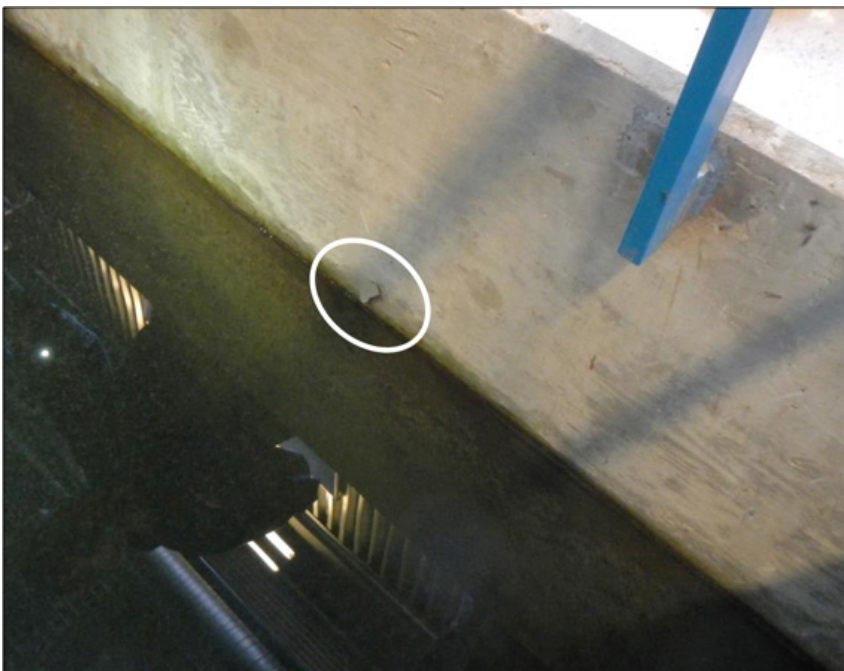
Material som har högre densitet än vattnet sedimenterar och sjunker därför till botten med hjälp av tyngdkraften för att sedan kunna avlägsnas.

Vattnet i flockningsbassängerna rörs försiktigt runt med hjälp av paddlar eller grindar så att en viss turbulens uppstår. Vattnets rörelser kan dock påverka betongytan negativt på lång sikt.



Figur 5-4 Flockningsbassäng med sprinkler vilken tillsätter flockningsmedel till vattnet.

De betongskador som kan noteras i flockningsbassänger är urlakning, mekanisk erosion av betongytan, eventuellt i kombination med ett ytligt kemiskt angrepp samt armeringskorrosion, se Figur 5-5.



Figur 5-5 Armeringskorrosion och spjälkning av betongskikt i flockningsbassäng.

5.3.1 Aluminiumsulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

Aluminiumsulfat är en vanlig industrikemikalie som används som flockningsmedel vid rening av såväl avloppsvatten som dricksvatten.

Tillsats av sulfatjoner kan leda till externa sulfatangrepp. Vanligen bildas då sulfatmineralet ettringit i cementpastan vilket leder till expansion och uppspräckning av betongen från ytan och inåt, se Figur 5-6. Detta angrepp är tämligen långsamt och tar flera decennier innan allvarliga skador uppstår. Om det finns tillgång till karbonat i betongen, exempelvis i form av kalkfyller, kan det bildas thaumasit. Denna typ av sulfatangrepp leder till att cementpastan i betongen bryts ned och tappar sin hållfasthet. Detta är ett tämligen snabbt angrepp och kan orsaka allvarliga skador på något år. Dock är thaumasitbildning i denna omfattning ovanligt.

Ettringitbildning ger ytparallella sprickor och missfärgning av cementpastan. I ett senare skede kan sprickor bildas in till armeringen. Thaumasitbildning leder till nedbrytning av cementpastan så att hållfastheten försämras. För att kunna motverka sulfatangrepp är det viktigt att den ursprungliga betongens täthet är hög, dvs. att vatten-cementtalet (vct) är lågt.



Figur 5-6 Sulfatangrepp i bassängvägg där en svällande gel har bildats vilken spränger sönder betongen inifrån. Resultatet blir att betongen spricker upp och hållfastheten minskar. Bilden är från en vattendamm dvs. inte från ett vattenverk.

5.3.2 Järnklorid (FeCl_3)

Järnklorid är en kemikalie som används som flockningsmedel vid rening av såväl avloppsvatten som dricksvatten. Järnklorid sönderdelar betongen långsamt. Järn kan missfärga betongen och kloriderna ökar risken för armeringskorrosion.

5.3.3 Aluminiumhydroxid $\text{Al}(\text{OH})_3$

För att flockningsprocessen ska fungera är det viktigt att pH är på rätt nivå. Därför tillsätts aluminiumsulfat som flockbildande ämne varvid alumini-

umhydroxid bildas. Aluminiumhydroxid har troligen ingen betongnedbrytande inverkan i vattenverk.

5.3.4 Magnesium

Tillsättning av kemikalier vilka innehåller magnesium kan leda till magnesiumangrepp. Det innebär att kalcium i cementgelen och kalciumhydroxid i cementpastan byts ut mot magnesium. Detta ger en tätare men mer läteroderad betongyta. Angreppet är ytligt och långsamt men kan accelerera andra erosionsprocesser. Yterosion och ytavflagning sker i de yttersta millimetrarna och en ljusfärgning av det påverkade ytskiktet kan uppstå.

5.3.5 Kolfilter

Kolfilter med aktivt kol används som filter vid vattenrening. Kolfilter har högst troligen ingen betongnedbrytande inverkan i vattenverk.

5.4 Sedimentation

Både ytvattenverk och grundvattenverk använder filtrering för att avskilja flockar och partiklar ur vattnet. Två huvudtyper av filter används inom vattenrening; snabbfilter och långsamfilter.

5.4.1 Snabbfilter

I snabbfiltret, se Figur 5-7, filtreras vattnet genom bäddar av sand så att de partiklar som är kvar från avlägsnas. Snabbfiltret rensas genom backspolning dvs. vattnet tvingas gå baklänges genom filtersanden.



Figur 5-7 Bild på snabbfilterbassäng i ett vattenverk.

De betongskador som kan noteras på ett långsamfilter är främst eroderade betongytor runt bassängernas vattenlinje, se Figur 3-17 och Figur 5-8, och korrosionsskador strax över skvalpzonen där det täckande betongskiktet troligen har varit för tunt, se Figur 5-9. Processerna som i huvudsak påverkar betongen här är kemisk urlakning och erosion på grund av vattenrörelser.



Figur 5-8 Erosion av betongytan skapad av den övre delen av vattnets rörelser i en snabbfilterbassäng.



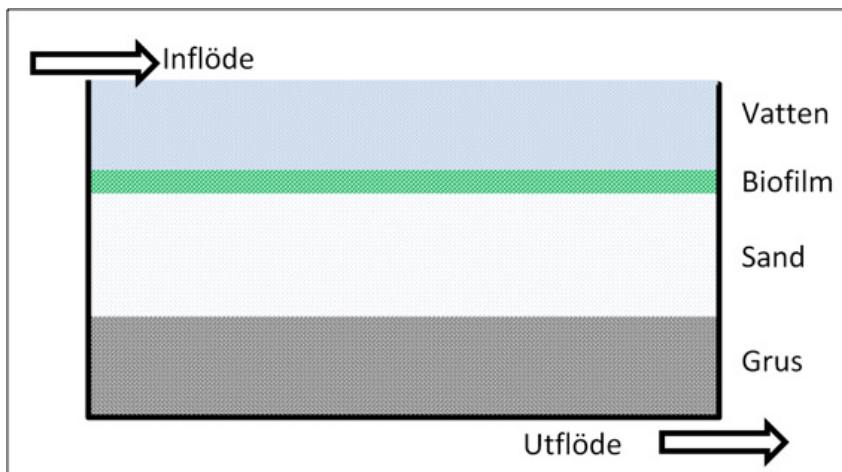
Figur 5-9 Reparerade korrosionsskador. Skadorna har troligen inte lagats på ett lämpligt sätt och lagningen riskerar att falla av igen.

5.4.2 Långsamfilter

Långsamfilter är oftast placerade utomhus, se Figur 5-10, och kräver ofta stora arealer vid vattenverken. Långsamfilter är uppbyggda på ett liknande sätt som snabbfilter men innehåller också en biofilm vilken växer på filtrets yta, se Figur 5-11. Biofilmen består av alger och bakterier vilka avlägsnar lukt och smak från vattnet.



Figur 5-10 Vy över långsamfiltersbassänger i betong.



Figur 5-11 Principskiss för långsamfilter.

De processer som i huvudsak påverkar bassängernas betong är urlakning, biologisk nedbrytning, isrörelser samt den fysiska påverkan som vågor utgör på betongen, se Figur 5-12. Bassängkanterna uppvisar ofta frostsador i form av laminering och spjälkning, se Figur 5-13. Även sprickbildning i sargen runt om långsamfilterbassänger har noterats, se Figur 5-14, vilka troligen orsakas av milda frostangrepp i kombination med termisk expansion. De större vattenverken rensar sina långsamfilter med stora maskiner vilket lätt kan göra mekanisk åverkan på bassängerna.



Figur 5-12 Erosion ovan vattenlinjen i ett långsamfilters betongkonstruktion.



Figur 5-13 Frostskada i ett långsamfilters bassängsarg.



Figur 5-14 *Krackelering i sargen runt ett långsamfilter troligen orsakad av milda frostangrepp samt termisk expansion.*

5.5 Efterbehandling

Som ett sista steg i reningsprocessen desinfekteras vattnet. Därefter justeras vattnets pH-värde för att minska risken för att korrosion skall uppstå i ledningsnätet.

5.5.1 Desinficering

Klordioxid (ClO_2)

Om klor övergår i klorider kan risken för armeringskorrosion öka. Dock finns ingen känd inverkan på betong för klordioxid.

Natriumhypoklorit (NaClO)

Natriumhypoklorit sönderfaller långsamt och har troligen inga eller ringa nedbrytande effekter på betongen i ett vattenverk.

5.5.2 Alkalisering

Alkalinitet är ett mått på vattnets motståndskraft mot försurning. Alkalisering görs för att höja vattnets pH-värde, detta för att minska risken för korrosion på ledningsnätet.

Kalksten, krita, alkalisk massa

Förutom utfällning av kalk har dessa troligen ingen nedbrytande effekter på betongen i ett vattenverk. Dessutom kan kalk göra att sprickor i betongkonstruktioner självläker.

Kolsyra (NaHCO_3)

Kolsyra reagerar med reaktiva metaller, främst alkalimetaller och alkaliska jordartsmetaller, under bildning av salter som kallas vätekarbonater och karbonater. Vätekarbonaterna innehåller vätekarbonatjonen HCO_3^- och karbonaterna innehåller karbonatjonen CO_3^{2-} . Kolsyreangrepp leder till sänkt pH som i sin tur leder till att kalcium i cementpastan går i lösning. Vätekarbonat gör att kalcium lakas ur betongytan vilket ger porös och eroderad betongyta.

Soda (Na_2CO_3)

Soda påverkar så som kolsyra.

Lut (NaOH)

Lut höjer pH, ger hårdare vatten och hämmar därmed korrosion.

Koldioxid (CO_2)

Koldioxid löses lätt i vatten och bildar då en vattenlösning som innehåller den svaga syran kolsyra, NaHCO_3 . Kolsyreangrepp leder till sänkt pH vilket i sin tur leder till att cementpastans kalcium går i lösning. Vätekarbonat gör att kalcium lakas ur betongytan så att betongytan eroderar och blir porös.

5.6 Slamhantering

Slamhanteringen behandlas inte i denna rapport.

5.7 Bassängernas utsidor

De betongytor man vanligtvis kommer i kontakt med i ett vattenverk är de ytor som befinner sig på bassängernas utsidor. Eftersom vatten är ett livsmedel är det ofta inte lämpligt att belägga bassängernas insidor med membran vilka effektivt skulle stoppar vattnet från att möta betongytorna i bassängen. Därför är oftast betongytorna i direktkontakt med vattnet. Vattnet kan därför obehindrat påverka betongen. Där det finns sprickor, porer eller andra mikroskopiska defekter kan vattnet ta sig in i konstruktionen och på sikt kommer vattnet, i någon form, ta sig genom betongen. På andra sidan konstruktionen rinner vattnet längs med väggen eller så avdunstar det. De vanligaste tecknen på vattenläckage är fuktgenomslag, se Figur 5-15, färgblåsor och färg som lossnar från betongen, se Figur 5-16 samt utfällning av andra mineral, se Figur 5-17, Figur 5-18 och Figur 5-19.



Figur 5-15 Fuktgenomslag och kalkavlagningar på bassängvägg.



Figur 5-16 Väggen är målad med en icke genomsläpplig färg. När fukt transporteras genom väggen kan den inte passera färgen. Resultatet blir blåsor i färgen, avskalning av betong och utfällning av kalk och saltkristaller.



Figur 5-17 Omfattande kalkutfällning i taket under en bassäng.



Figur 5-18 Spricka i betongkonstruktionens utsida. Läckage förekommer genom sprickan och salter har fäls ut en bit bort från sprickan (vita markeringar) där väggen är tillräckligt torr.



Figur 5-19 Stalaktiter och spricka i en balk.

Om det läckande vattnet når armeringsjärnen, det finns tillgång till syre och om pH är sänkt kommer armeringsjärnen att börja korrodera. Eftersom korrosionsprodukterna har betydligt större volym än det ursprungliga stålet kommer betongen utanpå spricka upp längs med armeringsjärnen, se Figur 5-18, och därefter falla av, se Figur 5-20.

Motsvarande processer kan även påverka andra konstruktionsdelar än de som är i direktkontakt med det processade vattnet. Vatten kan komma i form av regn och läcka in i gjutskarvar och andra otätheter, se Figur 5-21 och den höga luftfuktigheten i de olika utrymmena kan göra att armeringen korroderar, se Figur 5-22, Figur 5-23 och Figur 5-24.



Figur 5-20 Armeringskorrosion i bassängväggen har gjort att det täckande betongskiktet har spjälkats loss.



Figur 5-21 Armeringskorrosion på undersidan av en balk (svart markering). Korrosionen har troligen uppstått på grund av vattenläckage utifrån och ett tunt täckande betongskikt. Man kan också se kalkutfällningar och sprickor (vit markering) i taket vilka också visar på att vatten har läckt in i byggnaden utifrån.



Figur 5-22 Fukt har troligen trängt in i konstruktionen så att armeringsjärnen i pelaren har kunnat börja korrodera. Det är inte helt osannolikt att pelaren har utsatts för någon form av åverkan, vilket i så fall kan ha initierat fuktrinträngningen.



Figur 5-23 Eftersom armeringskorrosionsskadan har reparerats på ett felaktigt sätt, har korrosionen fortsatt. På sikt kommer även de nya lagningarna att falla av.



Figur 5-24 Sprickor och rostgenomslag i taket på ett vattenverk.

5.8 Reservoarer: Vattentorn och magasin

Det rena dricksvattnet pumpas till reservoarer, så som vattentorn eller vattenmagasin där vattnet förvaras i väntan på distribution. I båda fallen brukar dessa vara konstruerade i betong. De reservoarer som har besökts har uppvisat skador i väggarnas utsidor, så som sprickor orsakade av armeringskorrosion, se Figur 5-25, Figur 5-26, Figur 5-27 och Figur 5-28, läckage, kalkutfällningar, se Figur 5-29 och gjutsår, se Figur 5-30.



Figur 5-25 Armeringskorrosion på insidan av ett vattentorns reservoar. Troligen har armeringskorrosionen startats av att täcksiktet varit för litet vid gjutningen.



Figur 5-26 Armeringskorrosion på undersidan av ett vattentorn. Armeringen har troligen rostet på grund av ett för tunt täckskikt i kombination med bristfälliga karbonatiseringshämmande åtgärder.



Figur 5-27 Armeringskorrosion på undersidan av ett vattentorns reservoar. Betongbitar riskerar att falla ned och orsaka personsador. Dessutom kan konstruktionens bärighet vara i fara om inte omedelbara reparationer görs.



Figur 5-28 Armeringskorrosion på undersidan av ett vattentorns reservoar.



Figur 5-29 Sprickor med utfälld kalk i undersidan av takets insida på en vattenreservoar. Notera den rostiga muttern.



Figur 5-30 Gjutsår på ett vattentorns utsida. En luftficka har bildats under gjutningen av betongen. Armeringsjärnen riskerar att börja rosta då det inte finns någon betong som skyddar dem.

6 Exempel på andra skador i betongkonstruktioner i vattenverk

Nedan presenteras några exempel på andra betongskador noterade i betongkonstruktioner, vilka inte är direkt relaterade till vattenreningsprocessen. Merparten av dessa skador har troligen uppstått på grund av felaktigt utförande vid gjutning, applicering eller vid reparation.

6.1 Exempel 1

Det första exemplet är en epoxibeläggning vilken har applicerats på en äldre befintlig betongkonstruktion. Beläggningen avlägsnas idag lätt och mellan beläggningen och betongen är det fuktigt, se Figur 6-1.

Troligen har betongytan inte rengjorts tillräckligt innan appliceringen av tätskiktet. Det kan även vara att fel material har använts eller att betongen har varit våt vid appliceringen. En betongyta där vatten lätt ansamlas mellan beläggningen och betongen kommer på sikt att frysa sönder.



Figur 6-1 Epoxibeläggning applicerad på betongen runt om ett långsamfilter. En felaktig/felaktigt lagd beläggning kan försämra betongens beständighet.

6.2 Exempel 2

Betongbitar av taket i ett långsamfilters pumprum lossnade och föll ned. En betongentreprenör anlätades som reparerade skadan. Förarbetet har dock varit bristfälligt då den skadade armeringen inte frilagts, påverkad betong inte har avlägsnats och läckaget har inte stoppats från ovansidan på ett fackmannamässigt sätt innan sprutbetongen applicerades. Resultatet har blivit att vatten fortsatt att läcka in, armeringen har fortsatt att korrodera så att både gammal betong och reparationsbetong har fallit ned, se Figur 6-2. Detta kommer att leda till att bjälklaget så småningom kommer bli farligt att beträda.



Figur 6-2 Armeringskorrosionsskador som inte förarbetas och lagas på ett fackmannamässigt sätt innan sprutbetongen applicerades, resulterar i att betonglagningen fallit ned då reparationsbetongen saknar vidhäftning mot underlaget.

6.3 Exempel 3

Det har länge läckt vatten genom väggen, armeringen har börjat korrodera och betong har därför spjälkats av, se Figur 6-3. Betongen lagades med reparationsbetong och därefter applicerades ett kristalliseringsmedel vilket skulle stoppa fortsatta läckage. Efter ett år såg åtgärden ut att ha lyckats, men året därefter lossnade en ännu större bit betong, inklusive den lagade biten och med ännu kraftigare läckage som följd. Åtgärden återupprepades med samma resultat.

Eftersom vattnet inifrån bassängen ständigt transporteras genom väggen mot ett lägre tryck, kan man inte reparera läckage genom att sätta stopp för vattnets transport lokalt. För att stoppa läckaget måste man täta inifrån med membran och åtgärda armeringskorrosionen lokalt på ett fackmannamässigt sätt utifrån. Dock kommer troligen skadan” förflytta sig” utåt från det lagade/tätade området, så att armering i den tidigare oskadade betongen börjar korrodera.



Figur 6-3 På den torra sidan av en bassäng har armeringskorrosion gjort att det täckande betongskiktet har spjälkats av. Skadan har lagats genom att försöka hindra vatten att tränga ut från betongytan genom att applicera en vattentät produkt på utsidan. Betongen runt armeringsjärnen har inte rensats och armeringsjärnen har inte kompletterats vilket gör att rostangreppet fortsätter och lagningen kommer att falla av.

6.4 Exempel 4

Långsamfilterbassäng där betongkonstruktionen har putsats invändigt, troligen för att den ursprungliga ytan varit eroderad. Vidhäftningen mellan den ursprungliga betongen och den nya putsen har troligen inte varit tillräcklig, så vatten har kunnat läcka in mellan materialen. När sedan temperaturen har fallit under noll har vattnet frusit och det yttre lagret har sprängts loss. Så länge bassängen varit fylld med vatten har inget hänt, men när bassängen tömdes för rengöring, lossnade putsskiktet, se Figur 6-4.



Figur 6-4 Långsamfilterbassäng som putsats invändigt. Vidhäftningen har inte varit tillräcklig så putsen lossnade när bassängen tömdes på vatten.

7 Förslag på fortsatta arbeten

7.1 Tillståndsbedömningar

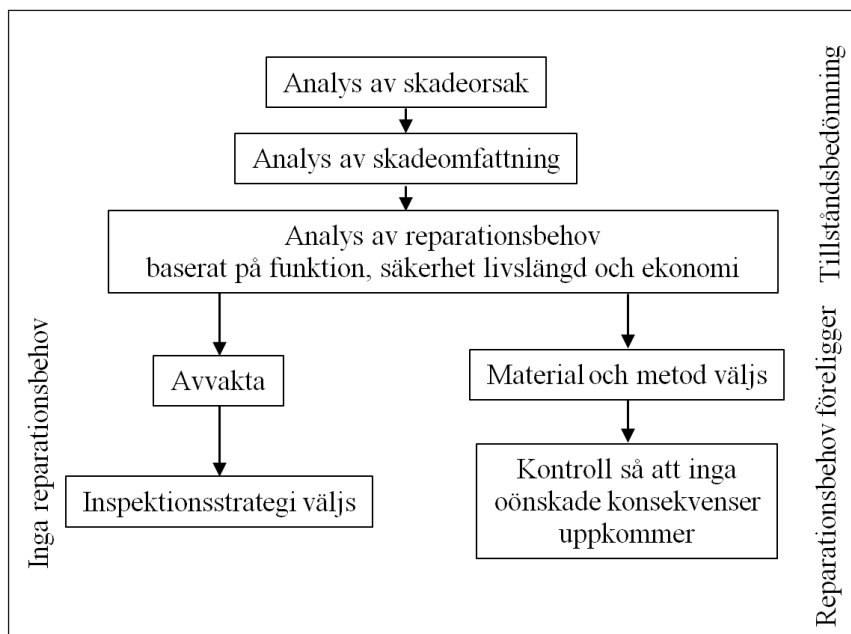
Merparten av de svenska vattenverken byggdes mellan 1950 och 1970. Samtidigt byggdes många av de äldre vattenverken om och under de senaste 10 åren har enstaka verk utvidgats. Den genomsnittliga åldern för de svenska vattenverken bör alltså vara runt 50–60 år. Idag räknar man med att en byggnads genomsnittliga livslängd ligger runt 50 år. Det är alltså inte konstigt att det finns mängder av betongskador i våra vattenverk.

Många av de skador som noterades under studien har låtits pågå länge vilket tyder på att övervakningen av konstruktionerna är relativt eftersatt. Övervakningen av betongkonstruktioner bör vara en del i anläggningens vardagliga säkerhetsarbete och bör ske i form av tillståndsbedömningar vilka utförs regelbundet och av sakkunnig personal.

Det är alltså viktigt att basera sina beslut på fakta, och enda sättet att skaffa fakta är att låta utföra tillståndsbedömningar på sina betongkonstruktioner.

Genom att utföra regelbundna tillståndsbedömningar kan skador och andra förändringar i konstruktionen upptäckas tidigt och därmed kunna åtgärdas i rätt tid.

Vid regelbundna tillståndsbedömningar samlas skadornas omfattning och orsaker in och analyseras, se Figur 7-1.



Figur 7-1 Ingående moment vid tillståndsbedömning och val av reparationsåtgärd.

Om statusen bedöms som god brukar man kunna avvakta med reparationerna och istället välja en inspektionsstrategi. Om det däremot har noterats skador vilka skulle kunna äventyra konstruktionens bärförmåga, säkerhet, livslängd eller funktion bör man, beroende på ekonomin, välja vilken åtgärdsprincip som skall följas, se Tabell 7-1.

Tabell 7-1 Åtgärdsprinciper och uppskattad livslängd.

Åtgärdsprincip	Åtgärd	Uppskattad livslängd
I Lagning	"Lappa och laga"	1-5 år
II Reparation	Förlänga livslängden	10-20 år
III Renovering	Återställa till nyskick	< 50 år
IV Nybyggnation	Riva och bygga nytt	< 100 år

Att välja vilken åtgärdsnivå man skall lägga sig på är dock en ganska svår uppgift eftersom den kräver stor kunskap och erfarenhet samt ett långsiktigt tänkande. Det är alltför lätt att välja alltför enkla och billiga lösningar, se exempel i Figur 6-1, Figur 6-2, Figur 6-3 och Figur 6-4.

Vidare bör man också undersöka om den föreslagna åtgärden kan ge nya problem i framtiden för den reparerade konstruktionen.

De ovan nämnda momenten i Figur 7-1 tillämpas dock ganska sällan. Tyvärr gäller framförallt att konsekvensen av reparationer som är viktiga för konstruktionens fortsatta funktion och livslängd, inte uppmärksammas vid valet av åtgärdsprincip, reparationsmetod och reparationsmaterial. Till viss del beror detta på att entreprenörer och vattenverkspersonal inte vet om att det finns en samverkan mellan den befintliga betongen och reparationsmaterialet, samt reparationsåtgärden och ytskyddsmaterialet. Därför är det viktigt att vattenverkspersonal anlitar CBI Betonginstitutet eller annan likvärdig kompetens för att utföra tillståndsbedömningar i samband med inspektion och rengöring av sina betongkonstruktioner.

7.2 Riktlinjer/gränsvärden

Inom EU pågår ett arbete vilket behandlar "material i kontakt med vatten". Projektet behandlar olika nationella regelverk och typgodkännanden vilka jämförs mellan olika EU-länder. Projektet fokuserar främst på hur plaster och metaller påverkar vattenkvaliten. Dock berörs inte cementbaserade produkter, som betong och reparationsmaterial. Eftersom det idag är vattenproducenterna själva som ansvarar för att material och produkter vilka är avsedda att komma i kontakt med livsmedel får man inte överföra ämnen till livsmedlet i sådana mängder att de utgör en fara för människors hälsa, medför en oacceptabel förändring av livsmedlets sammansättning, försämrar dess smak och lukt. Utöver detta finns det idag inga riktlinjer eller gränsvärden för cementbaserade material som kommer i kontakt med dricksvattenkvalitet. Därför föreslås att ett projekt startar där riktlinjer och gränsvärden tas fram för vilka material som kan användas vid reparation och skyddande av vattenkonstruktioner i betong.

7.3 Utbildning

Åtskilliga reparationer utförs idag på ett felaktigt sätt, samtidigt som viktiga delar av åtgärdsprocessen hoppas över. Exempelvis händer det att en reparationsprodukt appliceras direkt på en skada utan att det nödvändiga förarbetet har utförts. Detta leder till att reparationen, på relativt kort sikt, faller av. Det är alltså viktigt att det medvetandegörs hos de som har hand om byggnaderna på ett vattenverk vilka åtgärder, material och metoder man bör använda vid reparation av betongkonstruktioner i vattenverk. Därför föreslås det här att CBI i samråd med Svenskt Vatten utvecklar en utbildning där betongskador, undersökningsmetodik och betongreparation belyses.

7.4 Forskning

Många produkter appliceras på betong för att skydda konstruktionernas yta. Bland annat används membran, putser och impregneringar som ytskyddande material. Om dessa produkter inte är noggrant testade och utvärderade, samt om applicerandet utförs på ett icke adekvat sätt, kan detta i förlängningen få stora konsekvenser för vattenkvalitén. Det är därför viktigt att riktlinjer tas fram för testning och utvärdering av ytskydd.

Det föreslås också att CBI Betonginstitutet, i samarbete med kommersiella aktörer och svenskt vattens medlemmar, kan ta fram produkter som passar för reparation av just svenska vattenverk. Förslagsvis två projekt. Det ena för ytskyddande produkter och ett för betongreparationsprodukter.

Det bästa tänkbara scenariot är att CBI Betonginstitutets är med redan från första början när nya vattenverks skall byggas och när gamla vattenverk skall byggas ut.

8 Förslag på litteratur

Fagerlund, Göran (2008). *Krav på frostbeständighet hos svensk betong åren 1994–2008*. Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, Avdelning byggnadsmaterial.

<https://lup.lub.lu.se/search/ws/files/3566490/1578264.pdf>

Hassanzadeh, Manouchehr. (2014). *Reparation av betongkonstruktioner: Skador och reparationsmetoder från 1970-talet och framåt*. Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, Avdelning byggnadsmaterial.

<https://lucris.lub.lu.se/ws/files/4082088/4254395.pdf>

Sandström, Tommas (2008). *Skador och reparationsmetoder*. Elforsk.

http://www.elforsk.se/Rapporter/?download=report&rid=08_65_

Wiberg, Ulrika (1995). *Tillståndskontroll av betong i vattenkrafts-anläggningar*. VASO dammkommittés rapport nr 25. Utrednings- och utvecklingsprojekt med anledning av Flödeskommitténs riktlinjer. Elforsk.

http://elforsk.se/Rapporter/?download=report&rid=95_25V_

Bilder

Samtliga bilder är publicerade med tillstånd från Stockholm vatten, Örebros tekniska förvaltning, Kretslopp och vatten Göteborg, Norrköping vatten, NSVA och VA SYD.



Box 14057 • 167 14 Bromma
Tfn 08 506 002 00
Fax 08 506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se