

Kartläggning av vittrings- och korrosionsskador på biologiska behandlingsanläggningar

Dimitrios Boubitsas, CBI

Hanna Hellström, SP

Gunilla Henriksson, SP

Urban Åkesson, CBI

samfinansierat av:



Kartläggning av vittrings- och korrosionsskador på biologiska behandlingsanläggningar

Survey results of corroding problems at biological treatment plants

Dimitrios Boubitsas, CBI
Hanna Hellström, SP
Gunilla Henriksson, SP
Urban Åkesson, CBI

Projektnummer WR-27
År: 2010

WASTE REFINERY
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås
www.wasterefinery.se
wasterefinery@sp.se
ISSN 1654-4706

Sammanfattning

Biogas- och kompostanläggningar har rapporterat in problem med att lakvatten från matavfall fräter sönder både fordon och betongplattor. Detta är ett problem som anmälts allt oftare till Avfall Sverige i takt med att insamlingsvolymerna av matavfall ökar runt om i Sverige. Bekymren har även uppdagats vid besiktningens verksamhet enligt SPCR 120 Biogödsel och SPCR 152 Kompost, där flertalet anläggningar har efterfrågat råd/stöd/utredning för att komma till rätta med sina specifika problem. CBI Betonginstitutet har tidigare gjort en del utredningar beställda av enskilda anläggningsägare/kommuner och resultat från dessa har ofta visat på att betongens exponeringsklass inte alltid anpassats för ändamålet. Idag finns ingen klar definition av hur betong avsedd att användas i en mottagningshall för matavfall skall tillverkas. Troligt är att betong för biogas- och kompostanläggningar konstruerats för att klara de förhållanden som gäller på ett lantbruk.

Projektet avser undersöka omfattningen av problemet med korrosions- och vittringsskador på betongplattor och cisterner vid biologiska behandlingsanläggningar. Projektet ska också mynna ut i konkreta lösningar till anläggningar som drabbats och råd till dem som är i riskzonen samt till dem som planerar nybyggnationer. En enkätundersökning riktad till landets biogas- och kompostanläggningar har genomförts för att undersöka omfattningen av problemet samt vilka lösningar som anläggningarna har genomfört för att komma till rätta med problemet. En litteraturstudie har genomförts för att finna kravspecifikationer för betong avpassad för specifik miljö. Vidare har fyra behandlingsanläggningar undersökts. De undersökningar som utförts är kemiska analyser av lakvatten från matavfall, analys av borrkärnor och analys av armeringskorrosion.

Resultaten från detta projekt visar att betong inte har tillräcklig motståndskraft i miljöer där matavfall behandlas. Oavsett vilken betongkvalitet som används kommer problemen uppstå, dock med olika hastighet. För att säkerställa betongkonstruktionernas funktion måste betongen skyddas med ett tätskikt. Detta tätskikt måste dels tåla den aggressiva miljön från matavfallets lakvatten och dels vara beständig mot mekanisk nötning från fordon.

I rapporten redovisas flera olika tätskikt som har använts för att få bukt med problemen. Vissa av dessa har fungerat, medan andra har gett sämre resultat. För att kunna säkerställa funktionen hos de olika tätskikten måste provning utföras i ”sin rätta” miljö med avseende på temperatur och kemisk sammansättning hos lakvattnet. Idag finns inga standardmetoder för att utföra denna provning utan sådana måste utvecklas. En ny studie planeras där man tar fram kravspecifikationer samt standardmetoder för tätskikt inom matavfallsmiljö.

Korrosionsproblem förekommer även på insamlingsfordon för matavfall och mekanisk utrustning på behandlingsanläggningen. Det är önskvärt att även komma till rätta med dessa problem och därför rekommenderas en studie av påverkan på metalliska material som har kontakt med matavfall.

Nyckelord: kompostering, rötning, korrosion, matavfall, betong, tätskikt, lakvatten

Summary

Problems regarding that leachate from food waste have been corroding vehicles and concrete slabs has been reported by Biogas- and composting plants. This is an issue that has been reported to Swedish Waste Management more often within the same pace as the volume of food waste gathering is increasing all around Sweden. The problem has also been addressed at inspections according to SPCR 120 Biogödsel and SPCR 152 Kompost, where several plants have requested guidance/support/investigation to help solve their specific issue.

Swedish Cement and Concrete Research Institute, has earlier completed some investigations which have been ordered by private plant owners/municipalities and the result from these investigations have often proved that the exposure classification has not been adjusted for its purpose. There is no clear definition regarding construction of concrete that is meant for usage in a receiving hall for food waste. It is likely that concrete for Biogas- and Compostingplants are built to meet the demands of agricultural environments.

The project will examine the magnitude of the problem regarding corrosion- and weathering damage on concrete slabs and cisterns at biological treatment plants.

The project will also culminate to actual solutions for plants that are hit and to give advice to those in the danger zone and those who plan for new constructions. Through a survey handed to Biogas- and composting plants around the country, the width of the problem has been examined and what solutions plants have found and executed to solve this issue. A literature review has been implemented to find specific demands regarding concrete that is meant for a certain environment. Another four treatment plants have been examined. The studies that have been made are chemical analysis of leachate from food waste, analysis of drill cores and analysis of reinforcement corrosion.

The results from this project show that concrete doesn't have enough resistance in these environments where food waste is treated. No matter which quality of concrete is put in use these problems will occur, though in different speeds. To ensure the function of the concrete construction, the concrete must be protected with a sealing coat. These sealing coats must be able to endure the aggressive nature from leachate coming from food waste and be resistant to mechanical abrasion from vehicles.

In the report several seal coatings are shown that have been used for solving measures. Some of these have worked, while others didn't work as well.

To be able to ensure the function within the different seal coatings they have to be tested in "their proper" environment considering the chemical temperature and composition of the leachate.

There are no standard methods to perform this, they have to be developed. There are plans for a new study where you bring out specific demands and standard methods for seal coats in food waste environments.

Corrosion problems also occur on gathering vehicles for food waste and mechanic equipment at treatment plants, it is desired also to deal with these issues and a study is recommended regarding the influence from food waste on metal materials that are in contact with food waste.

Keywords: composting, digeste, corrosion, food waste, concrete, sealing coat, leachate

Kartläggning av vittrings- och korrosionsskador på biologiska behandlingsanläggningar har samfinansierats av CBI Betonginstitutet, Avfall Sverige och Waste Refinery.



Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	PROBLEMDISKUSSION	1
1.2	PROBLEMFORMULERING OCH MÅL	2
1.3	AVGRÄNSNINGAR	2
2	BAKGRUND	3
3	METOD	4
3.1	ENKÄTSTUDIE	4
3.2	PROVTAGNING	4
3.3	KEMISKA ANALYSER	4
3.4	ANALYS AV BORRKÄRNOR	4
3.5	ÄRMERINGSKORROSION	5
4	LITTERATURSTUDIE	6
5	DELTAGANDE ANLÄGGNINGAR	8
5.1	NSR, HELSINGBORG (BIOGASANLÄGGNING)	8
5.2	ÄTLEVERKET, ÖREBRO (KOMPOSTERINGSANLÄGGNING)	9
5.3	SVENSKT VÄXTKRAFT, VÄSTERÅS (BIOGASANLÄGGNING)	9
5.4	FÄGELMYRA, BORLÄNGE (KOMPOSTERINGSANLÄGGNING)	10
6	RESULTATREDOVISNING	11
6.1	FÖREKOMST AV KORROSIONSPROBLEM PÅ ANLÄGGNINGAR	11
6.2	ÅTGÄRDER MOT KORROSION	11
6.3	ÅTGÄRDER SOM HAR ÖVERVÄGTS	14
6.4	BORRKÄRNOR – MIKROSKOPISKA ANALYSER	14
6.5	ÄRMERINGSKORROSION	18
6.6	LAKVATTENPROV	24
7	RESULTATANALYS	26
7.1	FÖREKOMST AV KORROSIONSPROBLEM PÅ ANLÄGGNINGAR	26
7.2	BORRKÄRNOR – MIKROSKOPISKA ANALYSER	30
7.3	ÄRMERINGSKORROSION	30
7.4	LAKVATTENPROV	31
8	SLUTSATSER	32
9	REKOMMENDATIONER OCH ANVÄNDNING	33
10	LITTERATURREFERENSER	34

Bilagor

BILAGA A.	ENKÄT OM VITTRING OCH KORROSION TILL BIOLOGISKA BEHANDLINGSANLÄGGNINGAR
------------------	--

1 Inledning

1.1 Problemdiskussion

Biogas- och kompostanläggningar har rapporterat in problem med att lakvatten från matavfall fräter sönder både fordon och betongplattor. Detta är ett problem som anmälts allt oftare till Avfall Sverige i takt med att insamlingsvolymerna av matavfall ökar runt om i Sverige. Bekymren har även uppdagats vid besiktningsverksamhet enligt SPCR 120 Biogödsel och SPCR 152 Kompost, där flertalet anläggningar har efterfrågat råd/stöd/utredning för att komma till rätta med sina specifika problem.

CBI Betonginstitutet har tidigare gjort en del utredningar beställda av enskilda anläggningsägare/kommuner och resultat från dessa har ofta visat på att betongens exponeringsklass inte alltid anpassats för ändamålet.

Det finns idag heller ingen klar definition av hur betong avsedd att användas i en mottagningshall för matavfall skall tillverkas. Troligt är att betong för biogas- och kompostanläggningar konstruerats för att klara de förhållanden som gäller på ett lantbruk.

De förhållanden som gäller för ett lantbruk kan liknas vid förhållanden som gäller för en kompost- eller biogasanläggning med den skillnaden att matavfall inte är ett homogent material. Svin- eller kogödsel kan däremot anses vara mer homogent än vad matavfall är. Matavfallet som kommer in till en anläggning varierar under året beroende på vad hushållen konsumerar samt på hur långt nedbrytningsprocessen har kommit, vilket i sin tur bland annat är temperaturberoende med lägre nedbrytningshastighet vintertid och snabbare sommartid. Denna variation i det inkommande substratet till en anläggning gör att det är svårt att bedöma vilka faktiska nedbrytningsprodukter det är som ger upphov till skadorna på betong i mottagningshallar och på fordons invändiga ytor.

Faktorer som påverkar betongen på en mottagningsanläggning är bland annat lågt pH, mekanisk nötning, värme samt tryck. Till detta tillkommer att matavfall innehåller salter, såsom exempelvis klorider, vilket är kända för att påverka betongkonstruktioner negativt.

Problem och synpunkter som framkommit vid bland annat besiktningsverksamhet enligt SPCR 120 och SPCR 152:

- NSR, Helsingborg: På biogasanläggningen i Helsingborg har matavfallet i en mottagningsstank frätt sönder betongväggen. Renovering har utförts och väggen har sedan målats. Huruvida den renoverade väggen klarar att motstå vittringsskador är ännu inte utrett. Dessutom rapporterar NSR betongskador på en mottagningsplatta.
- Atleverket, Örebro: Mottagningshallen på Atleverket är fem år gammal och visar nu tydliga tecken på vittringsskador. Vid okulär besiktning ses tydligt hur cementpastan har vittrat och att ballasten blottlagts. Åtgärder bör vidtas inom den närmaste tiden.

- VafabMiljö, Västerås: Problem med vittringsskador på betong och korrosion på metallkonstruktioner finns hos VafabMiljö i Västerås. VafabMiljö vill komma till rätta med dessa problem och det är viktigt att framförallt beställare av anläggningar/maskiner och utrustning som ska användas i dessa miljöer är medvetna om problemet och formulerar adekvata funktionskrav. Ofta är det mycket dyrare att reparera i efterhand än att använda lämpliga material från början.
- AB Borlänge Energi, Fågelmyra avfallsanläggning: Då anläggningen byggdes anlades golvet i mottagningshall samt i kompostboxar med betong. Efter endast några veckors tid syntes de första tecknen på skador. Betonggolvet preparerades strax därefter med en polymerkomposit. När det är dags för nästa renovering av golvytan överväger Borlänge Energi att belägga hela golvytan med stål, såsom genomförts på Trollmyra avfallsanläggning i Norge. Dock är detta en mycket kostnadskrävande åtgärd.

Problemen med vittrings- och korrosionsskador orsakade av matavfall finns vid många befintliga anläggningar och dessutom beräknas insamlingsvolymerna av matavfall att öka de kommande åren. Flera av Sveriges kommuner har anammat att hjälpa till att klara av ett av Sveriges nationella miljömål; ”35 procent av allt matavfall ska behandlas biologiskt år 2010”. Under år 2010 kommer troligen miljömålet att förstärkas ytterligare med att ”växtnäringen i matavfallet ska utnyttjas”.

Det byggs således fler och fler anläggningar för att ta emot och behandla matavfall och detta medför att fler och fler fordon med matavfall rullar på våra vägar. Med bakgrund av detta är det angeläget att komma till rätta med problemet med vittringsskador på mottagningsplattor och cisterner, samt på fordon som idag finns runt om i landet vid kommunernas biogas- och kompostanläggningar.

1.2 Problemformulering och mål

Projektet avser undersöka omfattningen av problemet med korrosions- och vittringsskador på betongplattor och cisterner vid biologiska behandlingsanläggningar. Projektet ska också mynna ut i konkreta lösningar till anläggningar som drabbats och råd till dem som är i riskzonen samt till dem som planerar nybyggnationer.

1.3 Avgränsningar

En enkätstudie omfattande ett antal frågor om förekomst av korrosion har genomförts och distribuerats till ett tjugotal biogas- och komposteringsanläggningar. Utifrån denna enkät samt personliga samtal med vissa anläggningar har slutsatser dragits om problemets omfång.

För mer djupgående studier valdes fyra anläggningar ut, vilka studerades extra noggrant. Prover på lakvatten togs vid alla fyra anläggningarna och prov på borrhärdar togs vid tre av anläggningarna. Av enkätsvaren framgick att det endast förekom korrosionsproblem på betongdetaljer varför projektet valde att fokusera på betongkonstruktioner. Av svaren framgick också att anläggningarna inte kunde svara på frågor om förekomst av korrosion på insamlingsfordon, för att ansvaret för detta oftast låg hos någon annan avdelning eller organisation. Denna del i projektet exkluderades därför.

2 Bakgrund

Biogas- och komposteringsanläggningar har rapporterat in problem med att lakvatten från speciellt matavfall fräter sönder i första hand betongkonstruktioner. Detta är ett problem som påtalats allt oftare till Avfall Sverige i takt med att insamlingsvolymerna av matavfall ökar runt om i Sverige. Bekymren har även uppdagats vid besiktningsverksamhet enligt SPCR 120 Biogödsel och SPCR 152 Kompost, där flertalet anläggningar har efterfrågat råd/stöd/utredning för att komma till rätta med sina specifika problem.

CBI Betonginstitutet har tidigare gjort utredningar beställda av enskilda anläggningsägare/kommuner och resultat från dessa har ofta visat på att betongens exponeringsklass inte alltid anpassats för ändamålet.

Det finns idag heller ingen klar definition av hur betong avsedd att användas i till exempel en mottagningshall för matavfall skall tillverkas. Troligt är att betong för biogas- och komposteringsanläggningar konstruerats för att klara de förhållanden som är fastställda för lantbruk, vilket inte alltid stämmer överens med förhållanden på avfallsanläggningar.

Projektgruppen har bestått av följande deltagare:

Lisa Arnwald Storm/Gunnar Jansson, Atleverket Örebro kommun

Angelika Blom/Christina Anderzén, Avfall Sverige

Irene Bohn, NSR Nordvästra Skånes Renhållning AB

Dimitrios Boubitsas, CBI Betonginstitutet AB

Hanna Hellström, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, projektledare

Gunilla Henriksson, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, projektledare

Niklas Leksell/Carl-Magnus Pettersson, Svensk Växtkraft AB

Kjell-Olof Matsson, AB Borlänge Energi

Eskil Sahlin, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Jan Trädgårdh, CBI Betonginstitutet AB

Urban Åkesson, CBI Betonginstitutet AB

Finansiärer i projektet: Atleverket Örebro kommun, Avfall Sverige, AB Borlänge Energi, NSR Nordvästra Skånes Renhållnings AB, Svensk Växtkraft AB och Waste Refinery.

Tack alla trevliga anläggningsägare som har tagit sig tid att svara på frågor!

3 Metod

3.1 Enkätstudie

En enkät författades med hjälp av projektgruppen och skickades ut till ett tjugotal komposterings- och biogasanläggningar. Se bilaga A för enkätutformning. Frågorna var av karaktären: ”Har ni haft problem med korrosion på er anläggning?”, ”I vilka delar av anläggningen?”, ”Har ni vidtagit några åtgärder?” etc. Svarsfrekvensen var knappt 90 % för samtliga anläggningar. Anläggningsrepresentanterna kunde inte svara på om korrosionsproblem förekom på insamlingsfordon eller ej, varför denna del i projektet ströks.

3.2 Provtagning

De fyra anläggningar som studerades mer djupgående fick alla skicka in konstruktionsritningar, beskrivande text av de skadade konstruktionerna samt fotodokumentation av de konstruktioner som är skadade. Borrkärnor och lakvatten (vatten från det korrosiva avfallet) har studerats på laboratorium. Borrkärnor från tre anläggningar - Atleverken, NSR och Fågelmäyra - har analyserats.

Lakvattenprover från dessa fyra anläggningar togs vid två olika tillfällen under hösten 2009 för att få en uppfattning om hur mycket sammansättningen kan variera med tiden och mellan olika anläggningar.

3.3 Kemiska analyser

Prover förvarades i frys från ankomst tills att analys gjordes (alla prover analyserades vid samma tillfälle). pH bestämdes potentiometriskt med en glasmembranelektrod. Övriga analyser gjordes efter centrifugering och filtrering (0,45 µm- eller 1,2 µm-filter) av proverna.

Halter av järn (Fe), kalcium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg) och natrium (Na) bestämdes med induktivt kopplad plasma-optisk emissionsspektroskopi (ICP-OES) efter surgörning (2 % koncentrerad salpetersyra) av proverna. Svavel (S) bestämdes med ICP-OES efter tillsats av bas (25 mM NaOH). Fosfat (PO_4^{3-}), klorid (Cl^-) och sulfat (SO_4^{2-}) bestämdes med jonkromatografi (IC) med konduktivitetsdetektor. Organiska syror bestämdes genom jonkromatografi (jonexklusionskromatografi) med konduktivitetsdetektor. Ammonium (NH_4^+) bestämdes spektrofotometriskt. Karbonat (CO_3^{2-}) bestämdes inte, eftersom man inte kan utesluta förluster av karbonat under filtreringssteget. Hårdhet beräknades slutligen från halterna av magnesium och kalcium enligt:

$$\text{Hårdhet} = 2,497 \times [\text{Ca}^{2+}] + 4,118 \times [\text{Mg}^{2+}]$$

där $[\text{Ca}^{2+}]$ och $[\text{Mg}^{2+}]$ är koncentrationer av kalcium respektive magnesium.

3.4 Analys av borrkärnor

Borrkärnor togs ut ur betongen från Atleverken, NSR och Borlänge. De analyser som gjordes på de uttagna borrkärnorna var dels mikroskopiska analyser för att försöka se vad

som skett i betongen när den korroderar, samt för att tillståndsbedöma betongkonstruktionen. Från de uttagna kärnorna togs även prover ut för kloridanalyser.

3.5 Armeringskorrosion

För att undersöka eventuell förekomst av armeringskorrosion användes selektivt fyra olika metoder beroende på om anläggningen besöktes eller ej samt beroende på anläggningens utformning. Vid besök på anläggningarna utfördes okulär besiktning, "bomknackning" samt mätning av armeringsjärnets korrosionstillstånd med mätutrustningen RapiCor där detta var möjligt. Undersökningarna i labbet utgjordes av bestämning av kloridhalten.

Vid en okulär besiktning undersöks om missfärgningar på betongens yta, sprickor eller avflagningar förekommer.

Bomknackning är en översiktlig metod där man slår med en hammare på betongen och försöker urskilja skillnader i ljudklang. Ett dovare ljud kan vara tecken på att betongskikt har släppt p.g.a. pågående armeringskorrosion.

RapiCor är en så kallad galvanostatisk pulsmetod, i princip skickar den in en svag ström från betongytan mot den armering man mäter och sen "tolkar" den responsen. Med RapiCor mäter man samtidigt tre olika parametrar som är viktiga vid bedömning om armeringskorrosion förekommer. Man mäter armeringsjärnets korrosionshastighet, armeringsjärnets potential och betongens resistivitet. Dessa tre parametrar vägs sedan ihop till ett korrosionsindex som ger en bild av korrosionstillståndet.

Kloridhalten hos borrkärnor bestämdes på olika nivåer med potentiometrisk titrering. Parallellt med kloridhalten bestämdes också kalciumhalten för att kunna uttrycka kloridhalten i viktprocent av cement. För att armeringsjärn i betong (som är starkt basiskt) skall börja korrodera måste en yttre negativ inverkan från omgivande miljö förekomma. Till övervägande del orsakas denna negativa inverkan av att kloridjoner från omgivande miljö tränger in i betongen.

Följande undersökningsmetoder användes vid de olika anläggningarna.

Atleverken

Okulär besiktning
Bomknackning
RapiCor
Kloridhalt

NSR

Okulär besiktning
Bomknackning
Kloridhalt

Borlänge

Kloridhalt

4 Litteraturstudie

Betong påverkas av den omgivande miljön och dess beständighet kan äventyras genom interaktion med aggressiva egenskaper hos den yttre miljön. Exempel på aggressiva miljöer är saltexponering i marina miljöer och saltade vägar, utomhuskonstruktioner med växlande temperaturförhållanden typ frysning/upptining och exponering för olika kemiska ämnen såsom t.ex. olika syror [1].

Syror kan delas in i två huvudgrupper - oorganiska och organiska. Oorganiska syror är industriellt framställda produkter, vars förekomst oftast är begränsad i naturlig miljö. Organiska syror är vida förekommande i naturen i t.ex. levande växter, och som nedbrytningsprodukter av vegetarisk och animalisk materia. Det är allmänt accepterat att syror är skadliga för betong [1,2].

I en miljö som en matavfallsanläggning kan man identifiera åtminstone tre stycken aggressiva medier för betongen i dess omgivande miljö; kloridjoner från t.ex. matsalt (NaCl) och nedbrytning av matavfall, oorganiska syror samt ammoniak/ammoniumjoner.

Kloridjoner angriper inte betongen i sig, men genom att tränga igenom det täckande betongskiktet fram till armeringsjärnen kan de initiera armeringskorrosion. Detta leder till att armeringsjärnens godstjocklek minskar, vilket i sin tur äventyrar betongkonstruktionens bärförmåga. Vid armeringskorrosion bildas som biprodukter olika järnoxider (rost), vilkas volym överskrider volymen av de ingående reaktanterna (järnjoner och hydroxyljoner). Detta medför stora interna spänningar i betongen och kan resultera i bortsprängning av det täckande betongskiktet [3].

Då det täckande betongskiktet försvinner blottläggs armeringen, vilket ökar korrosionen markant. Utöver en ökad armeringskorrosion kan bortsprängning av betongskikt även leda till person- och utrustningsskador.

En av de två viktigaste materialparametrarna när det kommer till kloridinitierad armeringskorrosion är kloridinträngningsförmågan i betongen. Den andra materialparametern är kloridtröskelvärdet, d.v.s. den halt kloridjoner som krävs i betongen vid armeringsjärnens yta för att initiera korrosion [3].

Kloridinträngningsförmågan i betong bestäms främst av betongens vattencementtal (vct), dvs. förhållandet mellan betongblandningens vattenmängd och cementmängd. Ju lägre vct desto tätare betongstruktur och således en reducerad kloridinträngning. Val av bindemedel (cementsort), t.ex. 100 % ren Portland-cement eller inblandning av mineraliska tillsatsmaterial såsom silikastoft eller flygaska kan också spela en ganska avgörande roll [3]. Det vanligaste bindemedel i betong i Sverige är 100 % ren Portland-cement.

När det kommer till kloridtröskelvärden råder det fortfarande oenighet om både vilka de kritiska halterna är och om vilka parametrar som är mest avgörande, en översikt ges i [4].

En annan viktig parameter, som inte är en direkt materialparameter, och som måste nämnas i detta sammanhang är det täckande betongskiktets tjocklek. Ju tjockare

betongskiktet mellan den yttre miljön (kloridkällan) och armeringsjärnen är, desto längre tid tar det för kloridjonerna att ta sig fram till armeringsjärnen och orsaka skada [3].

Vattencementtalet och det täckande betongskiktet spelar en så avgörande roll när det gäller armeringskorrosion att de är reglerade för olika miljöer i svenska standarder [5, 6]. I dessa standarder anges gränsvärden för vct och täckande betongskikt för betong i olika exponeringsklasser (miljöer).

En exponeringsklass i referenserna [5] och [6], vilken skulle kunna beskriva ett matavfallsupplag på en betongplatta med avseende på armeringskorrosion är följande: *förekommande klorider andra än från havsvatten där betongen är cykliskt våt och torr*. Beteckningen för denna exponeringsklass är XD3.

De krav som föreskrivs för en betong i exponeringsklass XD3 är följande; högsta vct får vara 0.40, lägsta bindemedelshalten (cementhalten) får vara 200 kg/m³ och minsta täckande betongskikt ska vara 35 mm för en dimensionerande livslängd på 50 år.

Det kan förekomma ett flertal olika organiska syror i matavfall, och efter naturlig nedbrytning av matavfall. Ättiksyra och mjölksyra är de vanligaste bland dessa [7]. Det är känt att båda dessa syror angriper betong, där mjölksyran kan anses vara mer aggressiv [8].

De sura vätskorna angriper cementpastafasen mellan ballastkornen och löser ut i första hand kalcium och lämnar kvar en rest bestående av kiselsyra m.m. [9]. Den parameter som oftast förknippas med en syras aggressivitet är dess pH-värde. En bedömning av aggressiviteten baserad enbart på pH-värdet för ovan nämnda "svaga syror" (jämfört med t.ex. svavelsyra) kan vara missvisande [8, 9]. I den mån betong utsätts för sura angrepp bör man undersöka betongens beständighet mot den aktuella syran [9].

Trots att en fullständig bedömning av angrepp i en sur miljö kan vara missvisande med pH-värdet som bas, citeras i referens [10] brittisk standard, som rekommenderar att betong med 100 % ren Portland-cement inte skall användas då den utsätts konstant för ett pH-värde under 5,5 utan att vara skyddad.

5 Deltagande anläggningar

5.1 NSR, Helsingborg (biogasanläggning)

NSR (Nordvästra Skånes Renhållnings AB) ägs av de sex nordvästskånska kommunerna Bjuv, Båstad, Helsingborg, Höganäs, Åstorp och Ängelholm. I regionen bor totalt ca 225 000 invånare.



Biogasanläggningen togs i drift 1996 och har en kapacitet på 80 000 ton/år. Det finns två rötkammare med en volym på $2 \times 3000 \text{ m}^3$ och en efterrötningskammare med en volym på 1000 m^3 . Anläggningen producerade under 2008 2,9 miljoner Nm^3 uppgraderad biogas. All biogödsel avsätts till jordbrukare i närheten av anläggningen och 30 % transporteras direkt ut till lantbruket via pipelines.

Figur 1. NSR biogasanläggning

Figure 1. NSR biogas plant

5.1.1 Allmän beskrivning av korrosionsproblemen vid anläggningen

NSR har problem med en del skador på en mottagningstank som är byggd 1995. Skadorna upptäcktes vid besiktning 2005. Det var skador på sidorna av tanken, främst överst där det vanligtvis inte är täckt med slam, och i taket. I taket var betongen borta så att man kunde se armeringsjärnen (se figur 2). Ytan var helt porös. Problemet åtgärdades genom att lägga nytt tak och renovera väggarna som behandlades med epoxy och sedan målades med färg. Det finns dessutom frätskador på betongplattan i mottagningshallen, där den organiska fraktionen av matavfall lastas av. Denna betongplatta är gjuten år 2003. Plattan är gjuten med byggcement med ett vct på 0,55 och är stålfiberarmerad istället för traditionell armering.



Figur 2. Korrosionsskador på NSR mottagningstank

Figure 2. Corrosion damages at NSR at the receiving tank

5.2 Atleverket, Örebro (komposteringsanläggning)

Anläggningen stod klar i maj 2004. Det är Sveriges första anläggning med en sluten mottagningshall. Anläggningen är anpassad för att behandla 8 000 ton komposterbart matavfall från hushåll och storkök. Matavfallet komposteras tillsammans med park- och trädgårdsavfall i komposteringsanläggningen på Atleverket. Under 2008 behandlades ca 7 590 ton matavfall. Mottagnings- och blandningshallen på komposteringsanläggningen är



på 700 m³. Komposteringen sker i nio stycken kompostboxar med tak och väggar av membran. Det finns även tre förrådsboxar för flis och färdig kompostjord. Den färdiga komposten säljs som jordprodukt med stor efterfrågan.

Figur 3. Örebro komposteringsanläggning Bildkälla: www.orebro.se

Figure 3. Örebro composting plant

5.2.1 Allmän beskrivning av korrosionsproblemen vid anläggningen

Atleverket har skador på betonggolvet i mottagningshallen där matavfallet tippas. Golvet göts 2004. Den cement som användes här var anläggningscement med ett vattencementtal på mindre än 0,5. Betongen har frätts ned till sprickarmeringen i slitlagret på ca 30 mm djup från den ursprungliga betongytan och är i behov av renovering.

5.3 Svenskt Växtkraft, Västerås (biogasanläggning)



Svensk Växtkraft AB ägs av VafabMiljö, Mälarenergi, LRF och 17 enskilda lantbrukare i Västerås. Anläggningen startade sommaren 2005 och har varit i full drift sedan 2006. Årligen kan anläggningen behandla ca 14 000 ton bioavfall, dvs. organiskt avfall från hushåll, storkök och restauranger, ca 4 000 ton slam från fettavskiljare samt ca 5 000 ton vallgrödor. Rötningen sker i en rötkammare med volymen 4 000 m³. Allt substrat in till anläggningen beräknas kunna producera fordonsbränsle motsvarande ca 2,3 miljoner liter bensin per år. Biogödseln avsätts till jordbruk i form av en fast och en flytande produkt.

Figur 4. Svensk Växtkraft biogasanläggning Bildkälla: www.vafabmiljo.se

Figure 4. Svensk Växtkraft biogas plant

5.3.1 Allmän beskrivning av korrosionsproblemen vid anläggningen

Bioavfallet tas emot i en mottagningshall som togs i drift under andra halvan av 2005. Betongplattan är uppvärmd med vattenburen golvvärme. Första halvåret 2007 noterades tecken på korrosion/slitage. Betongen var på vissa ställen nedsliten till den övre armeringen. I juni 2008 reparerades den del i mottagningshallen där bioavfallet lagras med en polymerförstärkt gjutasfaltbeläggning av fabrikat BINAB. I direkt anslutning till infarten i mottagningshallen gjordes en behandling med Duracon akrylbeläggning. Sedan ovanstående åtgärder utfördes har inga tecken på onormal korrosion eller slitage observerats.

5.4 Fågelmyra, Borlänge (komposteringsanläggning)

AB Borlänge Energi äger tillsammans med Falu Energi & Vatten AB komposteringsanläggningen vid Fågelmyra i Borlänge. Anläggningen togs i drift 1998 och har en behandlingskapacitet på 12 000 ton matavfall per år. Matavfallet blandas med park- och



trädgårdsavfall och komposteras i åtta boxar med volymen 160 m³ per box. Boxarna har golv av betong medan väggarna består av trä. Efterkompostering med luftning sker i s.k. agbags. Den färdiga komposten är certifierad enligt SPCR152 och säljs i olika jordprodukter till företag och privatpersoner.

Figur 5. Borlänge komposteringsanläggning Bildkälla: Borlänge Energi

Figure 5. Borlänge composting plant

5.4.1 Allmän beskrivning av korrosionsproblemen vid anläggningen



Korrosion på betonggolv i komposteringsboxar och mottagningsfickor upptäcktes redan 1999. Betong av olika slag har lagts i flera omgångar sedan dess, men ingen sort har klarat påfrestningarna tillräckligt bra. Anläggningen har idag främst problem med korrosion av betonggolven i komposteringsboxarna. Senast betong lades i boxarna var 2007 och idag har stora bitar av det översta skiktet lossnat (se figur 6).

Figur 6. Korrosionsskador på Borlänges anläggning efter att reparation av betongytan har utförts

Figure 6. Corrosion damages at Borlänge composting plant after that repairing of surface on the concrete has been done

6 Resultatredovisning

6.1 Förekomst av korrosionsproblem på anläggningar

Från enkätundersökningen, vilken var ställd till landets biogas- och kompostanläggningar, inkom svar från 14 kompostanläggningar och 13 biogasanläggningar. Av dessa är det 6 kompost- och 11 biogasanläggningar som angett att de har problem med korrosion på anläggningen. Vilka specifika problem som angetts redovisas nedan i Tabell 1.

Tabell 1. Förekomst av korrosion på biologiska behandlingsanläggningar

Table 1. The presence of corrosion at biological treatment plants

	ANLÄGGNINGAR MED KORROSIONSPROBLEM	
	<i>Kompostering</i>	<i>Biogas</i>
Korrosionsproblem¹	6	11
Kratrar	2	6
Hål	2	4
Sprickor	2	2
Rost-utfällning	3	4
Övrigt: "Betong fräts bort"	-	2
Övrigt "ytkorrosion"	1	-

6.2 Åtgärder mot korrosion

Enligt enkätundersökningen har följande åtgärder vidtagits vid de olika anläggningarna till följd av korrosionsproblem:

- Bytt ut komponenter mot nya komponenter (av samma kvalitet)
- Bytt ut mot rostfritt
- Målat med plastlining
- Värmesystem utbytt från koppar till rostfritt p.g.a. sprickor
- Bytt ut pumpar med gjutgods mot pumpar med rostfria syrefasta material
- Behandling med Duracon akrylbeläggning
- Klätt om betong i mottagningsficka med 10 mm stålplåt
- Rengöring
- Behandlat rötkammaren med Matacyl (se 6.2.1)
- Epoxybehandling av olika delar i anläggningarna (se 6.2.2)
- Reparerat med en polymerförstärkt gjutasfaltbeläggning (se 6.2.3)

¹ Det fanns anläggningar som inte specificerade vad för slags korrosionsproblem de hade på anläggningen, därav det låga antalet på varje alternativ. Anläggningarna kunde ange fler alternativ än ett.

6.2.1 Matakryl

Matakryl har nyligen applicerats på väggarna i rötkammaren på Falköpings biogasanläggning i ett försök att få bukt med korrosionsproblemen. Arbetet är relativt nygjort vilket gör att en utvärdering inte är möjlig. Nedan följer en beskrivning av produkten från säljaren [11].

Produktbeskrivning

Matakryl® är en produktgrupp tätskiktmembran avsedda för applicering på såväl betong-, stål- som träkonstruktioner. Matakryl® produkterna är baserade på en snabbhärdande akrylharts som skapar en stark, fogfri och flexibel ytbeläggning. Matakryl® appliceras manuellt eller med specialspruta. Matakryl Machine uppfyller Banverkets funktionskrav enligt BV Bro, utgåva 7.

Användningsområden

- Broar, broklaffar
- Tunnlar, kulvertar
- Dammanläggningar
- Tankar, cisterner
- Takterrasser, balkonger
- P-däck
- Vatten och reningsanläggningar
- Golv
- Halkfria beläggningar



Figur 7. Bilder från beläggningsarbete på Falköpings biogasanläggning med produkten Matakryl

Figure 7. Pictures of covering of digester at Falköping biogas plant, using the product Matakryl

6.2.2 Epoxy/Epoxi

Epoxy är en hårdplast som stelnar med hjälp av en härdare och som tillhör gruppen epoxyplaster. Epoxy baseras på kondensation av epiklorhydrin och bisfenol-A samt en härdare (ofta diaminer). Plasten är transparent men kan färgas. Från början var epoxy avsett för limning av metaller och gjutning men har efterhand utvecklats till stor mångsidighet.

Termen "epoxy" täcker numera ett stort spektrum av kemikalier - med stora skillnader i elasticitet, viskositet, hållfasthet, härdningstid, temperaturkänslighet, blandningsförhållande, hälsovådlighet och användningsområde. Generellt har epoxy mycket stor förmåga att häfta vid de flesta material (beroende dels på mycket låg ytspänning, dels på ringa krympning), kan göras kemikaliebeständig, värmebeständig, vatten- och diffusionstät, och har mycket hög mekanisk hållfasthet jämfört med övriga hårdplaster. Till epoxyplasters negativa sidor hör att de är känsliga mot alkohol och många lösningsmedel samt kan vara hälsovådliga. Dessutom kan plasten enbart härda vid vissa temperaturer.

Vanlig användning är tillsammans med armeringsfiber (kol-, aramid- eller glasfiber) till lätta och starka plastkompositer. Epoxy kan även elektropläteras, formpressas, gjutas, laminatpressas samt skäras [12].

Användningsområden:

Formgodslim

Färger

Gjutharts

Isolering av elkomponenter

Lacker

Laminat

6.2.3 Ytbeläggning Gjutasfalt

En anläggning har provat gjutasfaltsbeläggning av market BINAB. Nedan följer beskrivning av produkten från tillverkaren [13].

BINAB Gjutasfalt består av olika sorters bitumen, med tillsats av bl.a. polymerer och naturasfalt blandat med välgraderat stenmaterial bestående av filler, sand och i vissa fall även finmakadam. Genom tillsatsämnen kan gjutasfaltens sammansättning varieras och anpassas till alla tänkbara önskemål.

Gjutasfalt är ett vattentätt, motståndskraftigt och åldersbeständigt material. Detta gör att materialet är mycket lämpligt för tätskikts- och belägningsarbeten vid konstruktioner där man ställer höga krav på varaktighet och vattentäthet.

BINAB tillverkar gjutasfalt med i första hand polymerbitumen. Polymergjutasfalt har bättre stabilitet vid höga temperaturer samt högre brotthållfasthet vid låga temperaturer. Två huvudtyper av gjutasfalt förekommer, BPM-93 (asfaltmastix) och BPGJA (gjutasfaltsbeläggning). Dessa båda produkter är godkända av Vägverket enligt Bronorm 94.

6.3 Åtgärder som har övervägts

Följande åtgärder identifierades av anläggningarna men har ej blivit genomförda av olika orsaker:

- Plastdetaljer (anläggningen tvekar, vet ej om det håller för trycket)
- Noggrannare rengöring än vad som genomförs idag
- Plåtgolv
- Arma coating

Arma coating

Tillverkaren [14] anger att "Arma 901" är en mycket flexibel skyddsbeläggning av 100 % Polyurea avsedd för betong, stål, trä och glasfiber.

Skyddsbeläggningen härdar extremt snabbt och kan därför sprejas i valfri tjocklek (upp till 2 mm i en och samma applicering) på lodräta ytor. Polyurean appliceras varm med specialutrustning. Produkten uppfyller det amerikanska jordbruksdepartementets krav för kontakt med livsmedel. Nedan i figur 8 visas en container beklädd med Arma Coating.



Figur 8. Bilden föreställer en yta beklädd med Arma 901 Bildkälla: Arma Coating

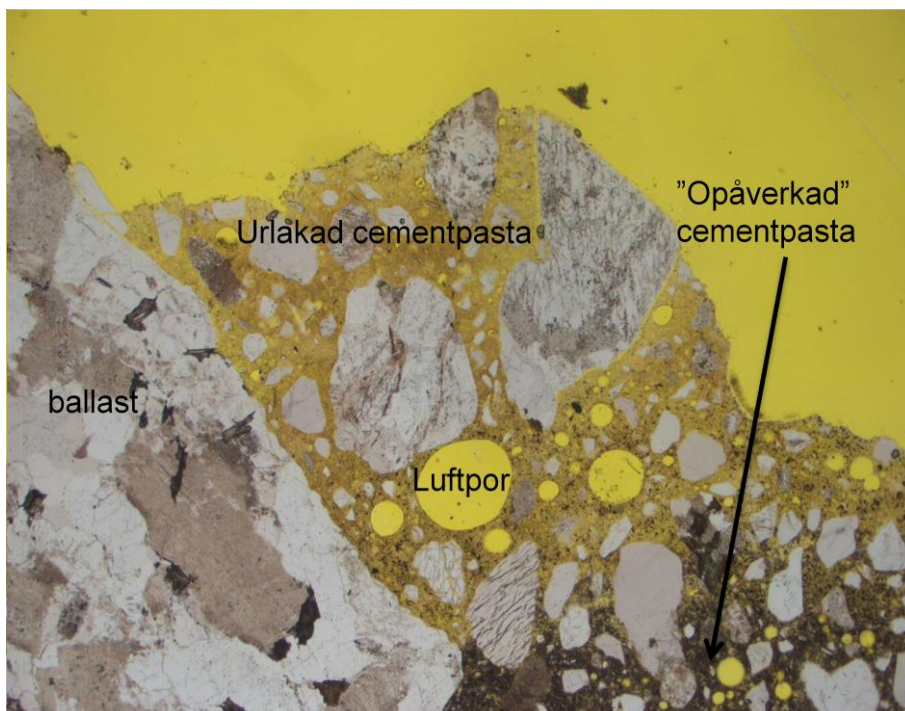
Figure 8. The picture represents a surface covered with Arma 901

6.4 Borrkärnor – mikroskopiska analyser

De mikroskopiska analyserna genomfördes genom optisk mikroskopering samt genom svepelektronmikroskop (SEM). Med hjälp av en analyskristall för mikrokemisk analys (EDS) bestämdes materialets kemiska sammansättning i SEM.

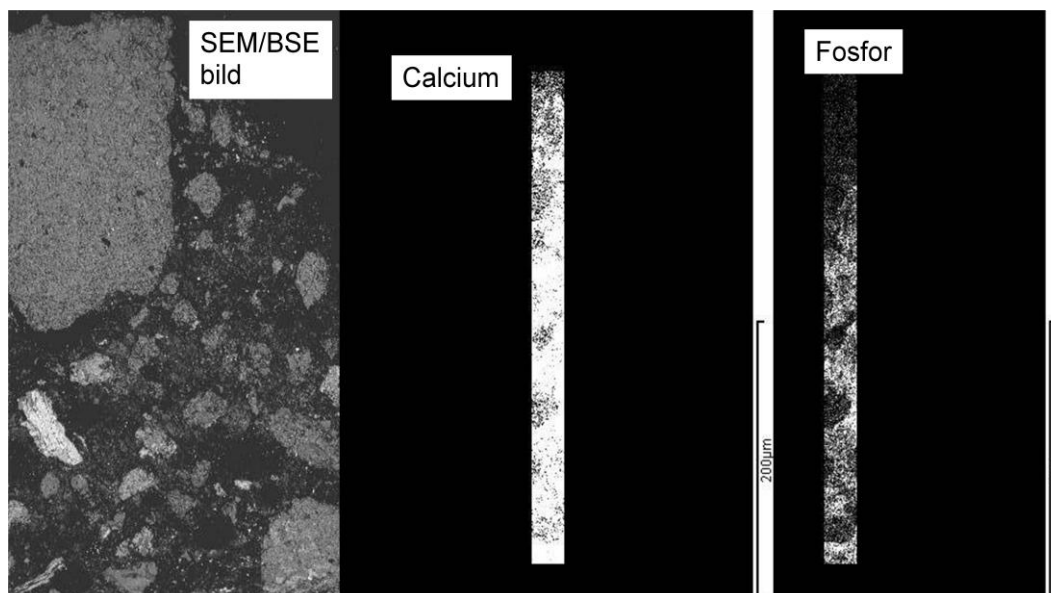
6.4.1 Atleverken

Vid mikroskopisk analys av borrkärnor från Atleverket visas att det finns en ca 2-5 mm urlakad zon på betongytan där cementpastan har blivit helt omvandlad (se figur 9). SEM/EDS-analys visar att denna zon till stor del består av kalciumfosfat (se figur 10).



Figur 9. Mikroskopibild i planpolariserat ljus som visar betongytan från golvet i mottagningshallen på Atleverken. Bildytan motsvarar 8,7 x 6,4 mm

Figure 9. Micro photograph in plan polarised light showing the concrete surface from Atleverken. The image surface is 8.7 x 6.4 mm

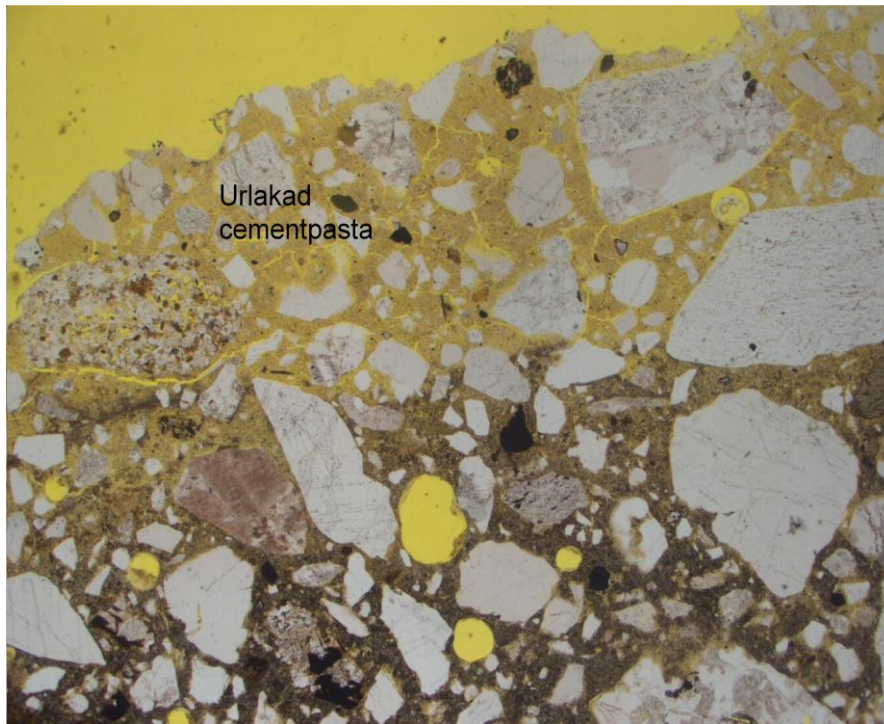


Figur 10. SEM/EDS-analys av betongytan från Atleverken. Analysen visar att fosfor anrikats i ytan

Figure 10. SEM/EDS analysis of the concrete surface from Atleverken. The analysis shows that phosphorus is enriched in the surface

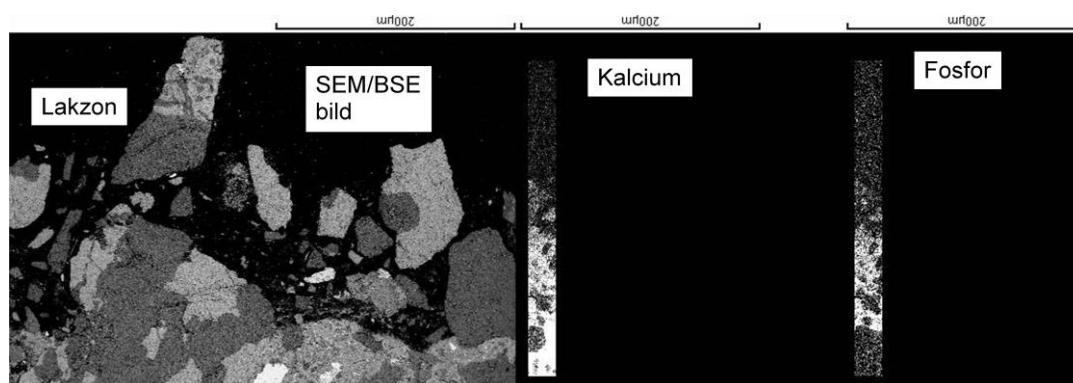
6.4.2 NSR

Den mikroskopiska analysen av borrkärnorna från NSR uppvisar samma urlakningszon som hos Atleverken (se figur 11) och SEM/EDS-analys visar att även denna zon består av kalciumfosfat (se figur 12).



Figur 11. Mikroskopibild i planpolariserat ljus som visar betongytan från golvet i mottagningshallen hos NSR. Bildytan motsvarar 8,7 x 6,4 mm

Figure 11. Micro photograph in plan polarised light showing the concrete surface at NSR. The image surface is 8.7 x 6.4 mm



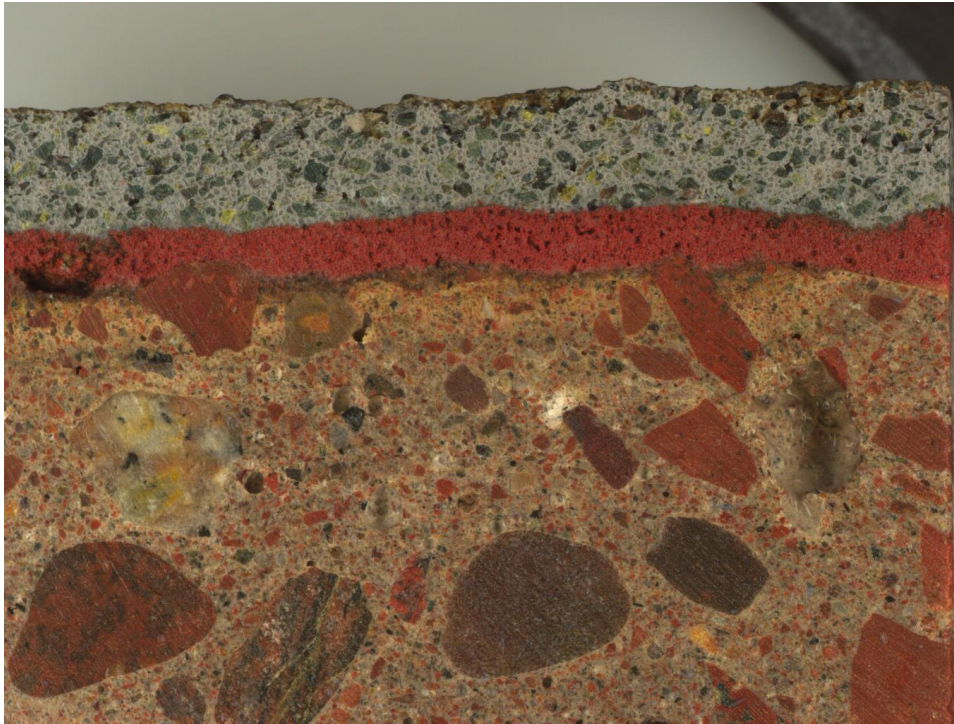
Figur 12. SEM/EDS-analys av betongytan från NSR. Även här har fosfor anrikats i ytan

Figure 12. SEM/EDS analysis of the concrete surface from NSR. Here is also phosphorus enriched in the surface

6.4.3 Borlänge

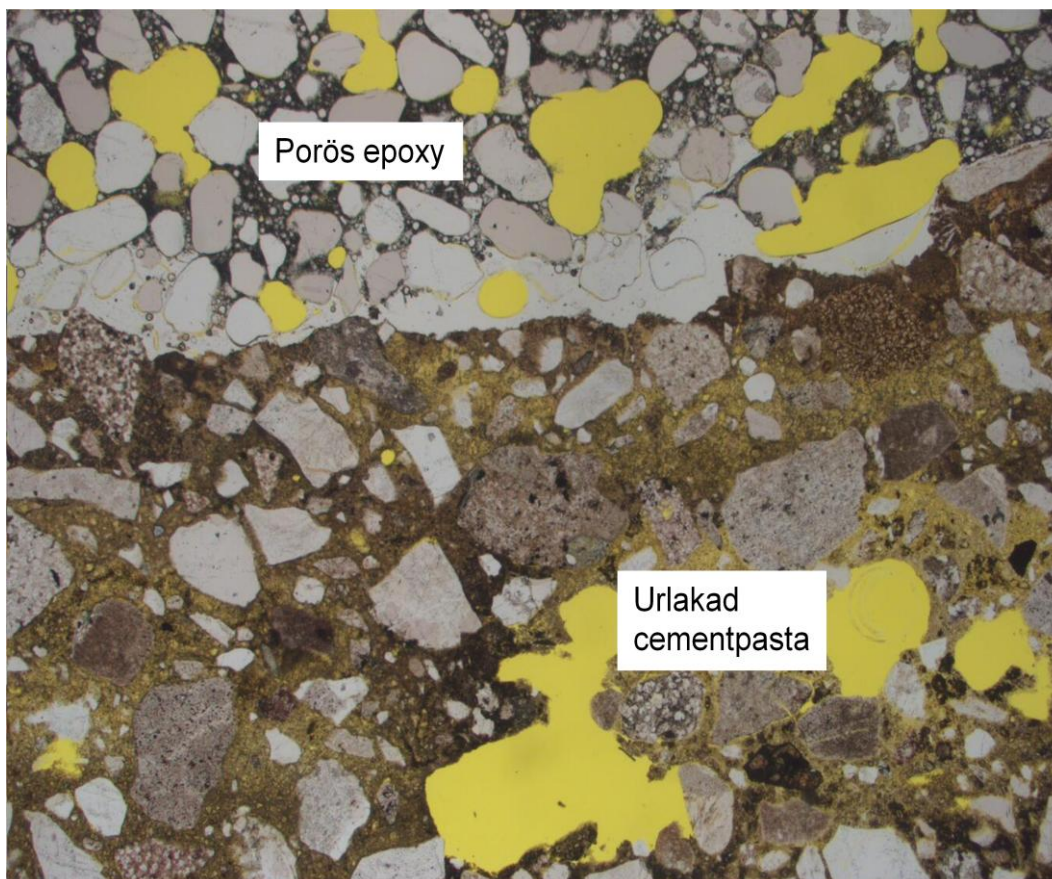
Betongytan hos proverna tagna från Borlänge består av två olika typer av epoxybruk. Ett rött lager ligger närmast betongen och sedan har ett grågrönt lager lagts ovanpå det röda lagret (se figur 13). Vid mikroskopisk analys av borrhärnan visar det sig att båda dessa epoxybruk är väldigt porösa och även här syns det att betongen delvis är urlakad i ytan (se figur 14).

Några SEM/EDS-analyser är ej genomförda på dessa prover från Borlänge men troligen består även denna omvandlade zon av kalciumfosfat.



Figur 13. Uppsågat tvärsnitt av en urtagen borrhärna från Borlänge

Figure 13. A cut crossection of one drill core from Borlänge



Figur 14. Mikroskopibild i planpolariserat ljus som visar betongytan från golvet i Borlänge. Bildytan motsvarar 8,7 x 6,4 mm

Figure 14. Micro photograph in plan polarised light showing the concrete surface in Borlänge. The image surface is 8.7 x 6.4 mm

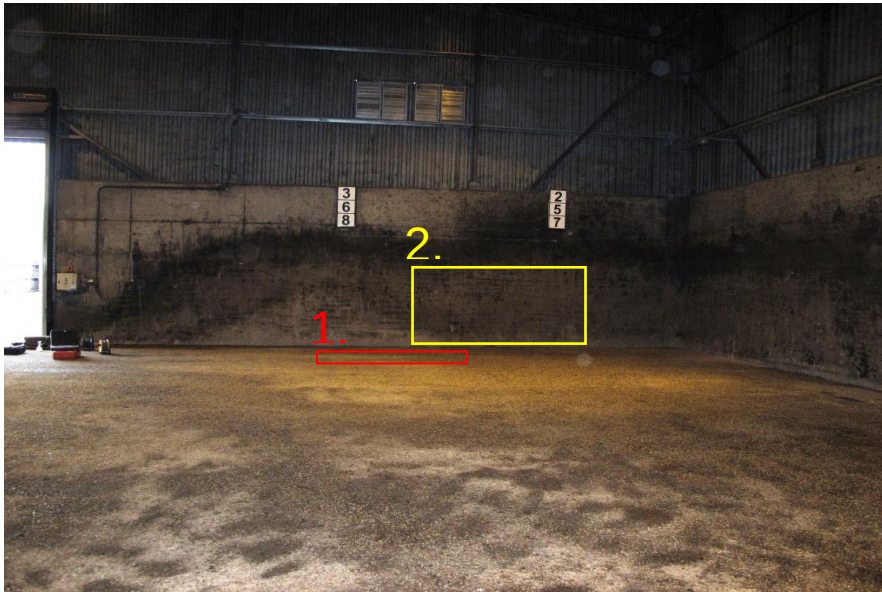
6.5 Armeringskorrosion

6.5.1 Atleverket i Örebro

På Atleverket i Örebro utfördes en okulär besiktning av hela konstruktionen, vilken inkluderade betongplattan som utgör golvet och betongelementen som utgör väggarna.

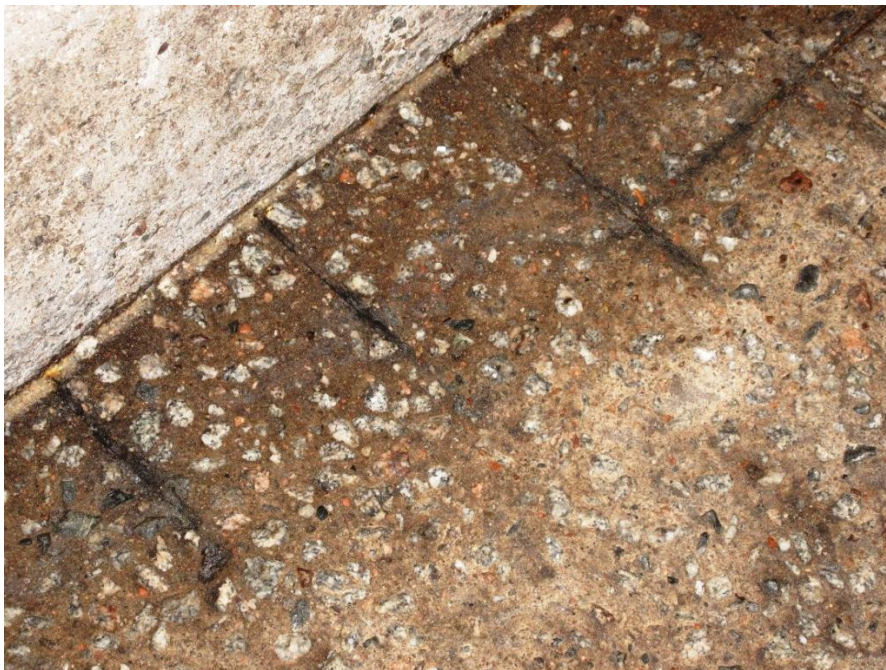
Större delen av det täckande betongskiktet var borta från betongplattan. Den ytligaste armeringen var blottlagd och armeringskorrosionen var långt gången (se figur 15 och 16 ("ruta 1" i figur 15 utgör det område som visas i figur)).

Väggelementen såg i stort sett intakta ut förutom en spricka som upptäcktes ungefär i mitten av det område som är markerats som "ruta 2" i figur 15. Inga rostavlagringar kunde upptäckas vid sprickan. Vidare noterades från golvnivå och ca en meter upp på väggarna mekanisk nötning med ett djup av ca 15 mm.



Figur 15. Översiktsbild över konstruktionsdelar som presenteras i figur 16 och figur 17, där förekomsten av armeringskorrosion undersöktes (Örebro)

Figure 15. Overview of parts of the construction that are presented in figure 16 and 17, where presence of reinforcement corrosion was investigated (Örebro)



Figur 16. Närbild av betongplattan (golv) som i figur 15 markeras som ruta 1 (Örebro)

Figure 16. Close-up of the concrete floor, marked as area 1 in figure 15 (Örebro)

På Atleverket utfördes bomknackning bara på väggelementen. Inga tecken på armeringskorrosion kunde urskiljas vid bomknackningen.

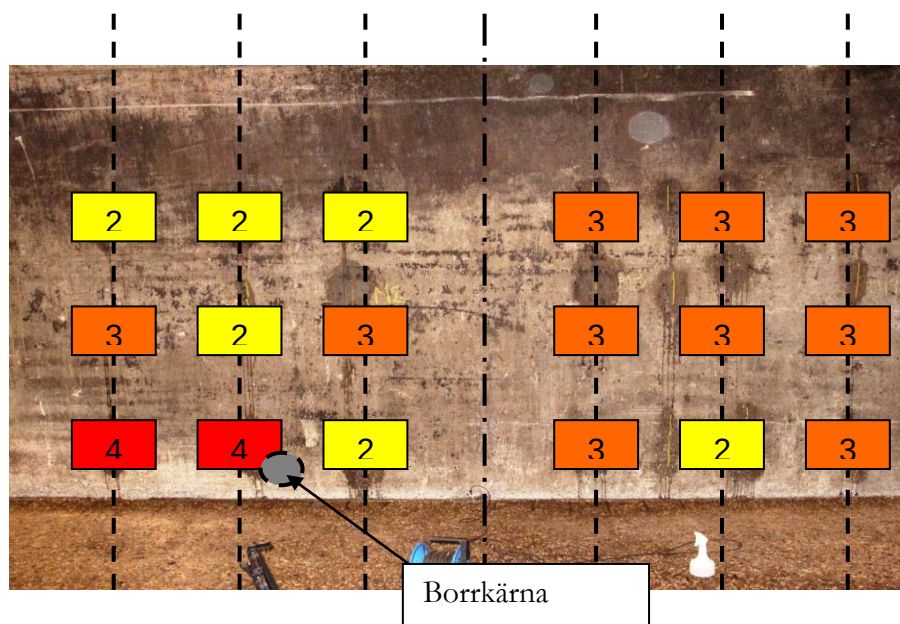
RapiCor-mätningar utfördes på området som markerats som "ruta 2" i figur 15 ovan och resultaten från dessa presenteras nedan i tabell 2, korrosionsindex tillsammans med figur 17. I figur 17 visas även var på väggen som borrkärnan är hämtad.

Kloridhalter för betongplatta och väggelement bestämdes vid olika nivåer av respektive borrkärnas längd. Resultaten för borrkärnan tagen från väggen (se figur 17) presenteras nedan i figur 18. Resultaten från borrkärnan tagen från betongplattan redovisas i nedan i figur 22. Nedan i figur 19 visas en närbild på täckande betongskikt och armering som medföljde borrkärnan som tagits från väggen på Atleverket.

Tabell 2. Klassificering av korrosionstillståndet

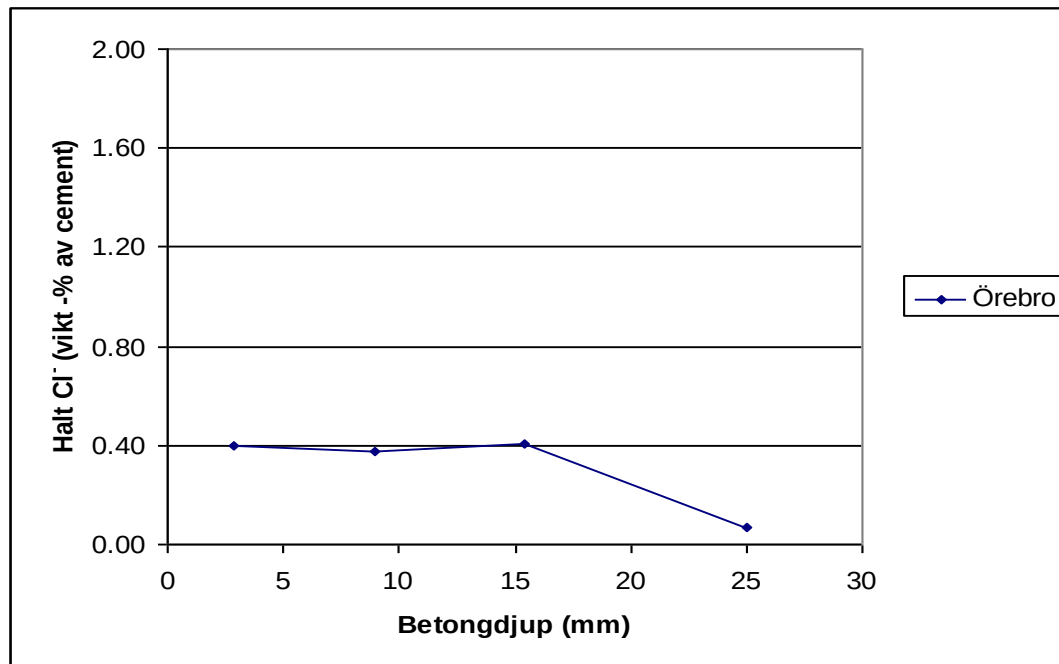
Table 2. Classification of grade of corrosion

KORROSIONSINDEX	
1	Försumbar
2	Låg
3	Måttlig
4	Hög



Figur 17. Närbild över konstruktionsdelar som i figur 15 markeras som ruta 2. Tolkning av korrosionsindex se tabell 2 (Örebro)

Figure 17. Close-up of parts of the construction which are marked as area 2 in figure 15. For classification of grade of corrosion, see table 2



Figur 18. Kloridprofil av borrhärnan tagen från väggen (Örebro)

Figure 18. Chloride profile of the churn drill sample taken from the wall (Örebro)



Figur 19. Närbild av betongskikt och armeringsjärn från borrhärna tagen från väggen (Örebro)

Figure 19. Close-up of the concrete layer and reinforcement bar from the churn drill sample taken from the wall (Örebro)

6.5.2 NSR i Helsingborg

På NSR i Helsingborg utfördes en okulär besiktning av hela konstruktionen vilken inkluderade betongplattan, som utgör golvet och "L-stöd"-betongelementen, som utgör väggarna mot vilka matavfall ligger an, se figur 20.

På betongplattan (golvet) var större delen av det täckande betongskiktet borta, se figur 21. Den ytligaste armeringen (som består av stålfibrer) var blottlagd och korrosion har initierats, se figur 20 (ellips 1) samt nedan i figur 21.

L-stöd-elementen (väggarna) markerade med ellips 2 i figur 20 såg intakta ut vid okulärbesiktningen.

Från golvnivå till ca en meter upp på väggarna noterades mekanisk nötning med ca 10 mm djup.



Figur 20. Översiktsbild över konstruktionsdelar (ellips 1 och 2), där förekomsten av armeringskorrosion undersöktes (NSR)

Figure 20. Overview of parts of the construction (ellips 1 and 2), where presence of reinforcement corrosion was investigated (NSR)

På NSR utfördes bomknackning bara på väggelementen och vid detta moment kunde antydan på armeringskorrosion urskiljas.

På begäran av driftansvarig utfördes inte RapiCor-mätningar på NSR.

Kloridhalten vid olika nivåer bestämdes för borrhärdar tagna från betongplattan. Resultaten från borrhärdarna tagna från betongplattan redovisas i figur 22.

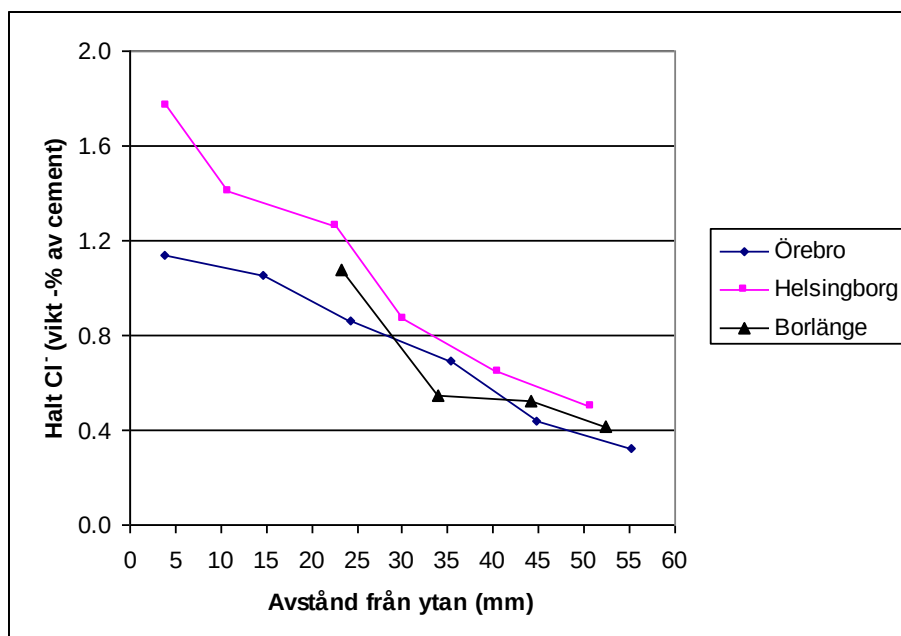


Figur 21. Närbild av betongplattan (golv), området är markerad i figur 20 som ellips nr. 1 (NSR)

Figure 21. Close-up of the concrete floor, marked as area 1 in figure 20 (NSR)

6.5.3 Fågelmyra i Borlänge

Kompostanläggningen i Borlänge besöktes inte. I stället skickades utborrade borrkärnor till CBI Betonginstitut för analys. På en av borrkärnorna bestämdes kloridhalten vid olika nivåer. Kloridanalysens resultat från denna borrkärna, vilken är utborrad från betongplattan i Borlänge, redovisas nedan i figur 22. Figur 22 redovisar kloridhalter i borrkärnor från golv i de tre anläggningarna Örebro, Helsingborg och Borlänge.



Figur 22. Kloridhalten vid olika djup för borrkärnor tagna från betongplattan (golvet) i de olika anläggningarna

Figure 22. Chloride content at different depths in churn drill samples taken from the concrete floors at three different plants

6.6 Lakvattenprov

Resultat från kemiska analyser av lakvattenprover redovisas i tabell 3-6 nedan.

Tabell 3. Lakvattenprover insamlade vid de olika anläggningarna

Table 3. Samples of leachate from the different plants

Prov nr	Insänt av	Provmärkning	Provdatum
1	Örebro kommun, Atleverket	Provuttag Lakvatten	2009-08-18
2	NSR	Lakvatten Avfall	2009-08-25
3	NSR	Substrat Tank 1	2009-08-25
4	Svensk Växtkraft AB	Lakvatten mottagningshall	2009-09-02
5	Borlänge Energi	Lakvatten kompostering	2009-10-07
6	NSR	Lakvatten från avfall	2009-10-22
7	NSR	Lakvatten mottagningsstank 2	2009-10-22
8	Örebro kommun, Atleverket	Lakvatten Mottagningshall	2009-10-27
9	Borlänge Energi	Fågelmyra kompostering	2009-11-04
10	Svensk Växtkraft AB	Lakvatten mottagningshall	2009-11-10

Tabell 4. Lösta halter av Ca, Mg, Na, K, Fe och S i lakvattenprover samt beräknad hårdhet

Table 4. Solute contents of Ca, Mg, Na, K, Fe and S in leachate and calculated hardness

Prov nr	Löst ¹ Ca (g/l)	Löst ¹ Mg (g/l)	Löst ¹ Na (g/l)	Löst ¹ K (g/l)	Löst ¹ Fe (g/l)	Löst ¹ S (g/l)	Beräknad hårdhet (CaCO ₃ - ekvivalenter)
1	1,4	0,32	1,2	3,6	0,071	0,20	4,8
2	0,86	0,16	0,83	1,2	0,44	0,29	2,8
3	7,5	0,70	4,1	5,9	0,17	0,57	22
4	3,7	0,43	2,3	3,7	0,19	0,31	11
5	4,1	0,40	2,3	3,3	0,32	0,31	12
6	2,7	0,30	2,0	2,6	0,16	0,23	7,9
7	0,49	0,15	0,54	1,5	0,15	0,17	1,8
8	1,6	0,31	2,4	3,2	0,042	0,20	5,2
9	4,3	0,45	2,5	3,6	0,33	0,28	13
10	3,0	0,48	2,2	4,0	0,14	0,26	9,6

1) Filtrerat genom 1,2 µm filter.

Tabell 5. Lösta halter av Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} och NH_4^+ , samt pH i lakvattenprover

Table 5. Solute contents of Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NH_4^+ , and pH in leachate samples

Prov nr	Löst ² Cl^- (g/l)	Löst ² SO_4^{2-} (g/l) ³	Löst ² PO_4^{3-} (g/l)	Löst ¹ NH_4^+ (g/l)	pH
1	2,2	ca 0,3	0,79	0,37	3,97
2	1,1	ca 0,2	0,052	1,8	4,72
3	5,7	ca 0,4	1,7	1,9	4,90
4	3,2	ca 0,3	1,7	0,73	4,02
5	3,2	ca 0,3	1,9	0,68	4,09
6	2,5	ca 0,3	1,1	0,63	4,22
7	0,77	ca 0,1	0,72	1,4	4,73
8	3,9	ca 0,4	0,65	0,16	4,33
9	2,9	ca 0,2	1,4	0,62	4,18
10	3,0	ca 0,3	1,5	0,56	4,21

1) Filtrerat genom 1,2 μm filter.

2) Filtrerat genom 0,45 μm filter.

3) Överlappande toppar i kromatogram gör att cirkahalter anges.

Tabell 6. Halter av korta karboxylsyror i lakvattenprover

Table 6. Contents of short carboxylacid in leachate samples

Prov nr	Löst ² formiat (g/l) ⁴	Löst ² acetat (g/l)	Löst ² propionat (g/l)	Löst ² butanat (g/l)	Löst ² pentanat (g/l)
1	<0,3	4,8	0,31	0,17	0,031
2	<2	7,8	3,2	1,5	0,61
3	<2	14	2,3	3,0	0,50
4	<2	8,1	0,60	0,90	0,17
5	<0,5	7,6	0,58	0,57	0,14
6	<0,3	5,2	0,52	0,21	0,094
7	<0,3	7,6	1,7	1,8	0,38
8	<0,3	4,1	0,14	0,027	<0,03
9	<0,5	7,5	0,39	0,30	0,11
10	<0,5	11	0,92	0,72	0,11

2) Filtrerat genom 0,45 μm filter.

4) Överlappande toppar i kromatogram gör att olika prov får olika rapporteringsgräns.

7 Resultatanalys

7.1 Förekomst av korrosionsproblem på anläggningar

Av svaren på enkätstudien framgick att anläggningarna inte kunde svara på frågor om förekomst av korrosion på insamlingsfordon på grund av att det oftast var någon annan avdelning eller organisations ansvar, varför denna del i projektet exkluderades. Parallellt med denna studie, WR 27, har dock en annan studie pågått: WR 31 ”Kartläggning av utvecklingsarbete samt problem vid olika insamlingstekniker för matavfall” [15]. Från enkätundersökning i WR 31, vilken skickats ut till 133 kommuner i Sverige, framkommer att korrosions- och frätskador på insamlingsfordon för matavfall och på mekanisk utrustning på behandlingsanläggningen är vanligt förekommande problem.

7.1.1 Komposteringsanläggningar

De anläggningar som uppger att de praktiserar en enklare variant av komposteringsmetod, oftast strängkompost, har i de flesta fall uppgivit att de inte har några korrosionsproblem. Det beror troligtvis på att de oftast har mindre mängder avfall att kompostera och att det i många fall är en stor andel park- och trädgårdsavfall, d.v.s. avfall som inte är lika korrosivt som matavfall. Anläggningar som har en så kallad biodegma-anläggning, kompostering i betongboxar med membrandukar, verkar alla ha problem med korrosion. Dock upplever den anläggning som är belägen längst norrut mindre problem än de anläggningar som ligger i Mellansverige, trots en stor mängd behandlat matavfall. I biodegma-anläggningar ligger luftslangar i gjutna betongrännor i golvet som täcks med perforerad, bockad plåt. Även plåten ligger i själva rännorna. Dessa perforerade plåtar i luftkanalerna har blivit ansatta av korrosion på flera anläggningar. Inga bra åtgärder har identifierats utan plåtarna har endast bytts ut mot nya plåtar med samma kvalitet och kommer enligt anläggningarna snart att behöva bytas ut igen. Anläggningarna som svarat är byggda 2003 och 2004. Andra mindre korrosionsproblem på biodegma-anläggningar har varit begränsad ytkorrosion på galvade stålkonstruktioner som utgör tak och portar till kompostboxarna.

En anläggning som komposterar i boxar inomhus upplever stora problem med korrosion på betongdetaljer och har bytt komponenter i många olika omgångar. De har även provat med flera olika slags betong- och epoxymaterial i mottagningsficka och i komposteringsboxar, senast 2007, men måste nu återigen åtgärda detta. En annan anläggning har klätt om betongen i mottagningsfickan med 10 mm stålplåt och är nöjda med den åtgärden. Samma anläggning uppger att korrosion uppstår i fläktarna men den enda åtgärden är att byta ut fläktarna till nya fläktar av samma kvalitet.

7.1.2 Biogasanläggningar

Korrosion verkar vara ett mycket vanligt förekommande problem på biogasanläggningar, dock i varierande skala. Det var endast två anläggningar i undersökningen som uppgav att de inte har haft eller har problem med korrosion. De båda anläggningarna är konstruerade för att endast ta emot flytande avfall vilket oftast innebär att mottagningsplatta och mottagningsficka saknas. Den ena anläggningen blev dessutom färdigställd år 2008, så den är relativt ny och har kanske därför ännu inte hunnit uppleva korrosionsproblem.

Biogasanläggningarna uppger en varierande flora av korrosionsproblem. Ett vanligt förekommande problem är korrosion i pumpar. Men ingen direkt åtgärd har identifierats, utan anläggningarna har köpt nya pumpar av samma material när de gamla har gått sönder. En anläggning har dock provat sig fram med olika slags material i pumparna och kommit fram till att pumpar av rostfritt syrafast material är allra bäst. Detta gäller särskilt vid bufferttanken där det har varit mycket lågt pH. Förut användes där en gjutgodspump², där gjutgodset försvann snabbt. Anläggningen anger att pumparna i rostfritt syrafast material har fungerat bra sedan de byttes ut för 3-4 år sedan. Nu byts delar, men bara på grund av slitage (mekanisk nötning) och inte på grund av korrosion.

Några av anläggningarna har försökt att skydda betongen med hjälp av en epoxy-beläggning. De flesta är inte nöjda med den lösningen, problemen har återkommit efter en viss tid. Dock vet man inte om epoxybehandlingen har fördröjt korrosionen eller inte. Se citat nedan från en av anläggningarna som svarat på enkäten.

"Vi har för ett par år sedan tömt blandningstanken, knackat loss lös betong, putsat upp, och belagt med en epoxy. Kan dock konstatera att det redan är nya skador. Betongen blir porös, släpper, frilägger sten samt armering."

Sune Andreason på Stena Metall uppger dock att vinylester har god korrosionsresistens. Lining av betong med glasfiberarmerad plast, typ omvänd plastbåt, ger gott motstånd mot korrosion under lång tid även i kloridmiljö samtidigt med lågt pH värde, kring pH 0. Nackdelen med hårdtemp är hanterbar och vållar normalt inga problem [16].

Vidare bör man beakta att det är inte helt riskfritt för de personer som belägger anläggningen med epoxybeläggning [17].

Annat som framkom i enkätundersökningen är att olika detaljer i anläggningen är av olika material vilket upplevts som ett problem. Detta svar angavs av en anläggning under "övrigt". *"Inmatningsskruvar, glidskenorna i skruvarna är av järn och rännorna är rostfria detta passar inte ihop."*

Andra svar under "övrigt" var att containers på anläggningen har stora korrosionsskador som visar sig i form av rostflakor.

En anläggning som går mot strömmen och hittills är nöjda med sina åtgärder beskriver nedan vad de har använt för åtgärder mot korrosion. De var tidigare drabbade av stora problem med korrosion, framförallt i mottagningshallen.

² Gjutgods är inget material, det är en tillverkningsmetod. Generellt kan man säga att gjutjärn (gråjärn), som är ett gjutgods, håller bra mot korrosion även i sur och kloridhaltig miljö. Det finns gjutgods av olika mässing- och bronslegeringar och vissa av dem har kort livslängd i miljöer som finns vid en biologisk behandlingsanläggning. Troligen avses här stålgiutgods vilket kan bli kortlivat i dessa miljöer. Rostfritt och speciellt syrafast material kan vara en fara i kloridmiljöer pga. spänningskorrosion som ger strukturstabilitet [16].

"I juni 2008 reparerades den del i mottagningshallen där bioavfallet lagras med en syrafast polymerförstärkt gjutasfaltbeläggning av fabrikat BINAB (250 m² s.k. syrafast gjutasfalt, 5-65 mm tjocklek). I direkt anslutning till infarten i mottagningshallen gjordes en behandling med Duracon akrylbeläggning. Genom att belägga 100 m² mindre skadade delar (3-6 mm djupa skador) med en 2-komponents epoxybehandling fabrikat Eradur, Resistent SB, 2-komponenter, komp A och komp B med separata säkerhetsdatablad. Ilagd sand i ytan för att göra golvet mindre halt nöts naturligtvis successivt." Efter ca 1,5 års drift ser den behandlade ytan relativt opåverkad ut."

7.1.3 Fotodokumenterade korrosionsproblem

Följande fotografier har inlämnats från anläggningsägare i samband med enkätundersökningen, se figur 23-25.



Figur 23. Rost på betonggolv i förbehandlingen

Figure 23. Corrosion on a floor of concrete in the preliminary treatment



Figur 24. Rostangrepp på blandartank

Figure 24. Ferrus corrosion at the mixing tank



Figur 25. Frätskador på mottagningstank på en biogasanläggning

Figure 25. Corrosion damage at the receiving tank at a biogas plant

7.2 Borrkärnor – Mikroskopiska analyser

De mikroskopiska analyserna visar att de undersökta anläggningarna har samma typ av påverkan på betongen. Att betongen eroderar bort beror på att cementpastan löses upp av det sura lakvattnet. Frigjort kalcium från cementpastan och fosfat från lakvattnet bildar poröst kalciumfosfat på betongytan som sedan lätt eroderas bort. Ny betong kommer fram och exponeras för lakvattnet och samma process sker igen. Hur stor denna erosion är beror på både lakvattnet och betongkvaliteten.

I Örebro uppskattades erosionen vara upp till 10 mm/år. Denna uppskattning är bestämd utifrån konstruktionsritningen som anger ett täcksikt på 30 mm för sprickarmeringen och att anläggningen är 5 år gammal. Sprickarmeringen var borta där korrosionen var som störst. Hos NSR ligger en stålfiberarmerad betong, så där har det varit svårt att uppskatta erosionshastigheten, men med tanke på att betongen hos NSR har ett vct på 0,55 jämfört med <0,5 i Örebro och att byggcement är använt istället för anläggningscement är troligtvis erosionshastigheten större hos NSR.

Anläggningen i Borlänge visade samma urlakningszon som NSR och Atleverken fast den låg här under tätskiktet. Detta tolkades först som att entreprenören som utfört arbetet med att lägga ut tätskiktet inte tagit bort det översta lagret på den skadade betongen. Efter samtal med entreprenören visade det sig att han billat bort det översta lagret på betongen så att den yta som epoxyn applicerades på var opåverkad. Detta indikerar att lakvattnet har penetrerat genom epoxyn och fortsatt att laka ur cementpastan i betongen. Detta kan också förklara varför vidhäftningen mellan epoxy och betong varit dålig på vissa ställen.

7.3 Armeringskorrosion

7.3.1 Atleverket i Örebro

Armeringskorrosion detekterades både på betongplattan (golv) och väggen som figur 16 och figur 17 indikerar.

Armeringskorrosion på betongplattan påträffades på det ytligaste armeringslagret, den så kallade sprickarmeringen. Sprickarmeringens syfte är att begränsa sprickbildningen som uppstår vid gjutning av betonggolv på grund av temperatur och fuktrörelser. Att denna armering är hårt angripen av korrosion utgör idag ingen större risk för konstruktionens säkerhet.

Höga halter av klorider uppmättes i betongplattan ner till ett djup av 50 mm med en successivt nedåtgående trend (se figur 22). Nästa armeringslager återfinns på ca 70-75 mm djup, kloridhalten på denna nivå överstiger med största sannolikhet inte det kritiska värdet för initiering av armeringskorrosion. Korrosionsskador har heller inte påträffats på den armering vid denna nivå som kom med den utborrade kärnan.

Det täckande betongskiktet i väggen fram till armeringen där borrkärnan togs är ca 20 mm (se figur 17 och figur 19). Kloridhalten vid denna nivå är ca 0,3 viktprocent av

cementvikten. Denna halt är inte extremt hög, men i kombination med andra aggressiva medier som t.ex. ammoniumjoner som påträffades i lakvattnet (se tabell 3-6, kemisk analys) har den varit tillräcklig för initiering av armeringskorrosion.

Trots att en hög pågående korrosion uppmättes på vissa delar av väggen (se figur 17) så har processen för armeringskorrosion ännu inte fortskridit så långt (se figur 19).

7.3.2 NSR i Helsingborg

För "L-stöd"-elementen (väggarna) kan en tillförlitlig bedömning av armeringens tillstånd inte göras, detta på grund av att RapiCor-mätningar inte fick genomföras för anläggningsägaren och även på grund av att konstruktionens utformning inte var lämplig för uttagning av borrkärnor. Resultat från bomknackning tyder på att armeringskorrosion kan förekomma, men skillnaderna i ljudklang kan också bero på olika packningsgrad på andra sidan väggen.

Betongplattan är stålfiberarmerad och de fibrer som är blottlagda i ytan har korroderat (se figur 21). Höga halter av klorider uppmättes i betongplattan ner till ett djup av 50 mm med en successivt nedåtgående trend (se figur 22). Trots det visar stålfibrerna i borrkärnan inga tecken på korrosion, bortsett från det översta lagret. Det är allmänt känt att stålfiber tål mer aggressiva miljöer än konventionella armeringsjärn.

7.3.3 Fågelmyra i Borlänge

Anläggningen besöktes ej och ritningar kunde inte tas fram.

Höga halter av klorider uppmättes i betongplattan ner till ett djup av 50 mm med en successivt nedåtgående trend (se figur 22). Av insända borrkärnor kunde man inte utläsa hur denna betongplatta är armerad. Det bör nämnas att vissa betonggolvskonstruktioner inte armeras.

7.4 Lakvattenprov

Lakvattenproverna innehåller relativt mycket fast material men enbart halter av lösta ämnen har bestämts, eftersom man antar att det är lösta ämnen som angriper betongen. I denna studie har man använt 0,45 µm-filter eller 1,2 µm-filter för att avskilja icke-löst material.

Lakvattenproverna innehåller relativt höga halter (g/l) av olika salter och organiska syror (främst ättiksyra) (se tabell 3-6). Proverna är dessutom relativt sura med pH-värden mellan 4,0-4,5 för de flesta proverna vilket troligen beror på de höga halterna av främst ättiksyra.

Halter av olika ämnen i lakvattenproverna skiljer sig relativt lite mellan olika anläggningar och mellan olika provtagningstillfällen.

Det är känt sedan tidigare att organiska syror såsom ättiksyra har en kraftigt nedbrytande effekt på cementpastan i betongen. I lakvattnet finns även andra skadliga komponenter såsom ammoniumjoner, vilka ytterligare kan påskynda betongkorrosionen.

8 Slutsatser

Resultaten från detta projekt visar att betong inte har tillräcklig motståndskraft i miljöer där matavfall behandlas. Oavsett vilken betongkvalitet som används kommer problemen att uppstå, dock med olika hastighet. För att säkerställa betongkonstruktionernas funktion måste betongen skyddas med ett tätskikt. Detta tätskikt måste dels tåla den aggressiva miljön från matavfallets lakvatten och dels vara beständig mot mekanisk nötning från fordon.

I rapporten redovisas flera olika tätskikt som har använts för att få bukt med problemen. Vissa av dessa har fungerat, medan andra har gett sämre resultat. För att kunna säkerställa funktionen hos de olika tätskikten måste provning utföras i ”sin rätta” miljö med avseende på temperatur och kemisk sammansättningen hos lakvattnet. Idag finns inga standardmetoder för att utföra denna provning, utan sådana måste utvecklas.

Korrosionsproblem förekommer även på insamlingsfordon för matavfall och på mekanisk utrustning vid behandlingsanläggningen, även om detta inte framgick tydligt av enkätsvaren.

9 Rekommendationer och användning

Betongkonstruktioner i matavfallsanläggningar kräver någon form av skyddsbeläggning för att förhindra omfattande nedbrytning av betongen och armeringskorrosion till följd av den aggressiva miljö som uppstår vid kemisk påverkan från matavfallet.

På marknaden finns idag ett antal produkter/system som är avsedda för isolering/beläggning till broar, parkeringsdäck, stallar m.m. och som därtill förespeglas fungera också i matavfallsmiljö. Dock saknas som regel relevant provning vad gäller kemikaliebeständighet för den aktuella specifika matavfallsmiljön. Exempel på sådana för matavfallsmiljö eventuellt lämpliga material är:

- Bituminöst tätskikt i kombination med bituminös beläggning av något slag
- Enbart bituminös beläggning
- Flytande/sprutapplicerad isolering som eventuellt kan kombineras med någon form av beläggning. Isoleringen kan utgöras av t.ex. akrylbaserat material eller polyuretan.

Aktuell kravspecifikation för dessa material/system behöver kompletteras med relevant provningsmetodik, egenskaper och krav innan de kan användas som skyddsbeläggning i matavfallsanläggningar.

Förslag på framtida arbeten är att i en fortsättningsstudie av detta projekt, WR 27, ta fram kravspecifikation för material/system, vilka ska fungera som tätskikt på betong i biologiska behandlingsanläggningar samt att utforma provningsmetoder för dessa material/system, som marknadsförs som tätskikt för att skydda mot kemisk påverkan.

Vidare behöver matavfallets påverkan på metalliska material utredas. En studie där man koncentrerar sig på lämpligt materialval/ytbeläggningar för insamlingsfordon och metalliska komponenter vid behandlingsanläggningar kan ses som ett framtida projekt.

10 Litteraturreferenser

- [1] Fagerlund, G., "Betonghandboken Material", kap. 20, pp.711-726, 1997
- [2] Eglinton, M., "LEA'S Chemistry of Cement and Concrete", kap.7, pp. 299-342, 1998
- [3] Benture, A.. et.al., "Steel corrosion in concrete fundamentals and civil engineering practice", 1st ed.,1997.
- [4] Angst et. al. "Critical chloride content in reinforced concrete – A review", Cement and Concrete Research, vol. 39, 2009, pp. 1122-1138
- [5] Svensk standard SS 13 70 03:2008, "Betong – Användning av EN 206-1 i Sverige"
- [6] Svensk standard SS 13 70 10:2002, "Betongkonstruktioner – Täckande betongskikt"
- [7] Sundberg, C., "Food waste composting – effects of heat, acids and size", Licentiat rapport 254, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Uppsala 2003
- [8] Zivica, V., et. al. "Acidic attack of cement based materials – a review. Part 1. Principle of acidic attack", Construction and Building Materials, vol. 15, 2001, pp. 331-340.
- [9] Romben, L., "Betonghandboken Material", kap. 23, pp.809-847, 1997
- [10] St. John, D.A., "Concrete Petrography – A handbook of investigative techniques", kap. 6, pp. 247-316, 1998
- [11] Mattias Buhr, DAB, personligt meddelande, 09-12-03
- [12] <http://sv.wikipedia.org/wiki/Epoxy> 09-12-15
- [13] <http://binab.ovation.se/binab-site.asp?id=11> 09-12-08
- [14] Frederik Eckhardt, Arma Coating, personligt meddelande, 10-01-07
- [15] Henriksson G; WR 31 – Kartläggning av utvecklingsarbete samt problem vid olika insamlings tekniker för matavfall, 2010
- [16] Sune Andreasson, Stena Metall, personligt meddelande, 10-03-09
- [17] Walsing M., "Impact assessment for the Provisions on Occupational Exposure Limit Values and Measurese against Air Contaminants, AFS 2005:17" Arbetsmiljöverket, Stockholm

Bilaga A. Enkät om vittring och korrosion till biologiska behandlingsanläggningar

1. Förekommer det korrosionsproblem på din anläggning?
2. Om ja, var på anläggningen finns problemen? Och när är den delen av anläggningen konstruerad?

Mottagningshall

Material: _____ Byggt år: _____

Mottagningsficka

Material: _____ Byggt år: _____

Blandartank

Material: _____ Byggt år: _____

Annat

Material: _____ Byggt år: _____

Övriga kommentarer:

3. Vad för slags korrosionsproblem har uppstått på er anläggning?

☐ kratrar

☐ hål

☐ sprickor

☐ rostutfällningar

☐ övrigt

4. Har ni vidtagit några åtgärder vid problem med korrosion?
5. Om ja, är ni nöjda med ovanstående åtgärder?
6. Känner ni till några andra lösningar som skulle kunna fungera?
7. Förekommer korrosionsproblem på insamlingsfordon?
8. Känner ni till om några åtgärder har satts in vad gäller insamlingsfordonen?

Bifoga gärna foton på era skador, det underlättar för SP's specialister att kategorisera skadorna.



WASTE REFINERY

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås
wasterefinery@sp.se
www.wasterefinery.se