

SLAGGRUS I MARKBYGGNADER

RAPPORT 2016:329



MILJÖRIKTIG ANVÄNDNING
AV ASKOR



Slaggrus i markbyggnader

Etablering av en långsiktig försöksyta för slaggrus som
konstruktionsmaterial och uppföljning år 1

ERIC RÖNNOLS

ISBN 978-91-7673-329-5 | © 2016 ENERGIFORSK

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Denna rapport är slutrapportering av projekt Q14-232 Slaggrus i markbyggnader, uppföljning och etablering av långsiktig försöksyta inom programmet Miljöriktig användning av askor som bedrivs av Energiforsk. Programmet startade inom ramen för Värmeforsks forskningsprogram och ingår liksom all övrig forskningsverksamhet inom Värmeforsk numera i Energiforsk.

Inom ramen för projektet en försöksyta med slaggrus etablerats på en ny återvinningscentral. Det ger möjlighet att göra långsiktiga uppföljningar av miljöeffekterna vid användning av slaggrus i markbyggnader. Resultaten från första åren redovisas i denna rapport.

En omfattande bilaga med ritningar, provtagningsdata och analyser finns att tillgå på Energiforsks hemsida tillsammans med denna rapport.

Projektet har genomförts av NSR, Nordvästra Skånes Renhållnings AB, med Eric Rönnols som projektledare.

Projektet har följts av en referensgrupp bestående av:
Raul Grönholm, Sysav Utveckling,
Stig-Olov Taberman, Tekniska verken i Linköping,
Niklas Hansson, Vattenfall,
Karsten Ludvigsen, NOAH,
Mariana Björklund, Borås Energi och Miljö.

Stockholm december 2016

Helena Sellerholm
Områdesansvarig
Bränslebaserad el- och värmeproduktion, Energiforsk AB

Sammanfattning

I projektet "Slaggrus i markbyggnader" har NSR utnyttjat drygt 20 000 ton slaggrus som ersättning till krossgrus i förstärkningslager under arbetsytor och vägar inom en ny återvinningscentral (ÅVC) vid NSRs Återvinningsanläggning i Helsingborg. Anläggningen har lokaliserats och utformats för att kunna fungera som objekt för långsiktig uppföljning av miljöeffekter när slaggrus utnyttjas som konstruktionsmaterial.

I rapporten redovisas erfarenheterna från byggandet av anläggningen, undersökningar av slaggrusets egenskaper både miljömässigt och som konstruktionsmaterial och resultaten av första årets uppföljning från miljösynpunkt.

Erfarenheterna från byggskedet och uppföljningen från miljösynpunkt är goda.

- Slaggruset har sådana egenskaper att det kan packas till acceptabel bärighet för många typer av vägkonstruktioner, även om kraven enligt Trafikverkets norm TDOK 2014:041 inte uppfylls fullt ut, t ex beträffande nötningsegenskaper.
- Utläggning och packning har kunnat göras med konventionell utrustning och teknik och normala skyddsåtgärder från arbetsmiljösynpunkt.
- Tiden mellan utläggning och övertäckning/asfaltering bör minimeras för att undvika både arbetsmiljöproblem och inträngning av nederbörds-vatten i konstruktionen.
- Mätningar ca ett år efter utförandet visar att sättningarna varit i stort sett obefintliga (+1 till -5 mm), både på ytor med slaggrus och på ytor med normal bergkross i förstärkningslagret.
- Urlakningen av metaller från slaggruset är acceptabelt låg, trots förekommande höga totalhalter av bl a koppar, krom, bly och zink.
- Klorider och sulfater lakar tidigt i processen vilket kan göra att utnyttjande kan kräva en platsspecifik bedömning med hänsyn till recipienten.
- pH i slaggruset är naturligt högt och ligger även två år efter fram-ställningen i nivån pH 9 – 10, även när det använts i markbyggnader. Möjligheterna till balanserad pH-justering bör utvecklas. En för stor sänkning av pH har också visats kunna medföra risk för ökad urlakning av vissa metaller, exempelvis antimon.
- Byggskedet kan ge en "stöt" av vissa föroreningar till dagvattnet, på grund av den fysiska hanteringen av slaggruset, ofullständig avvattning av terrassen och infiltration av nederbörd innan slaggruset kapslats in.
- Ett års uppföljning är för kort tid för bedömning av påverkan kommer att kunna spåras i grundvattnet nedströms.
- I den ytliga avrinningen, som kanaliseras till uppsamlingsdammen och vidare till NSR:s lakvattensystem, märks både den initiala påverkan och en tydlig avklingning av halterna under den fortsatta mätperioden.
- De hittillsvarande resultaten överensstämmer väl med tidigare svenska erfarenheter, bl a redovisade i Avfall Sverige, Rapport 2015:02.

De refererade bilagorna och ritningarna finns att tillgå på Energiforsks hemsida tillsammans med denna rapport.

Summary

Within the project “Secondary Aggregates, Slag gravel, in Ground Works” NSR has been using around 20 000 tons of slag gravel substituting virgin, crushed gravel in the sub base of a new Public Recycling Station in Helsingborg. The facility is located and designed to be suitable for a long term follow up of the environmental effects from using slag gravel in constructions.

The report covers the experiences from the building phase, examination of the properties of the slag gravel from both environmental and building point of view and the results of the first year of following up of the impact on runoff and shallow ground water.

The experiences are positive from both environmental and building point of view:

- The slag gravel has physical properties that makes it possible to compact it to an acceptable strength for the intended use as a sub base for roads, even if it does not completely comply with the normal Swedish Guidelines for road constructions (TDOK 2014:041).
- Construction with slag gravel has been possible to manage with standard machinery and using normal occupational safety precautions.
- The time lap between placing the slag gravel and covering it with an impermeable layer of asphalt should be minimized to avoid risks for workers and the inconvenience of rainwater uptake in the gravel.
- Measurements after one year shows that settlings have been insignificant, (+1 to -5 mm) both on surfaces with an without a layer of around 50 cm of slag gravel in the construction.
- The leakage of metals from the slag gravel is acceptably low, in spite of occurring high total content of some metals in the slag gravel (copper, chromium, lead, zinc).
- Leaching of chlorides and sulfates can motivate a site specific consideration before using slag gravel in the vicinity of sensitive water bodies.
- pH in the slag gravel is naturally high and is above pH 9, even two years after sorting of the bottom ash and used in the construction works. Means for a balanced pH-reduction should be considered. Lowering the pH too much can also imply a hazard regarding increased leaching of certain metals (i.e. antimony).
- The construction phase can give an initial load of some pollutants to the run off, due to the physical handling of the slag gravel, infiltration of rain water and mixing with shallow groundwater, if the subbase has not been properly drained.
- One year is too short for determining the impact of the project on the local groundwater bodies.
- In the surface run off, led to the retention pond and further to the NSR leachate treatment system, an impact can be noticed regarding some parameters, but also an obvious and continuing decrease in content of salts and metals over time.

- The results so far are to a great extent consistent with earlier Swedish experiences as reported i.e. in Avfall Sverige, Rapport 2015:02.

Please note that appendices and drawings are available on Energiforsk's website, www.energiforsk.se.

Innehåll

1	Bakgrund	11
1.1	Slaggrus – ett nytt avfall eller en resurs för Helsingborg?	11
1.2	Svenska erfarenheter av slaggrus-utnyttjande	12
1.3	Slaggrus i ett Internationellt perspektiv	14
1.3.1	EU lagstiftning	14
1.3.2	Lagstiftning/guidelines i olika medlemsstater	15
2	Projektbeskrivning	17
2.1	Målsättning	17
2.2	Projektupplägg	18
2.3	Beskrivning av försöksområdet	18
2.3.1	Omgivningar, skyddsintressen	18
2.3.2	Yt- och grundvatten	18
2.3.3	Grundförhållanden	19
2.4	Referensprovtagning	19
2.4.1	Naturlig mark	19
2.4.2	Grundvatten	20
2.5	Utläggning av slaggrus	21
3	Kontrollprogram, vatten	24
4	Resultat	26
4.1	Karaktärisering av slaggrus från KVV Filborna	26
4.1.1	Sorteringsteknik och -resultat	26
4.1.2	Kemisk sammansättning hos använt slaggrus	27
4.1.3	Lakningsegenskaper	29
4.1.4	Mekaniska egenskaper	32
4.1.5	Sättningsmätningar	33
4.2	Fältnätningar Vatten, analysresultat 2016	34
4.2.1	Grundvatten	34
4.2.2	Ytvatten/dagvatten från ÅVC	36
4.2.3	Utgående vatten	42
4.2.4	Dagvatten utanför anläggningen	45
4.2.5	Dränvatten från slaggrusskiktet	46
5	Utvärdering av byggskedet och ett års uppföljning	50
5.1	Byggande med slaggrus	50
5.2	Miljövärdering	50
5.3	Behov av en bredare utvärdering från miljösynpunkt?	52
6	Referenser	54

Följande bilagor och ritningar finns att tillgå i ett separat dokument på Energiforsks hemsida:

Bilagor

1. Incinerated bottom ash (IBA) – legislation and rules for utilisation in the EU and selected member states, Lenka Muchova, October 2016
2. NSR Återvinningsanläggning Helsingborg, Bakgrundsprovtagning inför användning av slaggrus (inklusive provtagning/analys av använt slaggrus 2015), Tyréns, 2016-10-03
3. Uppföljningsprogram, vattenprovtagning 2016, NSR, 2016-05-25
4. Uppföljning från miljösynpunkt av maskinell slaggsortering (bottenaska från KVV Filborna) för NSR, KAABS Nordic AB, Projekt Helsingborg, Rönnols Miljökonsult, 2014-10-27 (exklusive bilagor)
5. Analys av bottenaska, totalhalter, KVV Filborna, januari – maj 2014, Eurofins, 2014
6. Analys av slaggrus och bottenaska, totalhalter och lakteter 2014, ALS Scandinavia, augusti 2014
7. Analys av slaggrus och markprover, ÅVC, totalhalter och lakteter 2016, ALS Scandinavia AB, september 2016
8. Undersökningar av slaggrusets mekaniska egenskaper, Svevia väglaboratorium Arlöv, februari – mars 2015
9. Plattbelastning, NSR provytor, Svevia väglaboratorium, Arlöv, mars – augusti 2015
10. Analysresultat, provtagning vatten, februari – oktober 2016, Eurofins

Ritningar

- | | |
|----|--|
| 01 | Orienteringsplan, NSR Återvinningsanläggning Helsingborg |
| 02 | Ytor med slaggrus ÅVC, plan |
| 03 | Ytor med slaggrus ÅVC, sektioner, A-A, B-B, detalj A1 och A2 |
| 04 | Kontrollprogram ÅVC, provtagningspunkter vatten |
| 05 | Sättningsmätningar, väg, mätdata mars och september 2016 |
| 06 | Sättningsmätningar yta ÅVC, mätdata mars och september 2016 |
| 07 | Grundvattenmätningar, ÅVC, plan och sektion C |
| 08 | Provtagning, slaggrus och naturlig mark, ÅVC, september 2016 |
| 09 | Geoteknisk undersökning, grundvattenrör ÅG1 – ÅG6, profiler |
| 10 | Uppsamlingsystem, dag- och dränvatten ÅVC |

1 Bakgrund

1.1 SLAGGRUS – ETT NYTT AVFALL ELLER EN RESURS FÖR HELSINGBORG?

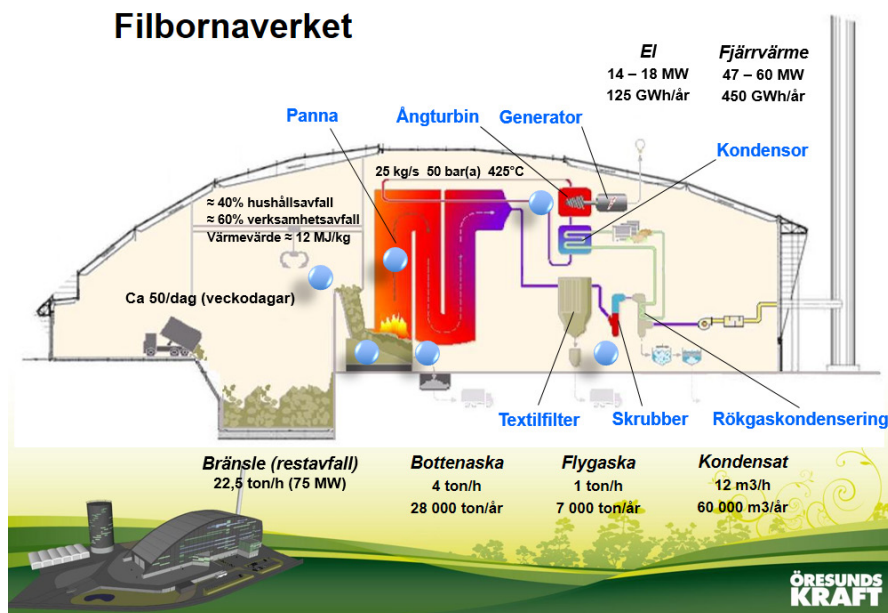
Under 2012/2013 startade den första förbränningsanläggningen för avfall i Helsingborg genom att Öresundskraft etablerade KVV Filborna. Anläggningen ligger inom det område som staden har avsatt långsiktigt för avfalls- och återvinningsverksamhet. Inom området är NSR verksamt sedan 1980-talet och avfallsverksamhet har bedrivits på platsen sedan 1950-talet.



Figur 1 NSR Återvinningsanläggning Helsingborg

KVV Filborna har idag tillstånd till förbränning av upp till 200 000 ton avfall per år (ursprungligen 160 000 ton avfall + 40 000 ton biobränsle).

Filbornaverket



Figur 2 KVV Filborna, nyckeltal vid förbränning av ca 200 000 ton avfall och biobränsle per år

Rosterpannan producerar således ca 30 000 ton bottenaska per år, ett "avfall" som Öresundskraft och NSR har ambitionen att kunna uppgradera till ett fullgott konstruktionsmaterial. På uppdrag av NSR fungerar KAABS Nordic AB som entreprenör för kampanjvis sortering av bottenaskan. Parallellt med detta projekt bedriver KAABS även intern teknikutveckling för att höja kvaliteten på utsorterat slaggrus genom förbättrad sorteringsteknik.

NSR har genom sitt miljötillstånd möjlighet att under kontrollerade former utnyttja slagg från avfallsförbränning i konstruktioner inom anläggningen. 2014 beslutade NSR att etablera en ny återvinningscentral (ÅVC) inom en hittills oexploaterad del av området och samtidigt utnyttja sorterat slaggrus som en del av förstärkningslagret under vägar och arbetsytor.



Figur 3 Den nya återvinningscentralen, ÅVC Helsingborg, togs i drift november 2015.

I och med att området tidigare inte varit påverkat av industriell verksamhet bedömdes att platsen även skulle vara lämplig som ett försöksobjekt för en långsiktig uppföljning av eventuell miljöpåverkan från användning av slaggrus i markbyggnader.

1.2 SVENSKA ERFARENHETER AV SLAGGRUS-UTNYTTJANDE

Förbränning av restavfall från hushåll och verksamheter i Sverige ger upphov till över 900 000 ton bottenaska år (Avfall Sverige, 2016). Bottenaskan klassificeras vanligen som icke farligt avfall¹ och behandlas genom sortering för utvinning av metaller och produktion av slaggrus, ett material som till stor del används som konstruktionsmaterial på och utanför deponier. För annan användning än som terrasseringsmassor under tätskiktet i sluttäckning av avfallsdeponier krävs normalt en platsspecifik bedömning av förutsättningarna för tänkt utnyttjande i form av karaktärisering av slaggruset (totalhalter av föroreningar och lakteter) samt bedömningar av miljöriskerna på vald plats.

¹ Ett förslag till nya bedömningskriterier för den farliga egenskapen ekotoxiskt (HP 14) inom EU kan få konsekvenser för den framtida klassningen av bl. a. bottenaska från avfallsförbränning.

Naturvårdsverket har i sin Handbok för Återvinning av avfall i anläggningsarbeten (NV Rapport 2010:1) satt upp nivåer beträffande halter och lakningsegenskaper över vilka man anser att användningen av avfallet ska avgöras efter anmälan eller tillståndsprövning av verksamheten. Nivåerna för "mindre risk än ringa" enligt Naturvårdsverkets handbok är beträffande totalhalter så lågt satta att all användning av slaggrus från bottenaska kräver anmälan eller miljöprövning.

Inom några år kommer behovet av att kunna utnyttjas slaggrus utanför avfallsanläggningarna att öka kraftigt, allt eftersom behovet av slaggrus i sluttäckning av deponier avtar. Det finns därför ett stort behov av att öka kunskaperna om slaggrusets användbarhet och miljörisker.

Användning av slaggrus i markbyggnader, framförallt i förstärkningslager under vägar och andra asfalterade ytor, har skett i "projektform" i många år i Sverige. Med erfarenheterna som grund har försök gjorts att "produktifiera" slaggruset och därmed underlätta för användning av materialet som ett accepterat alternativ till natur- och krossgrus. Redan 2002 tog RVF fram ett förslag till "Kvalitetssäkring av slaggrus från förbränning av avfall" (RVF Rapport 2002:10). 2006 publicerade SGI och RVF en handbok för "Slaggrus i väg- och anläggningsarbeten" (SGI Information 18:5, RVF Rapport 2006:8).

I ett av Värmeforsk och Avfall Sverige samfinansierat projekt 2008 anpassade Skanska ett koncept från Vägverkets projekt "Alternativa material i väg- och järnvägsbyggnad" (2007) till att avse användning av slaggrus från avfallsförbränning. I rapporten "Slaggrus för sammansatta obundna material i väg- och anläggningsbyggande, Handbok" (Rapport 2008:06 från Avfall Sverige) presenteras bl.a. förslag till säkerhetsdatablad, byggvarudeklaration och varuinformationsblad för slaggrus i markbyggnader.

I ovan nämnda publikationer utnyttjas erfarenheterna från bl. a. slaggrusanvändning i anläggningsprojekt i Malmöregionen, Göteborg, Linköping och Umeå.

Svenska energiaskor har 2012 gett ut en handbok för miljöprövning av askor "Att använda askor rätt", för att underlätta för verksamhetsutövare att upprätta anmälningar och tillståndsansökningar enligt miljöbalken när askor används t ex som konstruktionsmaterial.

Under 2015 har miljöpåverkan från Sysavs kontrollerade användning av slaggrus under mer än 15 år utvärderats i en rapport från Avfall Sverige (Rapport 2015:02).

Sysavs arbete med slaggrus har utmynnat i en strategi enligt nedan för användning av slaggrus.

Materialet

- Ett system för kvalitetssäkring av slaggruset har utarbetats för att säkerställa en jämn kvalitet på slaggruset.
- Före lagring sker en utsortering av metaller och organiskt material.
- Slaggrus lagras under sex månader för att erhålla ett stabilt material.

- Lokalisering baseras på geologiska och geohydrologiska förutsättningar (tätt jordlager/barriär i form av lermorän mellan slaggrus och opåverkade grundvattenmagasin).

Användningen

- Ingen användning inom vattenskyddsområde eller där ytnära grundvatten utnyttjas.
- Tät överyta för att motverka snabb urlakning.
- Ingen användning under byggnader för närvarande.
- Ingen användning invid lekplatser eller liknande.
- En geohydrologisk riskkarta över Malmöområdet (SGU) beaktas vid val av platser.
- Kontrollprogram och uppföljning beträffande det ytliga grundvattnet under minst tre år. Utvärdering i årsrapporter till tillsynsmyndigheten.

Sammanfattningsvis är slutsatserna i rapporten bl. a. att

- Viss urlakning av salter kan konstateras i observationsrör i det ytliga grundvattnet nära anläggningarna,
- Ingen påverkan har skett på skyddsvärt grundvatten,
- Beträffande urlakning av spårämnen konstateras endast en viss lokal påverkan beträffande koppar och i något fall zink,
- Ingen påverkan har noterats på vegetationen,
- Långtidsaspekten är viktig vid miljövärderingen. I rapporten bedöms att halterna av de flesta ämnena från slaggruset kommer att avta med tiden, vilket överensstämmer med danska erfarenheter,
- Genom val av lokalisering för slaggrusanvändningen bedöms att även om täckningen (asfalt) skulle skadas så skulle påverkan inte bli betydande eftersom urlakningen är låg och många spårelement/metaller fastläggs i marken,
- Sammanfattningsvis bedöms att användningen av slaggrus inte gett någon påverkan på allmänna eller enskilda intressen.

1.3 SLAGGRUS I ETT INTERNATIONELLT PERSPEKTIV

1.3.1 EU lagstiftning

Bottenaska från avfallsförbränning klassas som avfall enligt EU:s Avfallsdirektiv (2008/98/EC). Enligt EU-lagstiftningen rekommenderas att avfall återvinns, men det finns ingen gemensam reglering av återvinning av bottenaska inom EU. I **bilaga 1** redovisas hur hantering av bottenaska från avfallsförbränning hanteras i ett antal europeiska länder, inklusive gräns- och riktvärden för "friklassning" av avfallsbaserade konstruktions-massor (Muchova, 2016). Reglerna för friklassning baseras oftast på laktester, ibland kombinerat med gränser för totalhalter.

Eftersom avfallsaskans mineralfraktion ("slaggrus") anses ha en stor återvinningspotential, framförallt inom byggsektorn, startades 2008 ett arbete inom EU för att utveckla "End of Waste"-kriterier för avfallsbaserade konstruktionsmaterial, inklusive bottenaska. Syftet med EoW-kriterier är att

fastställa under vilka förutsättningar något som initialt är klassat som avfall kan övergå till att betraktas som en produkt, fri från "avfallsstämpeln".

Någon EU-gemensam standard beträffande "EoW-kriterier" för slaggrus finns inte. Storbritannien är ett exempel där en nationell standard tagits fram för EoW-processen beträffande konstruktionsmaterial.

1.3.2 Lagstiftning/guidelines i olika medlemsstater

Tabellen nedan sammanfattar hur olika länder inom EU reglerat användningen av slaggrus och andra avfallsbaserade konstruktionsmassor. Beträffande gräns- och riktvärden för lakning, se Tabell 1 och **bilaga 1**.

I Österrike, Belgien, Tjeckien, Danmark, Finland, Frankrike, Tyskland, Italien, Nederländerna, Spanien och Sverige finns regler/guidelines som omfattar lakningsegenskaper för material som används i markbyggnader, bl a för vägar. Länderna, med undantag för Italien, har även kriterier för materialets totalinnehåll av organiska och/eller oorganiskt material.

I många fall relateras kriterierna för lakning till hur materialet ska användas, t ex med avseende på markanvändning, vattentäkter, grundvattennivåer, grundvattnets känslighet för påverkan m m.

Tabell 1. Kriterier för användning av avfallsbaserade massor för konstruktionsarbeten inom EU (Saveyn m fl, 2014), se vidare **bilaga 1** beträffande förklaringar, fotnoter m. m.

Member State	EoW criteria?	Regulation of the use of waste aggregates?	Criteria on total content?	Criteria on leaching?	Type(s) of leaching tests required
Austria	No	Guidelines (1)	Yes	Yes	EN 12457-4 (L/S = 10 l/kg)
Belgium	No	Yes, in the Flemish region (2)	Yes	Yes	CEN/TS 14405 (L/S = 10 l/kg)
Czech Republic	No	Based on Landfill legislation* (3)	Yes	Yes	EN 12457-4 (L/S = 10 l/kg)
Denmark	No	Yes (4)	Yes	Yes	EN 12457-1
Finland	No	Yes (5)	Yes	Yes	CEN/TS 14405; EN 12457-3 (L/S = 10 l/kg)
France	No	Yes (6)	Yes	Yes	EN 12457-2 and 4
Germany	No	Yes guidelines – new regulation in preparation (7)	Yes	Yes	EN 12457-2 and DIN 19528 (new legislation)
Hungary	No	Some (8)	No	Yes	Not known
Italy	No	Yes (9)	No	Yes	EN 12457-2 (L/S=10 l/kg)
The Netherlands	No	Yes (10)	Yes	Yes	CEN/TS 14405 (L/S=10 l/kg)
Poland	No	No (11)	No	No	
Portugal	No	Some guidance (12)	No	No	
Slovakia	No	No (13)	No	No	
Spain	No	Yes, regional (14)	No	Yes	EN 12457-4 & DIN 38414-S4
Sweden	No	Guidelines (15)	Yes	Yes	CEN/TS 14405
United Kingdom	Yes	Guidance, case by case (16)	No	No	Variable, no routine testing

*: Considering adaptation of the Austrian guidelines

Flera länder har använt EU-kriterierna för inert avfall som kriterier även för användning av avfallsbaserade massor i markbyggnader. I vissa länder finns också kriterier för "fri användning" av massor (Österrike, Danmark, Frankrike, Tyskland, Sverige och Nederländerna). Att fastställa kriterier för "fri användning" blir snarlikt med att bestämma en nivå för "End of Waste".

Nederländerna har satt upp ett ambitiöst mål att från 2020 ska all bottenaska uppgraderas till en kvalitet som medger användning utan restriktioner ("Green Deal", 2012).

I Danmark delas jord och restprodukter in i tre kategorier, beroende på innehåll av spårelement.

- Kategori 1 kan användas för vissa specifika ändamål, t x vägbyggnad, stigar, parkeringsplatser, bullervallar, ramper, dammar, hamnarbeten, kajer, kabel- och ledningsgravar, återfyllning i byggprojekt (golv, fundament) och landskapsmodellering.
- Kategori 2 avses användas för vägar, stigar, kabelgravar, golv/fundament, bullervallar, ramper m m.
- Kategori 3 omfattar användning för vägar, stigar, kabelgravar, golv/fundament.

Genom laktester bestäms till vilken kategori ett visst avfall hör.

Sammanfattningsvis kan konstateras att bottenaska/slaggrus i Europa (med undantag för Schweiz) i stor omfattning används i vägprojekt, som förstärkningslager under en tätande asfaltyta:

- I Danmark används slaggrus i huvudsak i vägbankar, vallar och i marina konstruktioner (hamnar, dammar).
- I Frankrike används mer 80 % av slaggruset i vägbyggnad,
- I Tyskland är den huvudsakliga användningen i vägbankar, i återställning av avfallsupplag och lagring i saltgruvor.
- I Nederländerna är deponering inte tillåten och användning sker framförallt i vägbankar, vallar, fundament och inblandning i betong.
- I Schweiz deponeras bottenaska, efter avskiljning av metaller.

För vidare beskrivning av användning av slaggrus/bottenaska i Europa, se **bilaga 1**.

Inom ramen för projektet anordnade NSR i april 2016 en temadag med fokus på utnyttjande av slaggrus som konstruktionsmaterial i Sverige och övriga europeiska länder. Presentationer och dokumentation från temadagen finns sammanställt (ref *NSR, 2016, Slaggcon 16*).

2 Projektbeskrivning

I projektet skapas avsättning för ca ett års produktion av slaggrus från fallande bottenaska vid Öresundskrafts kraftvärmeverk KVV Filborna. Förhoppningen är att resultaten från uppföljningen ska underlätta för framtida utnyttjande av den resurs slaggruset, vid rätt hantering, utgör som ersättning till jungfruliga material.

Projektet finansieras genom bidrag från Energiforsk, Öresundskraft, KAABS Nordic, Sparbanken Öresund och NSR.



Figur 4. ÅVC Helsingborg – i drift sedan november 2015

2.1 MÅLSÄTTNING

Det övergripande målet för arbetet är att bidra med kunskapsunderlag för att underlätta framtida användning av slaggrus på ett från miljösynpunkt säkert sätt.

Projektet har som konkret, **kortsiktig** målsättning att:

- skapa en försöksyta för långsiktig uppföljning av miljöpåverkan från utnyttjande av sorterat slaggrus som konstruktionsmaterial,

Den mer **långsiktiga** målsättningen är att:

- kvantifiera den faktiska urlakningen av metaller från slaggruset under kontrollerade former
- jämföra verklig urlakning med teoretiska beräkningar baserade på lab tester
- genom yt- och grundvattenprovtagning visa eventuell påverkan på vattenmiljön utanför området,
- genom markprovtagning på lång sikt kunna visa eventuell migration av salter/metaller ner i jordprofilen.

2.2 PROJEKTUPPLÄGG

De olika stegen i projektet har i huvudsak omfattat:

- Analyser och lakttester på slaggrus från KVV Filborna i samband med utläggning (juli 2015) och uppföljning efter att arbetsytan varit i drift ca ett år (september 2016). Analyserna har även jämförts med utförda analyser på bottenaskan och slaggrus direkt efter sorteringen (augusti 2014).
- Undersökningar av slaggrusets mekaniska egenskaper (packning, sättningsbenägenhet) i laboratorium och i fält (sättningsförlopp under första året).
- Referensprover på naturlig mark och grundvatten under och i anslutning till försöksytan (provtagning april 2015).
- Utläggning av slaggrus som förstärkningslager under asfalt inom försöksytorna, dels ett vägavsnitt, dels inom ÅVC.
- Utplacering av kontrollpunkter för att möjliggöra en långsiktig uppföljning av påverkan på yt- och grundvatten i anläggningens närhet.
- Fältanalyser och provtagning för analys på laboratorium av yt- och grundvattenprover under 2016 enligt upprättat kontrollprogram.
- Sammanställning av europeiska krav och erfarenheter beträffande utnyttjande av slaggrus.
- Genomförande av ett seminarium angående erfarenheter från användning av slaggrus i Sverige och andra länder inom EU (bl. a. Danmark, Holland, Tyskland, Storbritannien).
- Utvärdering av byggskedet och ett års uppföljning från miljösynpunkt av markbyggnaden med slaggrus.

Etablering av en försöksyta för långsiktig uppföljning av slaggrusanvändning i markbyggnader.

2.3 BESKRIVNING AV FÖRSÖKSOMRÅDET

Återvinningscentralen, där slaggruset utnyttjas, ligger i norra delen av det av Helsingborgs stad avsatta och detaljplanelagda området för avfallsverksamhet. Området gränsar idag till naturmark i alla riktningar.

2.3.1 Omgivningar, skyddsintressen

Närmaste verksamheter är NSR:s flisnings- och komposteringsyta (ca 300 m mot söder), Väla södra industriområde ca 700 m västerut och väg E6, > 200 m öster om ÅVC, se **orienteringsplan, ritning 01**. Inga vattentäcker finns i området. Väster om vattendelaren finns ett område, skyddsvärt p.g.a. förekomst av större vatten-salamander.

2.3.2 Yt- och grundvatten

Yt- och grundvattenavrinning sker mot öster. Ytvattnet leds i vägdike norrut förbi Kropps trafikplats och vidare mot Vege å, som mynnar i Skälderviken, ca 15 km norrut.

Det ytliga grundvattenflödet följer samma mönster som ytvattnet och leds genom sandiga/siltiga sediment mot de vägdiken längs E6, som leder vattnet norrut.

De undre grundvattenakvifererna är mer komplicerade, men bedöms inte kunna påverkas av verksamheten. Ett lager med tätande lermorän finns normalt ovan berggrunden och skyddar den underliggande uppspruckna sand- och mostenen (lokalt benämnd "hall"). Trycknivån i berggrundvattnet ligger ställvis över nivån i jordgrundvattnet. I samband med miljöprovning har grundvattenförhållandena beskrivits ingående (Sweco, 2012).

2.3.3 Grundförhållanden

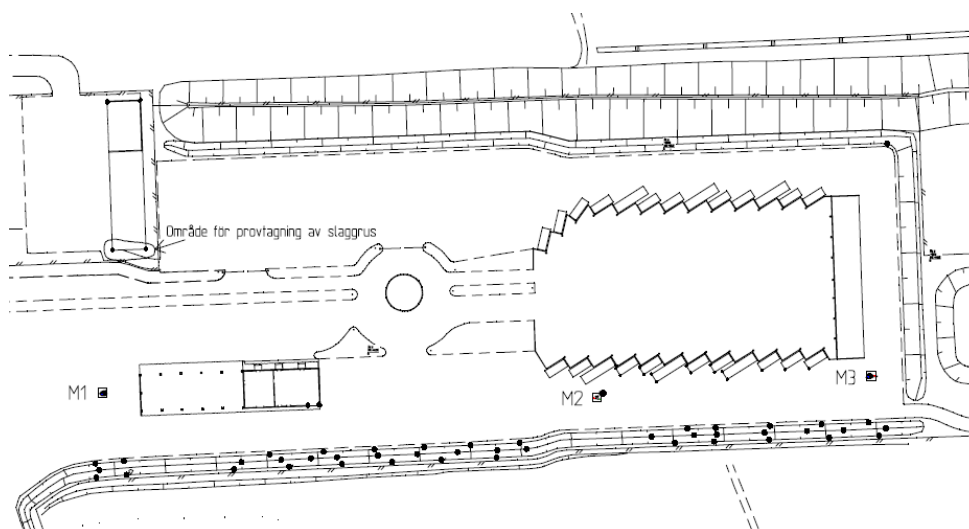
Inför etableringen en markgeoteknisk undersökning utförts i området (Geoexperterna, 2014). Inom området där anläggningen lokaliseras visar undersökningen att matjorden (0,2 – 0,35 m) underlagras av siltig och bitvis grusig sand ned till 0,5 till 1,2 m djup (i två punkter var sandlagret över 2 meter). Under sanden utgörs jordlagren av siltig sandig morän/lermorän. Moränen vilar på sedimentärt berg, bestående av cementerad sand och sandsten, vittrad och sprucken i övre delen. Jorddjupet varierar från drygt 2 meter till över 5 meter i enstaka punkter. Grundvatten noterades vid undersökningen på nivån 0,2 – 1,6 m under befintlig markyta. Infiltrerande nederbörd förväntas avrinna på den tätande lermoränen.

Grundläggning av byggnader bedöms kunna ske på sedvanligt sätt (bottenplatta, grundsulor eller plintar) i befintlig eller ny, kontrollerad fyllning alternativt i naturligt lagrad jord.

2.4 REFERENSPROVTAGNING

2.4.1 Naturlig mark

Inför utläggningen av slaggrus togs prover på naturlig mark i tre punkter (M1-M3) under den blivande ÅVC-ytan, ned till ca 3 meter under markytan.



Figur 5 Provtagningspunkter i naturlig mark, före anläggande av ÅVC

Fem prover från karaktäristiska jordlager analyserades med avseende på metaller och lösliga salter. På ett av proven kompletterades analysen med ytterligare ett antal grundämnen och PAH. Inga av analyserna indikerade att marken skulle vara påverkad av några föroreningar.

Tabell 2. Karaktärisering av naturlig mark, under blivande ÅVC. Totalhalter av PAH och metaller samt mängd vattenlösliga salter mätt med tillgänglighetstest (L/S100+L/S100) (Tyréns/Eurofins, 2015)

		KM ¹	MKM ¹	Provpunkt m u my				
				M1	M1	M1	M2	M3
				0,0-1,35	1,35-2,75	2,75-3,0	0,3-0,75	0,5-1,5
Torrsubstans	%			97,2	94,8	96,6	92,9	92,1
PAH L	mg/kg TS	3	15				< 0,30	
PAH M	mg/kg TS	3,5	20				< 0,30	
PAH H	mg/kg TS	1	10				< 0,30	
Arsenik (As)	mg/kg TS	10	25	2,1	3,1	2,6	4	3,3
Barium (Ba)	mg/kg TS	200	300	18	43	18	32	31
Bly (Pb)	mg/kg TS	50	400	6,3	8,9	6,1	10	8,1
Kadmium (Cd)	mg/kg TS	0,5	15	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,091	< 0,20
Kobolt (Co)	mg/kg TS	15	35	4,3	7,3	3,7	6,9	4,1
Koppar (Cu)	mg/kg TS	80	200	5,9	10	5,4	13	5,8
Krom (Cr)	mg/kg TS	80	150	8,7	15	8,3	18	14
Kvicksilver (Hg)	mg/kg TS	0,25	2,5	< 0,010	0,022	0,015	< 0,046	0,023
Nickel (Ni)	mg/kg TS	40	120	8,6	17	7,1	11	9,6
Vanadin (V)	mg/kg TS	100	200	11	16	14	21	22
Zink (Zn)	mg/kg TS	250	500	24	34	24	39	40
klorid (vattenlöslig)	mg/kg TS			10	12	14	24	10
Sulfat (vattenlöslig)	mg/kg TS			12	22	38	35	5,7
Fluorid (vattenlöslig)	mg/kg TS			1,6	1,6	<1,1	<0,22	<1,1

Jordarterna i provpunkterna utgörs under mulljorden av sandig siltmorän/siltig sand som underlagras av lera/lermorän. I två av punkterna (M1) påträffades även sandlager under leran/lermoränen, på nivån ca 2 meter under markytan.

För de kompletta undersökningsresultaten, se Tyréns rapport "Bakgrundsprovtagning inför användning av slaggrus", i **bilaga 2**.

2.4.2 Grundvatten

I provgruperna M2 och M3 placerades grundvattenrör för referensprovtagning före utläggning av slaggrus. Prov för laboratorieanalys togs den 20 maj 2015, resultat se Tabell 3 nedan.

Resultaten kan jämföras med resultat av den provtagning på grundvatten som sker uppströms anläggningen (ÅG1), som en del av kontrollprogrammet.

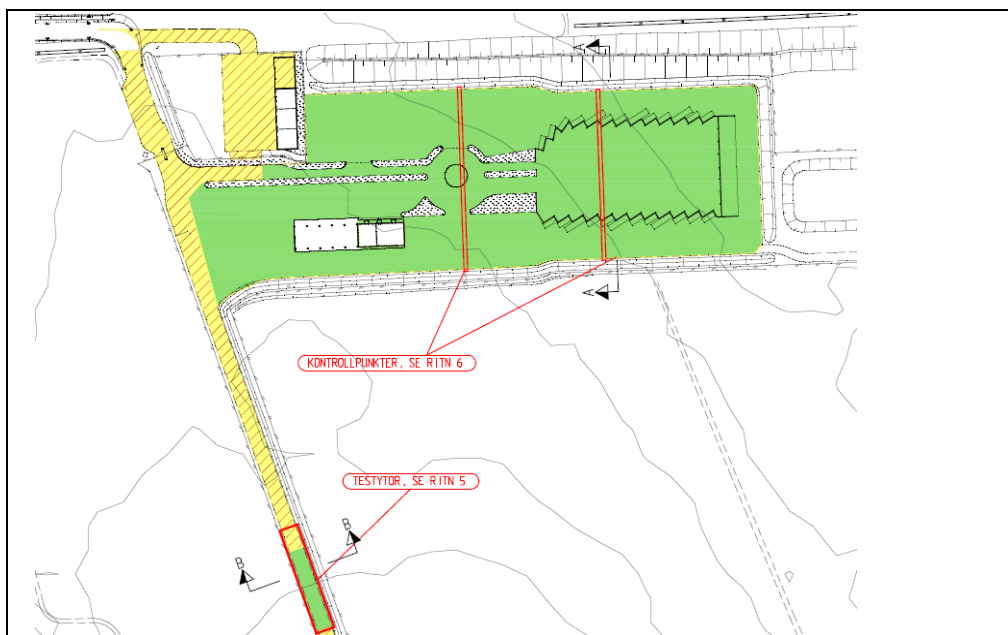
Halterna av metaller, salter och näringsämnen avviker inte från vad som kan förväntas inom ett opåverkat område.

Tabell 3. Analys av grundvatten, referensprover 2015-05-20 och analys uppströms enligt kontrollprogram februari - september 2016 (mv ÅG1)

Analys	Enhet	M2	M3	mv ÅG1
Alkalinitet	mg HCO ₃ /l	370	28	44,4
Aluminium Al (filtrerat)	mg/l	0,0045	0,02	0,012
Ammonium-nitrogen (NH ₄ -N)	mg/l	0,017	0,037	0,020
Bly Pb (filtrerat)	mg/l	< 0,000050	< 0,000050	<0,000050
Fosfor P	mg/l	0,31	0,66	4,2
Järn Fe (filtrerat)	mg/l	0,0071	0,11	0,0024
Kadmium Cd (filtrerat)	mg/l	0,000083	0,00011	0,00015
Klorid	mg/l	33	34	37
Kobolt Co (filtrerat)	mg/l	0,0013	0,0022	0,012
Koppar Cu (filtrerat)	mg/l	0,00051	0,00097	0,00046
Krom Cr (filtrerat)	mg/l	< 0,00020	< 0,00020	<0,00020
Kviksilver Hg (filtrerat)	mg/l	< 0,00010	< 0,00010	<0,00010
Kväve N	mg/l	2,4	2,8	3
Mangan, Mn (filtrerat)	mg/l	0,21	0,17	0,77
Nickel Ni (filtrerat)	mg/l	0,0083	0,008	0,028
Nitrat+Nitrit nitrogen	mg/l	1,3	1,7	0,87
Sulfat	mg/l	60	77	48
Tenn Sn (filtrerat)	mg/l	< 0,00010	< 0,00010	<0,00010
TOC	mg/l	5,5	14	22
Zink Zn (filtrerat)	mg/l	0,0049	0,0067	0,01

2.5 UTLÄGGNING AV SLAGGRUS

Efter genomförda undersökningar av slaggrusets mekaniska egenskaper, se ovan, har konstruktionen av arbetsyta och del av den interna vägen gjorts med ett förstärkningslager av ca 0,5 meter slaggrus. De ytor där slaggruset använts framgår av nedanstående ritning. Totalt har 11 400 m³ packat slaggrus (ca 22 800 ton) använts i projektet, varav 190 m³ i vägkroppen och återstoden inom själva ÅVC. I Figur 6 visar grönmarkerade ytor var slaggruset utnyttjats. Se även **ritning 02**.

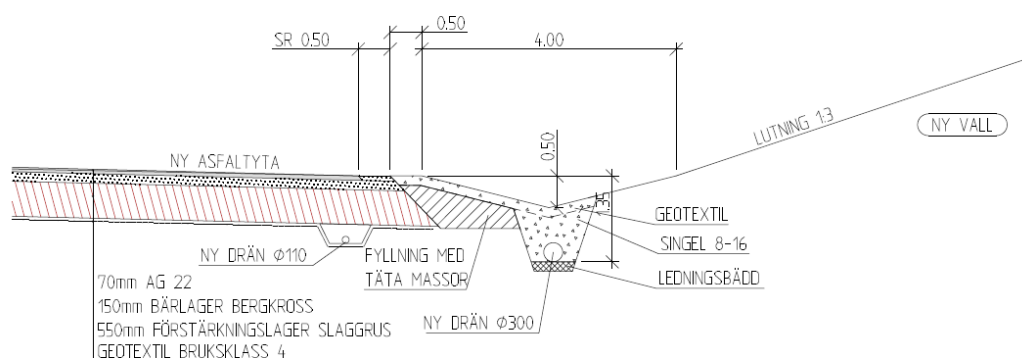


Figur 6 Områden inom ÅVC Helsingborg där utsorterat slaggrus använts i förstärkningslager under asfaltytan. Gröna ytor markerar var slaggrus använts. Ytor med konventionellt förstärkningslager är markerade med gult. Röda markeringar visar testytor/linjer där sättningsmätningar utförts ett år efter utläggning.

Arbetsytor och vägbank med slaggrus har byggts upp enligt principsektionerna Figur 8 och Figur 9. Efter iordningställande av terrassen har en geotextil lagts ut som material-skiljande duk mellan den naturliga jorden och slaggruset.

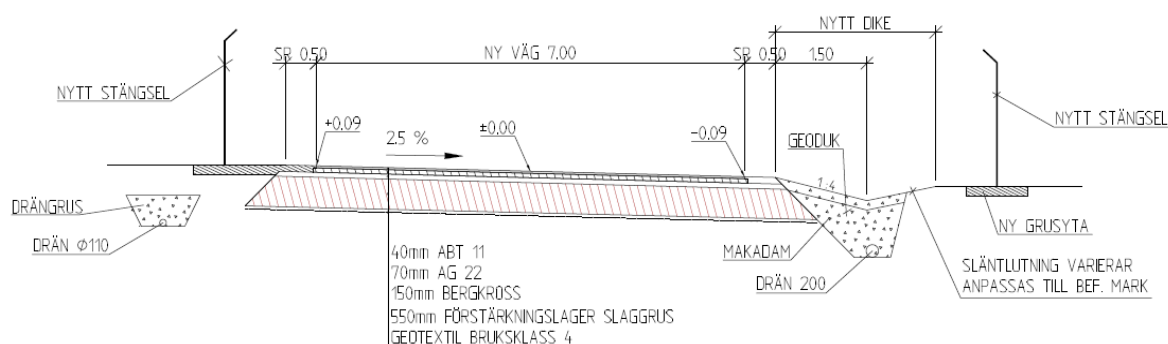


Figur 7 Del av ÅVC. Slaggrus har utnyttjats under asfalten, både på den lägre och på den högre nivån inom anläggningen, däremot inte inom vegetationsytor, där förstärkningslagret utgörs av makadam.



Figur 8 Uppbyggnad av arbetsytan inom återvinningscentralen, inklusive 55 cm slaggrus under asfaltytan.

Slaggruset har lagts ut i skikt och packats till ca 85 % av den i laboratorium uppmätta, maximala packningsgraden. Ovan slaggruset har ca 150 mm bergkross utnyttjats som bärlager, under asfaltbeläggningen. Slaggruset hålls i sidled skilt från omgivningen med tätmassor och dräneringar i ytterkant för att garantera att grundvattnet inte stiger upp i slaggruset och påverkar urlakningen. Asfaltbeläggningen täcker hela ytan där slaggrus utnyttjas, bortsett från en 50 cm bred, avgrusad (ej asfalterad) stödremsa utanför arbetsytan.



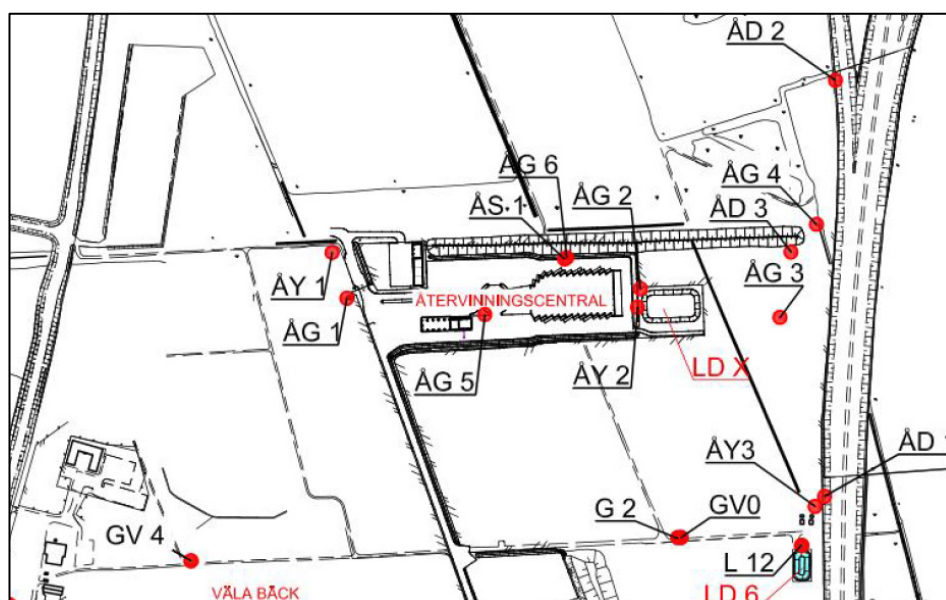
Figur 9. Vägprofil med förstärkningslager av slaggrus

Packningsmätningar längs vägen visar att terrassen efter dränering har en acceptabel stabilitet, se **bilaga 9**.

3 Kontrollprogram, vatten

För långsiktig kontroll eventuell påverkan på omgivningen finns ett kontrollprogram (se **bilaga 3 och ritning 04**) som inkluderar mätningar i både yt-dag- och grundvatten. Uppföljning enligt programmet sker systematiskt sedan början av 2016, genom fältmätningar (konduktivitet, pH, grundvattennivåer, flöde) varannan vecka och provtagning för analys på laboratorium en gång per månad.

Provtagningspunkter har placerats för att kunna jämföra vattenkvalitet uppströms och nedströms anläggningen. Även på uppsamlat dagvatten från ÅVC:n sker provtagning, före anslutning till avfallsanläggningens övergripande system för uppsamling och behandling av lakvatten.



Figur 10. Kontrollprogram för uppföljning av påverkan på vatten

För en kort beskrivning av respektive kontrollpunkt, se Tabell 4.

Tabell 4 Provtagningspunkter, yt-, grund- och dagvatten, enligt kontrollprogram för ÅVC

Punkt	Placering	Beskrivning
ÅY1	Ytvatten uppströms ÅVC	Dike, ofta torrt
ÅY2	Avrinning från ÅVC, till utjämningsdamm	Ytvatten från asfaltytor och dränvatten från avskärande diken
ÅY3	Överpumpning från utjämningsdam till Filbornas lavvattensystem	Anslutning till damm LD6, "nya deponin"
ÅD1	Dagvatten, uppströms ÅVC	Kupolbrunn i vägdike längs väg E6
ÅD2	Dagvatten nedströms ÅVC	Utlopp betongbrunn, efter påkoppling av dränvatten från ÅVC (ledning under E6, österut)
ÅD3	Dräneringsvatten från ÅVC-området	Samlat flöde från dräneringsledningar som reglerar gv-nivån under ÅVC/utjämningsdamm
ÅG1	Grundvatten, uppströms ÅVC	Referensrör grundvatten
ÅG2	Grundvatten, direkt nedströms ÅVC	Rör i naturlig mark, direkt öster ÅVC
ÅG3	Grundvatten, nedströms ÅVC	Rör ca xx meter från ÅVC
ÅG4	Grundvatten, nedströms ÅVC	Rör ca xx m norr om ÅG3
ÅG5	Grundvatten, under ÅVC	I planteringsyta på ÅVC
ÅG6	Grundvatten, norra kanten ÅVC	I ytterkant av arbetsytan
ÅS1	Dräneringsvatten från slaggfyllning	Samlingsdrän i slagglagret

4 Resultat

4.1 KARAKTÄRISERING AV SLAGGRUS FRÅN KVV FILBORNA

4.1.1 Sorteringsteknik och -resultat

Det slaggrus som använts i konstruktionen har siktats fram från bottenaska producerad vid KVV Filborna under eldningssäsongen 2013/2014.

Sorteringsteknik och resultat redovisas i **bilaga 4**.



Figur 11. Sortering av slaggrus från KVV Filborna, Mobifloat BV, 2014

Av behandlingstekniska skäl sorterades slaggruset i olika storleksfraktioner (0 - 8, 8 - 15, 15 - 55 mm och överstort material).



Figur 12 Slaggrus, 0-15 mm, respektive 15-55 mm

För avsedd användning som förstärkningslager har de geotekniska egenskaperna hos olika fraktioner och blandningar undersökts, se vidare avsnitt 4.1.4.

Tabell 5. Fördelning av material i återvinningsbara fraktioner efter sortering av bottenaska 2014

Fraktion efter sortering (inkl varierande mängd ovidkommande material)	Vikt-%, (naturlig fukthalt)
Järnskrot	4,4
Magnetisk finfrakt	8,0
Icke magn finfraktion	2,2 (Ca 60% Al)
Rostfritt	0,2 (handsorterat)
Grovrest	5,6
Slaggrus, 15 - 55 mm	19,9
Slaggrus, 8 - 15 mm	1,0
Slaggrus, 0 - 8 mm	58,8
SUMMA	100 %

Metallfraktionerna har vidareförädlats hos externa återvinningsföretag, medan slaggrusfraktionerna, ca 80 % av sorterad mängd bottenaska, utgör det konstruktionsmaterial som utnyttjats i föreliggande projekt.

4.1.2 Kemisk sammansättning hos använt slaggrus

Slaggrusets sammansättning kemiskt har undersökts vid tre tillfällen, dels i samband med sorteringen 2014, dels inför utnyttjandet som konstruktionsmaterial 2015 och i samband med uppföljande provtagning september 2016. I tabellen nedan jämförs sammansättningen på slaggruset även med bottenaska från samma period. De fullständiga analysresultaten finns i **bilagorna 2, 5, 6 och 7**.

Tabell 6. Totalhalter av metaller hos bottenaska och slaggrus från KVV Filborna 2014.

Totalhalter (mg/kg TS)	Fri användning <i>enligt NV:s handbok</i> 2010:1 (MMR)	Bottenaska, KVV Filborna mv fem prover, jan-maj-14	Sorterat slaggrus, 0-8 mm augusti2014	Sorterat slaggrus, 15-55 mm augusti 2014
LOI, %		1,2	3,3	1,3
Antimon		140	151	70,2
Arsenik	10	29	41,3	21,4
Barium		2650	2520	1860
Bly	20	1 755	1400	580
Kadmium	0,2	3	2,82	1,38
Koppar	40	6 075	15300	2860
Krom	40	690	652	676
Kvicksilver	0,1	<0,046	0,0431	<0,01
Molybden		30	38,3	28,5
Nickel	35	223	243	236
Zink	120	6 350	5390	2620

Tabell 7. Totalhalter av metaller hos slaggrus använt vid byggande av ÅVC Helsingborg 2015 och uppföljning 2016

Totalhalter (mg/kg TS)	Fri användning enligt NV:s handbok 2010:1 (MMR)	Slaggrus Från upplag, mv två prov, 0-55 mm juli 15	Slaggrus Utlagt på ÅVC, mv två prov, 0-55 mm juli 15	ÅVC, mv två prover, 10-20 cm under asfaltytan, september 16	ÅVC, mv två prover, 40-50 cm under asfaltytan, september 16
LOI, %				4,9	4,2
Antimon		140	126	139	139
Arsenik	10	18	16	24,5	75,0
Barium		1450	1040	2145	2790
Bly	20	560	385	977	1195
Kadmium	0,2	2,2	4,4	3,5	2,7
Koppar	40	5750	2350	3375	3840**
Krom	40	335	410	880	672
Kviksilver	0,1	<0,047	<0,046	0,0234	0,0189
Molybden		<21	<21, 41	25,2	24,0
Nickel	35	135	260	229	214
Zink	120	4750	2400*	5095	4170
Klorid***		4700	2500	-	-
Sulfat***		2100	9400	-	-
pH		11,4	9,5	10,2	10,4

*) Exklusive avvikande värde 130 000 mg/kg TS **) exklusive avvikande värde 14600 mg/kg TS,

***) Vattenlöslig fraktion

Genomgående kan konstateras att slaggruset har relativt höga halter av vissa metaller och att halterna ofta är högre i de finare fraktionerna av slaggruset, se Tabell 6. Variationerna i totalhalter mellan olika prover är relativt stora, vilket avspeglar svårigheterna att ta representativa prover på ett inhomogent material som slaggrus. Analysresultaten kan bl a påverkas av slumpvis förekommande rena metallpartiklar i slaggruset (jfr två noterade avvikande värden för koppar och zink i Tabell 7).

Halterna av specifika organiska ämnen i slaggruset har inte analyserats, men har bedömts vara låga och inte utgöra något problem från miljösynpunkt, med hänsyn till den effektiva förbränningen i pannan, de mycket låga dioxinvärdena som uppmätts och den låga halten oförbränt i bottenaskan, glödrest omkring 1 % (Tekedo, 2014). I slaggrusanalyserna varierar halten oförbränt mellan 1 och 5 %. Slaggrusets pH är högt. Analyserna indikerar att lagringen i sig inte påverkat pH nämnvärt men att viss sänkning skett i samband med utläggningen och den exponering för omgivningen som hanteringen innebär.

Totalhalterna ligger över de halter Naturvårdsverket rekommenderar för "fri användning" av avfall som konstruktionsmaterial. Totalhalterna är framförallt styrande för skydd av markmiljön och hälsorisker, t ex genom intag av växter. Vid användning som förstärkningslager, under en hårdgjord yta, är materialet inte tillgängligt för växtlighet eller direktintag. Bedömningen av riskerna med denna

typ av användning av slaggrus bygger därför normalt inte på totalhalter utan på lakningsegenskaperna, som är styrande för skydd av yt- och grundvatten-recipienter.

4.1.3 Lakningsegenskaper

Lakningsegenskaperna har undersökts dels på slaggrus och bottenaska i samband med behandlingen av bottenaskan 2014, dels på slaggruset i samband med utläggningen 2015 och dels vid uppföljande kontroll av utnyttjat slaggrus i september 2016.

Tabell 8. Laktester på bottenaska och slaggrus från KVV Filborna 2014.

Laktest enligt SS-EN 12457-3	NV 2010:1 "Mindre risk än ringa"	Bottenaska, KVV Filborna aug 2014 mv två prov	Sorterat slaggrus, 0-8 mm (aug 2014) mv av två prov	Sorterat slaggrus, 15-55 mm (aug 2014) mv två prov
mg/kg TS	L/S10	L/S10	L/S10	L/S10
Antimon		0,233	0,149	0,239
Arsenik	0,09	0,016	0,0078	0,0136
Barium		0,763	0,786	0,736
Bly	0,2	0,0234	0,0469	0,0095
Kadmium	0,02	<0,002	0,002	<0,0009
Koppar	0,8	1,76	1,56	0,520
Krom	1	0,061	1,10	0,0466
Kviksilver	0,01	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Molybden		1,3	1,85	0,657
Nickel	0,4	0,0662	0,0321	0,0132
Zink	4	0,105	0,183	0,0308
Klorid	130	2645	4560	2075
Sulfat	200	4305	5740	2655
pH		11,2	11,2	11,2

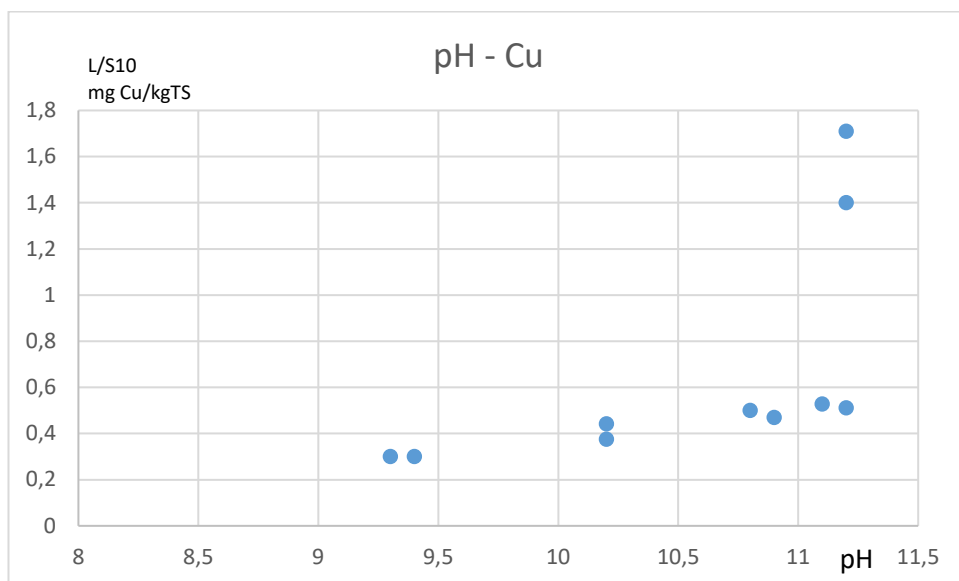
Tabell 9. Laktester på slaggrus använt vid byggande av ÅVC Helsingborg 2015 och från uppföljning 2016

Laktest enligt SS-EN 12457-3 (skakförsök)	NV 2010:1 "Mindre risk än ringa"	ÅVC, juli 15, Slaggrus Från upplag 0-55 mm mv två prov	ÅVC, juli 15, Slaggrus Utlagt ÅVC 0-55 mm mv två prov	ÅVC, 0,5 m under asfaltytan, sept 16 Punkt 1B	ÅVC, 0,5 m under asfaltytan, sept 16 Punkt 2B
mg/kgTS	L/S10	L/S10	L/S10	L/S10	L/S10
Antimon		0,44	0,75	0,6	0,5
Arsenik	0,09	<0,05	<0,05	0,0124	0,0095
Barium		<2,0	<2,0	0,492	0,514
Bly	0,2	<0,05	<0,05	<0,003	<0,002
Kadmium	0,02	<0,0040	<0,0040	0,000923	<0,000819
Koppar	0,8	0,48	0,3	0,442	0,375
Krom	1	0,86	<0,07	0,026	0,0379
Kvicksilver	0,01	<0,0013	<0,0013	<0,0002	<0,0002
Molybden		1,8	1,0	0,55	0,64
Nickel	0,4	<0,040	<0,040	0,0149	0,0108
Selen		0,018	0,013	<0,03	<0,03
Zink	4	<0,40	<0,40	<0,3	<0,02
Klorid	130	7100	2500	582	167
Sulfat	200	7700	20000	6370	5970
DOC		195	110	36,3	36,5
pH		10,9*	9,4*	10,2	10,2

*) pH mätt vid L/S8

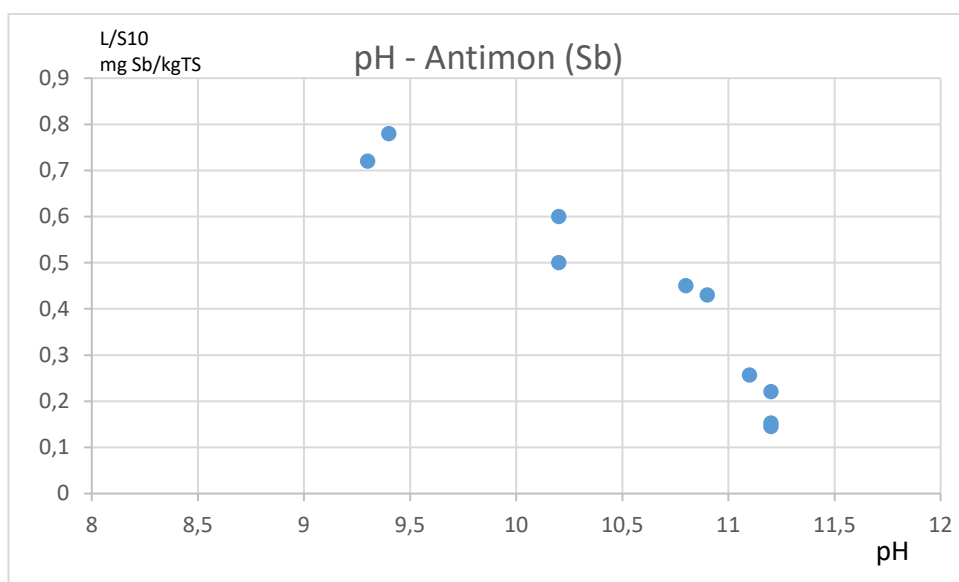
Laktesterna visar genomgående att metallerna i slaggruset är relativt svårlakade. För de metaller där riktvärden finns (Naturvårdsverkets Handbok 2010:1) ligger uppmätta lakningsvärden (L/S10) under riktvärdena.

För flertalet metaller avtar lösligheten vid sänkning av pH, varför en viss karbonatisering eftersträvas som en stabilisering av slaggruset före användningen som konstruktionsmaterial. Uppmätt urlakning av koppar som funktion av pH vid tio skakförsök med utnyttjat slaggrus redovisas i Figur 13.



Figur 13. Korrelation mellan pH och urlakning av koppar från slaggrus, mätt som L/S10 enligt SS-EN 12457-3 (skaktest). De båda lakvärdena 1,71 respektive 1,4 mg Cu/kg TS vid pH 11,2 avser laktester på fraktionen 0-8 mm direkt efter sorteringen, april 2014.

För vissa metaller, bl. a. antimon, är förhållandet det motsatta – när pH sjunker stiger lösligheten, se resultat från tio lakförsök på slaggrus som använts i projektet, i Figur 14.



Figur 14. Korrelation mellan pH och urlakning av antimon från slaggrus, mätt som L/S10 enligt SS-EN 12457-3 (skaktest).

I de två laktesterna med lägst pH (9,3 respektive 9,4) ligger uppmätt lakning av antimon strax över mottagningskriteriet (0,7 mg Sb/kg TS vid lakning enligt L/S10) för avfall som deponeras i en cell för icke farligt avfall som även tar emot stabilt, icke-reaktivt farligt avfall (NFS 2014:10).

Beträffande lättlösliga salter, som klorider och sulfater, visar laktesterna att en stor del av tillgängligt salt lakas ur vid tillämpad testmetod (skaktest enligt SS-EN 12457-3, L/S10). Den tillämpade analysmetoden kan sägas simulera den urlakning som erhålls genom att vatten motsvarande tio gånger slaggrusets egen vikt passerar genom konstruktionen. I detta fall innebär det teoretiskt den samlade lakningen av ämnen orsakad av nederbörd under ca 200 – 2 000 år, med antagandet att mellan 5 och 50 mm/år av nederbörden infiltrerar genom asfaltbeläggningen och det 0,5 meter tjocka förstärkningslagret med slaggrus (packad volymvikt för slaggruset enligt laborietest 2 ton/m³, se **bilaga 8**).

Resultaten visar att användning av slaggruset generellt inte innebär någon risk för yt- och grundvatten beträffande metaller. För salter kan en platsspecifik bedömning göras, där hänsyn tas till bl. a. användningssätt för slaggruset, överbyggnad och recipientens känslighet (t ex närheten till kustvatten).

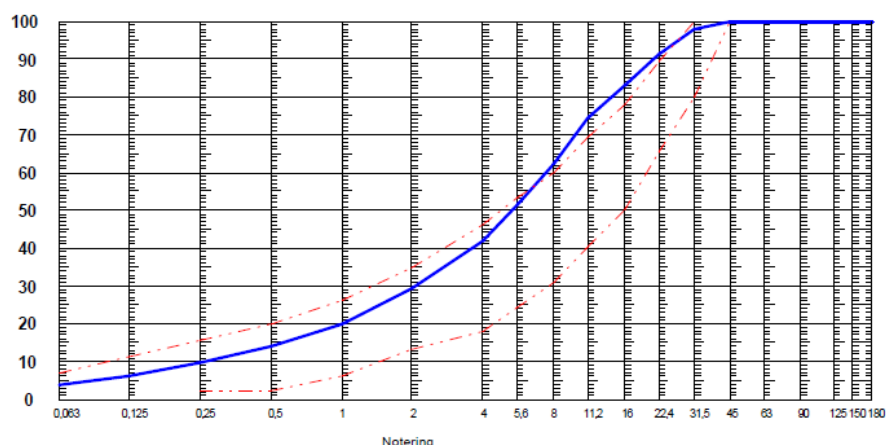
4.1.4 Mekaniska egenskaper

Slaggrus kan ersätta naturmaterial i vissa typer av konstruktioner, men slaggruset har delvis andra egenskaper, vilket kräver att materialet undersöks beträffande bärighet, sättningsbeteende, kornstorleksfördelning, skrymdensitet, optimal vattenkvot, m m inför enskilda projekt. I detta fall används slaggruset som ersättning till krossgrus i ett förstärkningslager under en asfalterad vägbana respektive en återvinningscentral med frekventa fordonsrörelser.

NSR har i därför inför byggentreprenaden låtit Svevia väglaboratorium göra ett antal undersökningar på slaggruset:

- Siktning av slaggrusets finfraktion (0 - 15 mm) och grovfraktion (15 - 55 mm) samt olika blandningar av fin- och grovfraktion.
- Undersökning av halten organiskt material i slaggruset, krossytegrad och nötningsegenskaper (microdeval),
- Bestämning av torr skrymdensitet, optimal vattenkvot (Proctor-instampning),
- Försök med plattbelastning på vägavsnitt med olika typer av förstärkningslager.

KORNSTORLEKSFÖRDELNING



Figur 15 Kornstorlekskurva, slaggrus använt i projektet. Ca 75 % av materialet har en kornstorlek < 15 mm

Protokoll och en resultatsammanfattning finns i **bilaga 8**.

Laboratorieundersökningarna visar enligt Svevia väglaboratorium att slaggruset bör kunna användas under en asfaltyta med den tänkta uppbyggnaden, se Figur 8 och Figur 9 i avsnitt 2.5, trots att alla normalkrav på ett förstärkningslager enligt Trafikverkets normer (TDOK 2013:0530) inte uppfylls. I huvudsak klaras kraven på krossytegrad, organisk halt och kornstorleksfördelning, medan nötnings-egenskaperna inte är acceptabla gentemot standarden. Motiveringen till att slaggruset bör kunna nyttjas är framförallt den låga trafikbelastningen jämfört med en "normalväg", lägre hastigheter och lägre andel tunga fordon.

Genom Proctorinstampning enligt SS-EN 13286 - 2:2010 kunde packning av den blandade slaggrusfraktionen ske till en maximal torr skrymdensitet av $1,84 \text{ ton/m}^3$, vid optimal vattenkvot som bestämdes till 16 %. Det kunde konstateras att den optimala vattenkvoten är betydligt högre än för ett vanligt bärlagermaterial. Vid optimal packning av materialet i fält (ca 95 % av möjlig packning i laboratorium) och med vattenkvoten 16 % blir densiteten hos utlagt material ca 2 ton/m^3 .

Försöken i fält med plattbelastning visar att avsnitten med slaggrus i förstärkningslagret, med tillfredsställande dränering av terrassen, får fullt acceptabla egenskaper för avsedd trafikbelastning. Jämförelsen visar också att ett förstärkningslager av naturmaterial (krossgrus) ger en ännu bättre bärighet, vilket kan krävas t ex för hårt belastade vägar, se vidare **bilaga 9**.



Figur 16 Statisk plattbelastning, mätning enligt TDOK 2014:041, enpunktsförfarande. Jämförande mätningar på försökssträckor med slaggrus respektive naturmaterial som förstärkningslager.

4.1.5 Sättningsmätningar

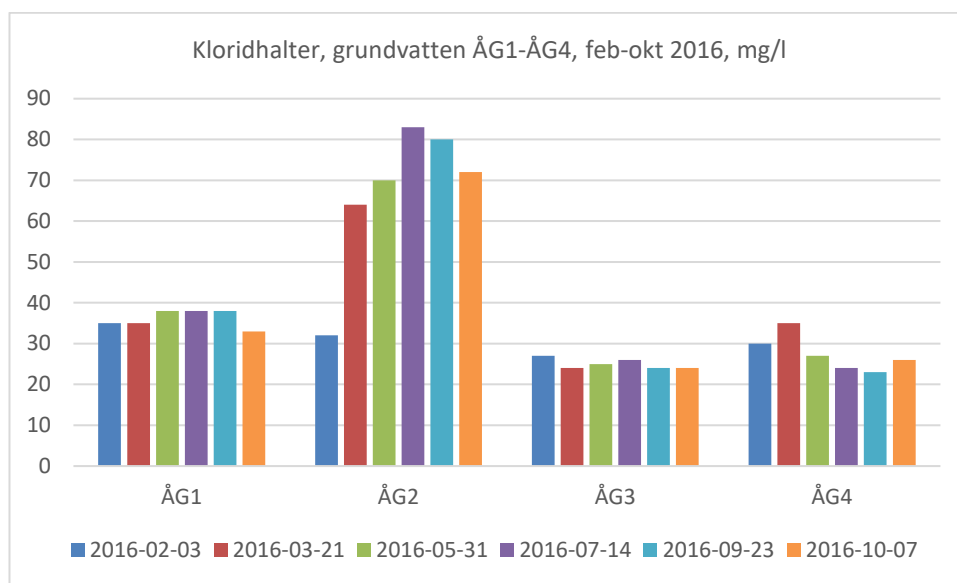
Mätpunkter för uppföljning av sättningar har lagts ut längs vägsträckan med olika typer av underbyggnad och tvärs ÅVC:n där slaggrus utnyttjats. Den första uppföljningen (september 2016) visar på mycket små sättningar (enstaka mm), utan någon tydlig korrelation till att slaggruset skulle bidra till att sättningar utbildas i högre grad. Se mätpunkter och mätresultat på **ritning 06**.

4.2 FÄLTMÄTNINGAR VATTEN, ANALYSRESULTAT 2016

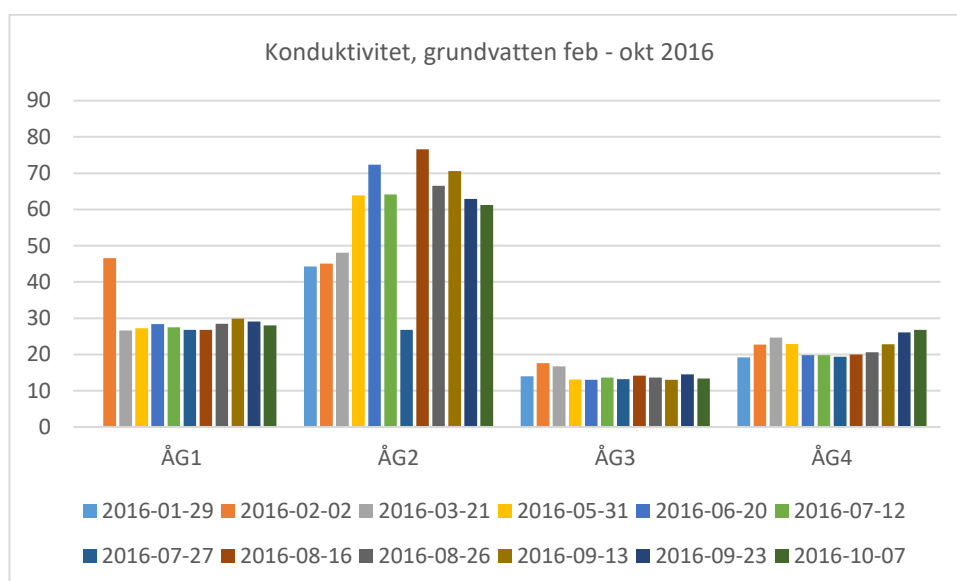
Mätningar har under året i huvudsak skett enligt redovisat kontrollprogram. Analysresultaten finns samlade i **bilagorna 10 och 11**.

4.2.1 Grundvatten

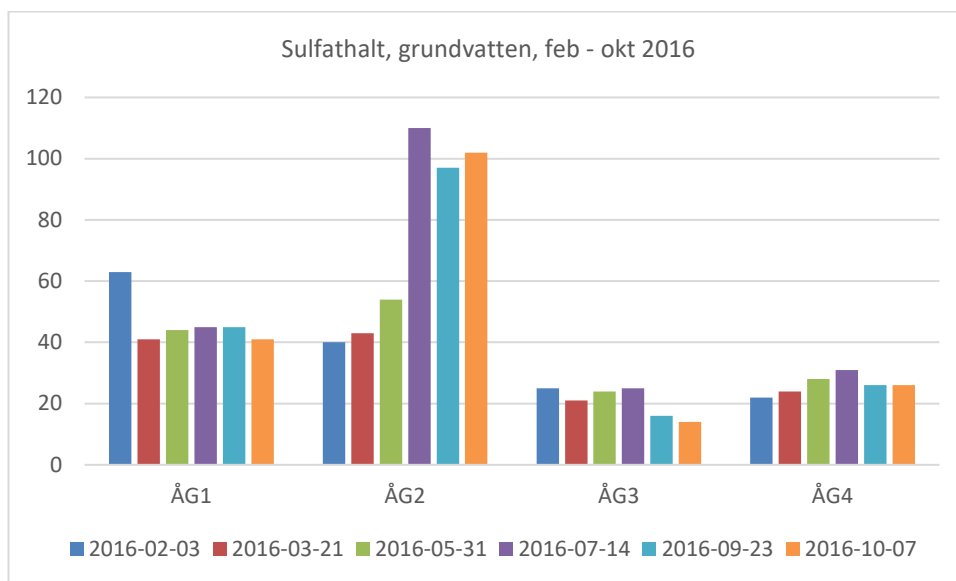
Nedan redovisas halterna av salter och vissa metaller i grundvattnet, dels uppströms anläggningen, dels direkt utanför ÅVC:n och dels i två rör längre nedströms, närmare väg E4/E6. Placering av rören ÅG1 – ÅG4, se Figur 10 och ritning 04.



Figur 17. Kloridhalter, grundvatten ÅG1-ÅG4, februari till oktober 2016

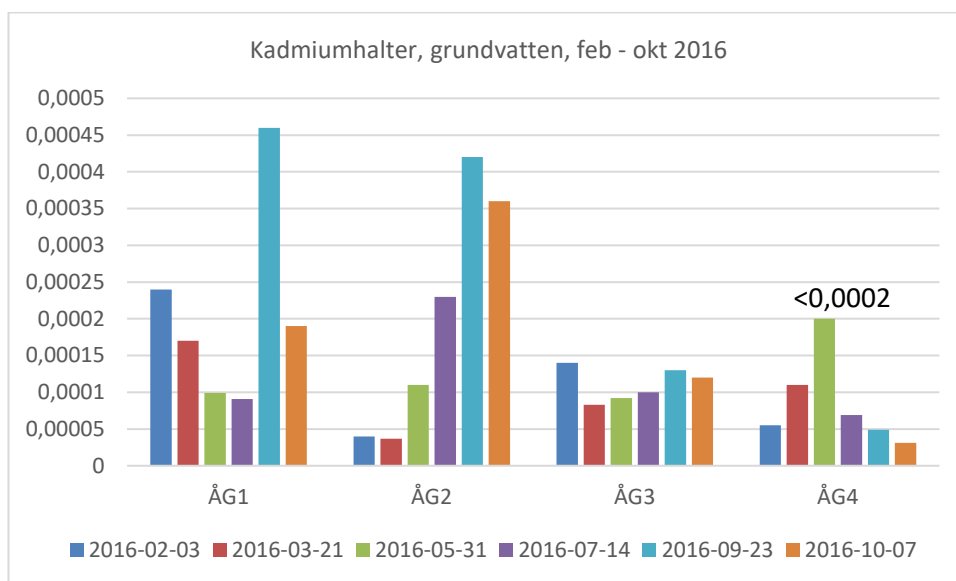


Figur 18. Konduktivitet i grundvattnet (fältmätningar, NSR), ÅG1 – ÅG4, februari – oktober 2016



Figur 19. Sulfathalter i grundvattnet, ÅG1 – ÅG4, februari till oktober 2016.

Uppföljningen 2016 visar en viss förhöjning av lösliga salter i ÅG2, jordgrundvattnet några meter utanför kanten av ÅVC-plattan. I punkterna ÅG3 och ÅG4, 150 – 200 m nedströms syns inga förändringar.



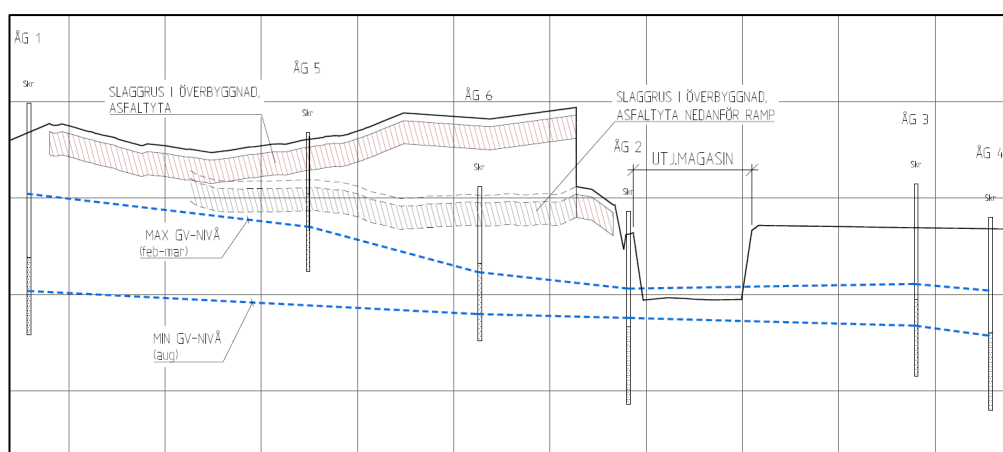
Figur 20. Kadmiumhalt i grundvattnet, ÅG1 – ÅG4, februari till september 2016

Metallhalterna i punkterna ÅG1 – ÅG4 är genomgående låga. Analyserna visar att uppmätta värden ligger i nivå med bakgrundshalterna. I ÅG4, närmast väg E4/E6, kan resultaten tolkas som en påverkan från vägtrafiken.

Både beträffande salter och metaller krävs en längre uppföljningsperiod för att eventuella trender ska kunna avläsas.

Mätningar i grundvattenrör placerade inom ÅVC:n (ÅG5 och ÅG6) visar initialt en tydlig påverkan, som sannolikt härrör från själva byggskedet. Utläggningen av slaggrus påbörjades i maj 2015 och asfalteringen slutfördes i oktober. I och med att stående vatten successivt dränerats bort under den inledande kontrollperioden har påverkan klingat av. Även förändringarna i tillrinning tyder på en påverkan från byggskedet. I och med att nivån i dräneringsdiken i utkanten av ÅVC nu styr grundvattnets max-nivå har tillrinningen via dränledningarna i huvudsak upphört.

Grundvattennivåerna illustreras i nedanstående längdprofil genom ÅVC, Figur 21 och **ritning 07**, där max- och min-värden beträffande grundvattennivån i respektive rör redovisas och kan jämföras med markytan och underkant slaggrus. Profilen indikerar att dräneringen kring ÅVC fungerar och att grundvattennivån nu ligger stabilt under slaggrus-skiktet.



Figur 21 Grundvattennivåer, min och max-värden under februari - september 2016, i relation till nivån på förstärkningslagret med slaggrus under ÅVC.

4.2.2 Ytvatten/dagvatten från ÅVC

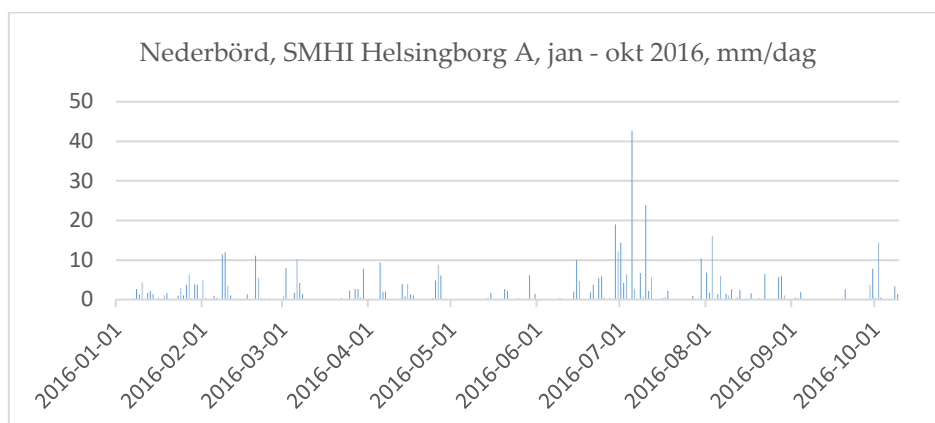
Avrinningen från ÅVC kanaliseras till en sedimentations- och utjämningsdamm direkt nedströms anläggningen. Avsikten är att viss partikelavskiljning ska ske i dammen innan vattnet leds vidare till Filborna-anläggningens lakvattensystem.

Inkommande vatten utgörs av dels avrinnande dagvatten från de asfalterade ytorna på anläggningen, dels eventuellt dränvatten från förstärkningslagret med slaggrus under asfalten på ÅVC.

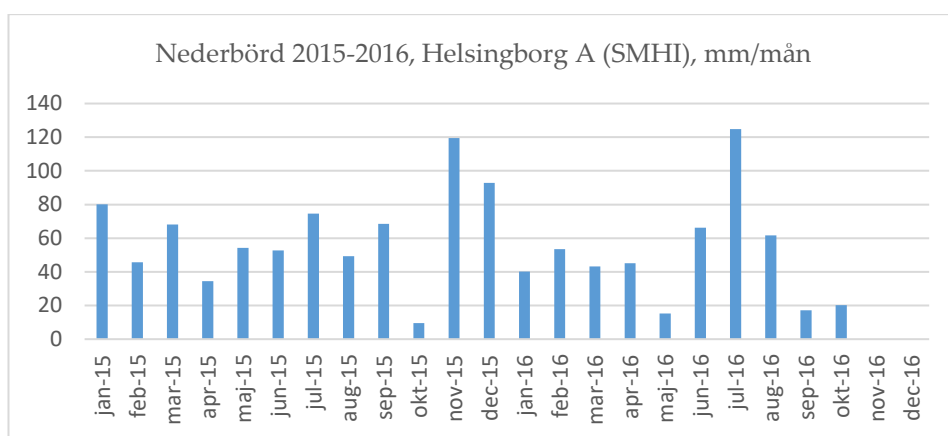


Figur 22 Utjämningsdamm för samlad avrinning från ÅVC. Inloppet utgör provpunkt ÅV2 i kontrollprogrammet.

Nederbörden under driftperioden, dec 2015-okt 2016, har uppgått till 580 mm, med toppar i början av perioden och under juli 2016. Den höga nederbörden nov/dec 2015, se Figur 24, kan ha bidragit till den högre föroreningshalten i dagvattnet från ÅVC under uppstartsperioden.



Figur 23. Daglig nederbörd 2016, uppmätt vid SMHI:s station Helsingborg A



Figur 24. Månadsnederbörd 2015 - 2016, uppmätt vid SMHI:s station Helsingborg A

Tabell 10. Beräknad avrinning från ÅVC mot uppsamlingsdammen, december 2015 – oktober 2016.
Avrinningskoefficienter ansatta enligt Svenskt Vatten P90, 2004.

Yta	Areal m ²	Avrinnings- koefficient	Nederbörd mm	Avrinning m ³
Asfalt	24 780	0,8	580	11 500
Betong	840	0,8	580	390
Tak	540	0,9	580	280
Gräs	9 000	0,1	580	60
Vegetationsytor	1 300	0,1	580	75

Dagvattenmängderna under driftperioden dec 2015-okt 2016 kan från nederbördsdata och ansatta avrinningskoefficienter uppskattas ha uppgått till ca 12 300 m³.

Analyserna från 2016 visar att byggskedet påverkat kvaliteten på dagvattnet från anläggningen. Halterna av både salter och metaller har avtagit successivt under året, medan halterna av näringsämnen och organiskt material (mätt som TOC) visar en trend som mer bedöms spegla verksamheten på anläggningen (t ex hantering av trädgårdsavfall).

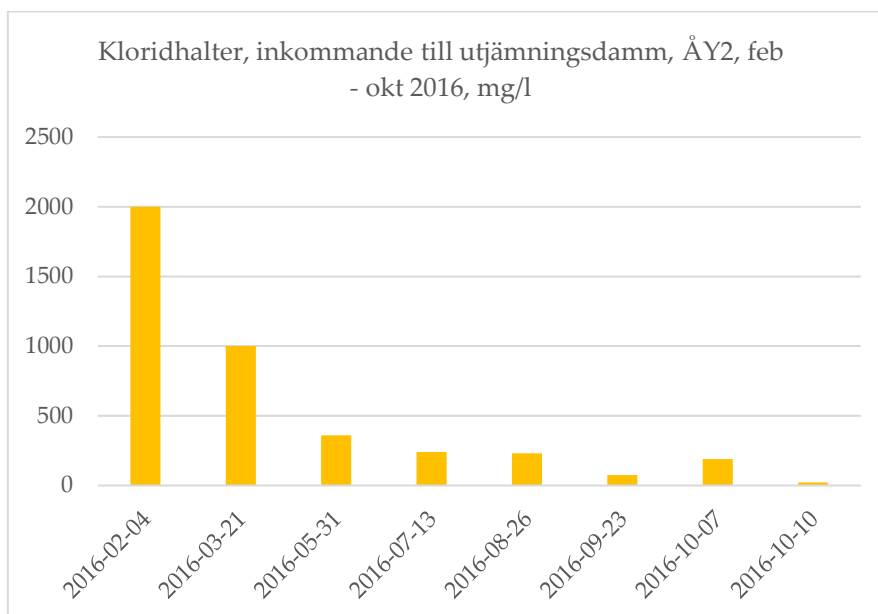
I Tabell 11 visas halterna (mv september/oktober 2016) av vissa ämnen i ytvattnet uppströms ÅVC (ÅY1) jämfört med halterna i den samlade avrinningen ut från ÅVC (ÅY2) och halterna i dagvattnet längs väg E4/E6 (ÅD1). Placering av provtagningspunkterna, se **bilaga 3** och **ritning 04**.

Tabell 11. Halter av salter, näringsämnen och metaller i ytvatten uppströms anläggningen (ÅY1), dagvattnet från anläggningen (ÅY2) och dagvatten i anslutning till väg E4/E6. Medelvärden för september/oktober.

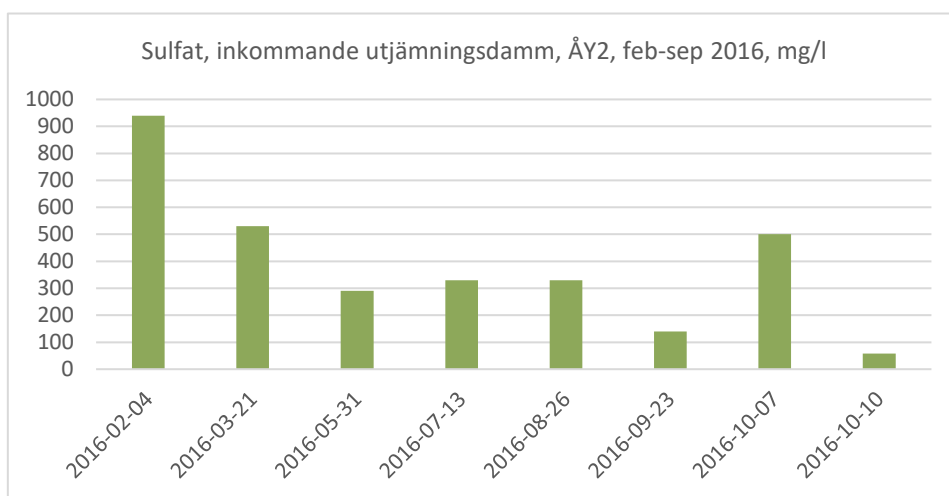
Parameter		ÅY1	ÅY2	ÅD1
Alkalinitet	mg/l	76	63	350
Aluminium	mg/l	0,90	0,78	0,36
Ammonium-N	mg/l	0,024	0,036	11,050
Arsenik	mg/l	0,002	0,001	0,003
BOD7	mg/l	<3	11	8
Bly	mg/l	0,002	0,002	< 0,00050
Fluorid	mg/l	0,21	0,215	0,67
Fosfor	mg/l	0,16	0,16	0,69
Järn	mg/l	1,60	0,76	0,85
Kadmium	mg/l	<0,00010	<0,00010	0,0004
Klorid	mg/l	3,1	95	160
Kobolt	mg/l	0,001	0,001	0,002
Koppar	mg/l	0,0225	0,0260	0,0051
Krom	mg/l	0,0018	0,0056	0,0013
Kviksilver	mg/l	<0,00010	< 0,00010	< 0,00010
Kväve	mg/l	0,9	3,2	12,0
Mangan	mg/l	0,055	0,084	6,150
Nickel	mg/l	0,003	0,003	0,017
Nitrat+Nitrit-N	mg/l	0,80	2,25	0,13
Oljeindex	mg/l	<0,10	<0,10	< 0,10
Sulfat	mg/l	26	233	39
Susp	mg/l	26	13	25
Tenn	mg/l	<0,00050	< 0,00050	< 0,00050
TOC	mg/l	6	25	29
Zink	mg/l	0,023	0,043	0,016

Jämförelsen visar att det i huvudsak är klorid- och sulfathalterna som under den aktuella perioden visar påverkan av verksamheten vid återvinningsanläggningen.

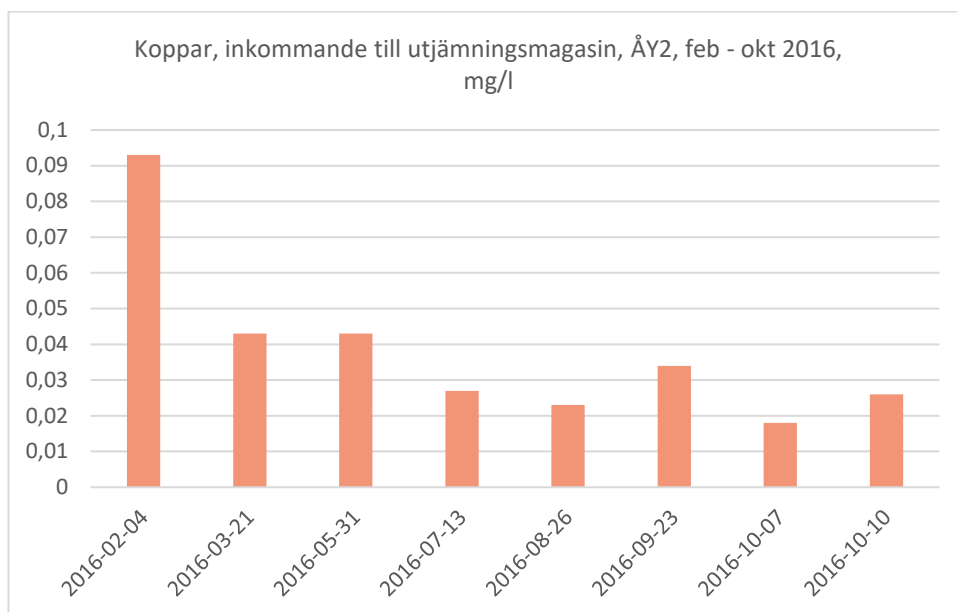
Nedan redovisas vissa av resultaten av provtagning och analys av avrinningen från ÅVC (ÅY2) i diagramform. De samlade analysresultaten finns i **bilaga 10**.



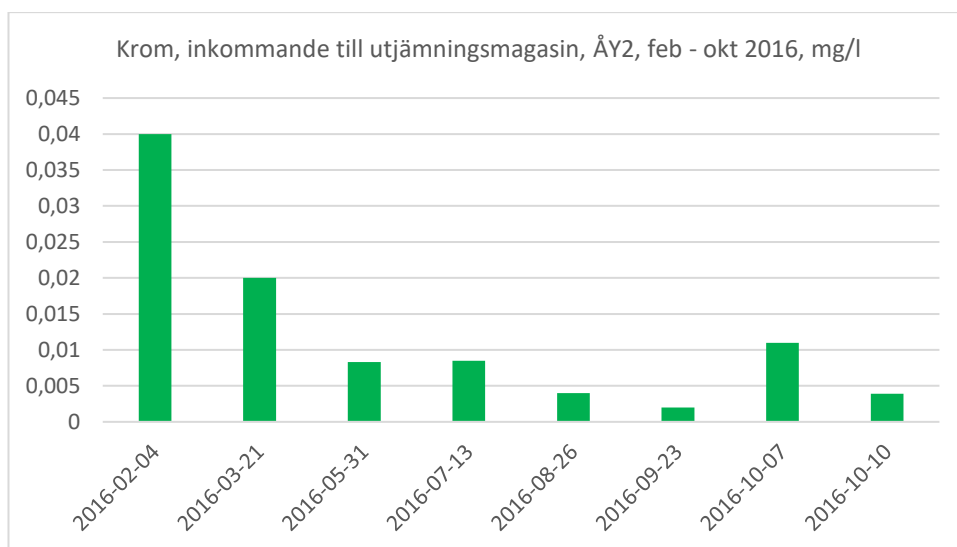
Figur 25. Kloridhalt i inkommande vatten till utjämningsmagasinet, ÅY2, februari till oktober 2016



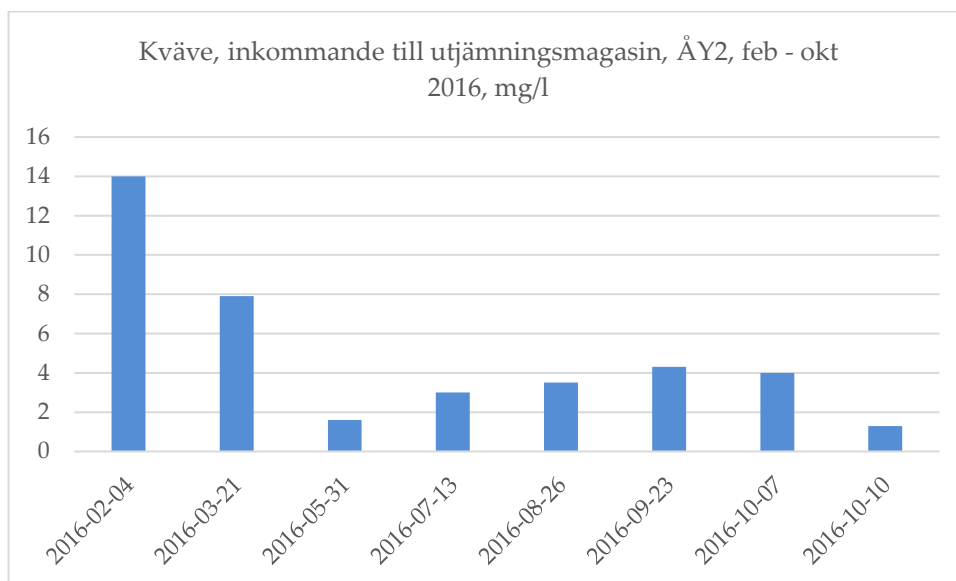
Figur 26. Sulfathalter, inkommande till utjämningsdamm, ÅY2, feb – okt 2016



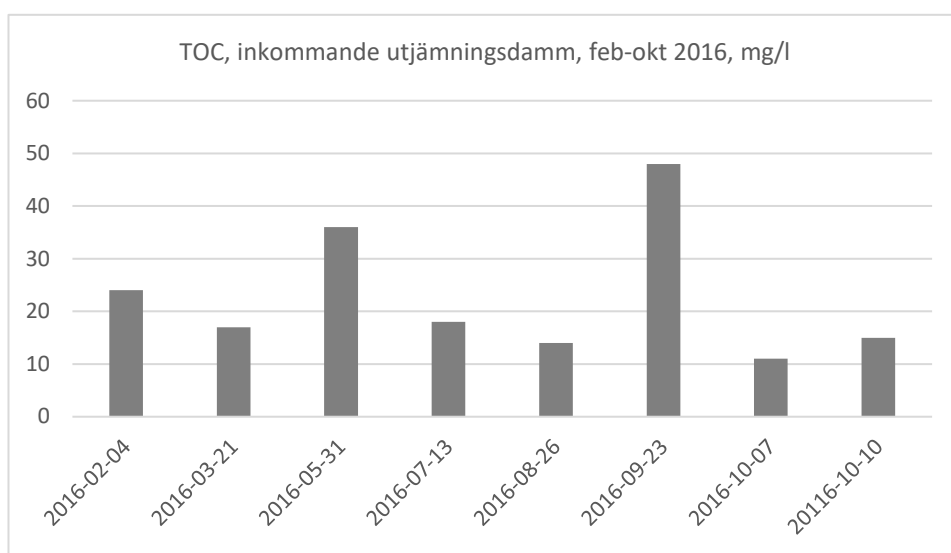
Figur 27. Kopparhalter i inkommande Vtten till utjämningsmagasinet,, ÅY2, februari till oktober 2016



Figur 28. Kromhalter, inkommande vatten till utjämningsmagasinet, ÅY2, februari till september 2016



Figur 29. Kvävehalt i inkommande vatten till utjämningsmagasinet, ÅY2, feb – okt 2016



Figur 30. Halt TOC i inkommande vatten till utjämningsmagasinet, ÅY2, feb-okt 2016

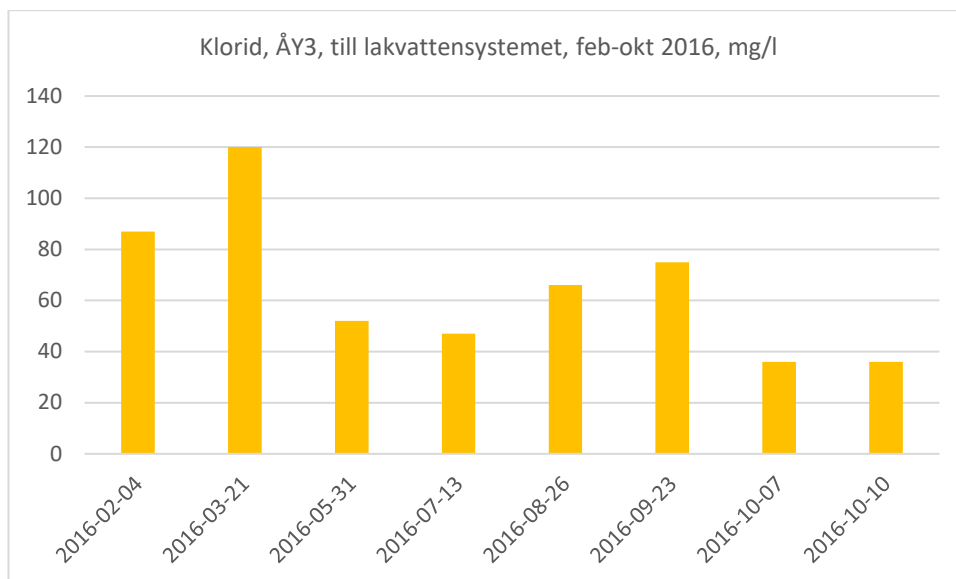
4.2.3 Utgående vatten

Kontroll av utgående vatten från dammen, till lakvattensystemet, sker i en pumpstation med nivåstyrning av utpumpningen. Vid tillfällen utan flöde ut har prover tagits på stillastående vatten i pumpsumpen.

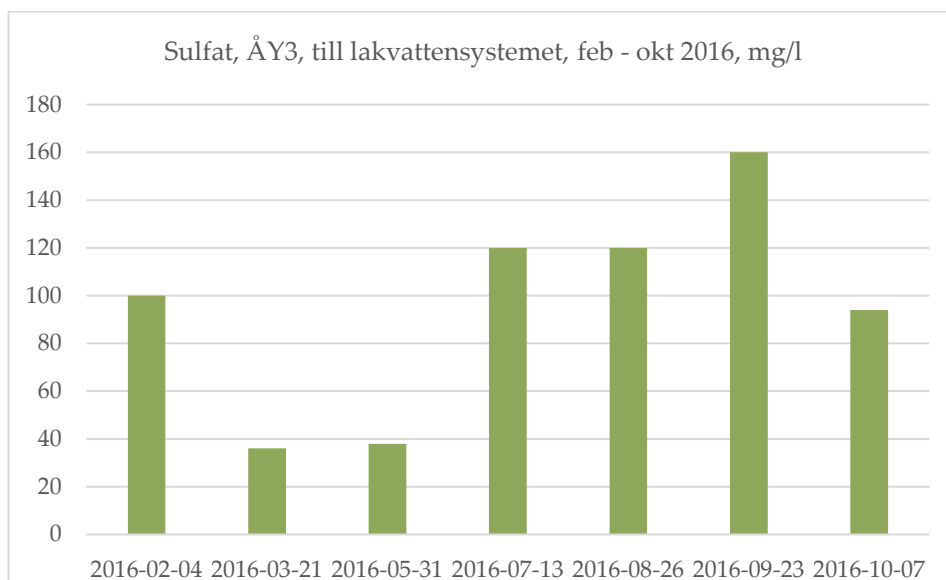
På grund av periodvis låga flöden och att den lertätade dammen inte varit helt tät behövs en längre uppföljningsperiod för att visa på dammens betydelse för avskiljning av föroreningar i vattnet. Kompletterande tätning av dammbotten har skett i oktober, vilket innebär att säkrare data beträffande avrinning och föroreningstransport kommer att kunna beräknas under den fortsatta uppföljningen.

Enligt avläsningar i pumpstationen har avbördad vattenmängd uppgått till ca 3 300 m³ under driftperioden hittills (27 nov 2015 – 10 okt 2016). Beräkningarna är gjorda efter registrerad pumptid och pumpkapacitet.

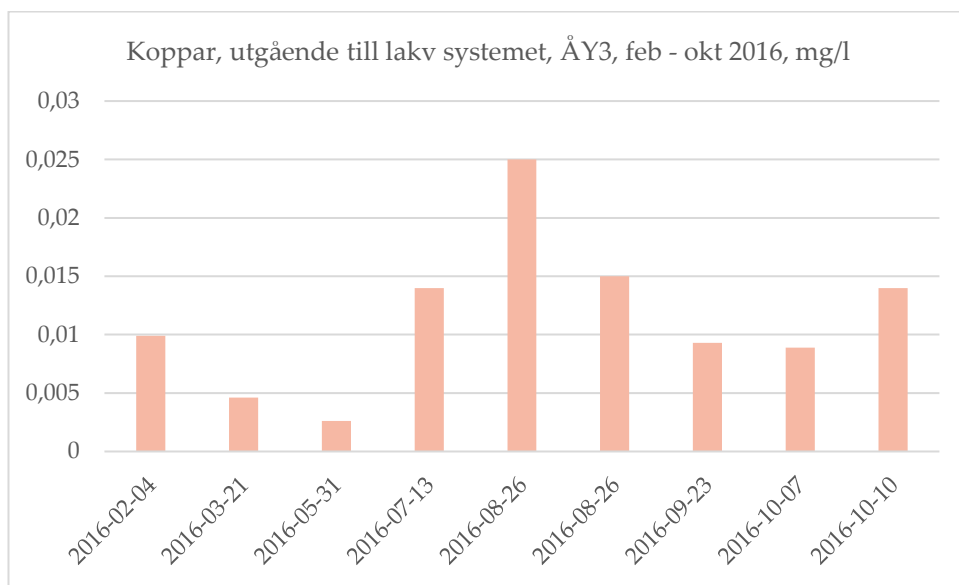
Hittills är uppmätta utgående halter låga, men med vissa variationer som inte följer samma tydliga mönster som beträffande avrinningen från ÅVC-ytan. Nedan redovisas vissa av resultaten i diagramform. De samlade analysresultaten finns i **bilaga 10**.



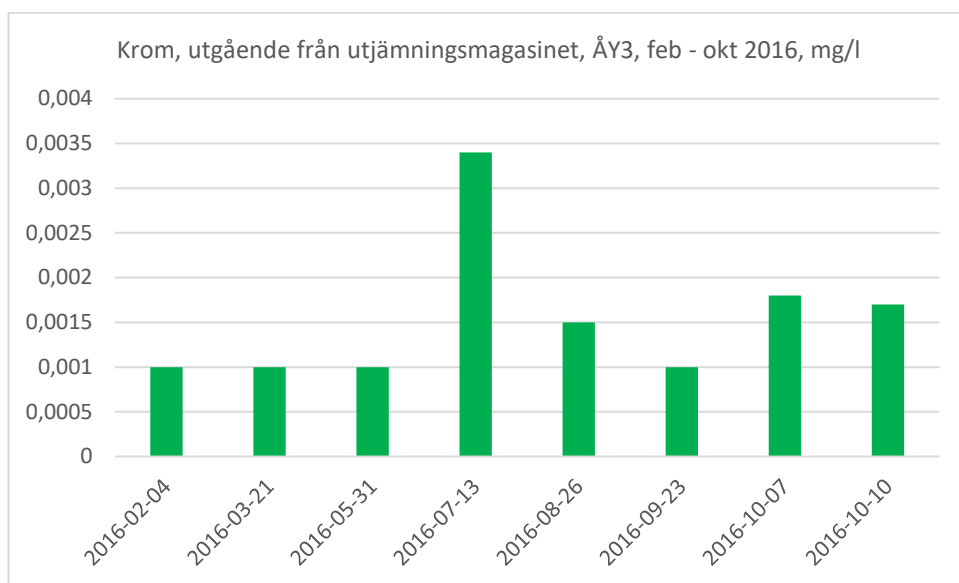
Figur 31. Kloridhalt i utgående vatten, till NSR:s lakvattensystem, ÅY3, februari – oktober 2016



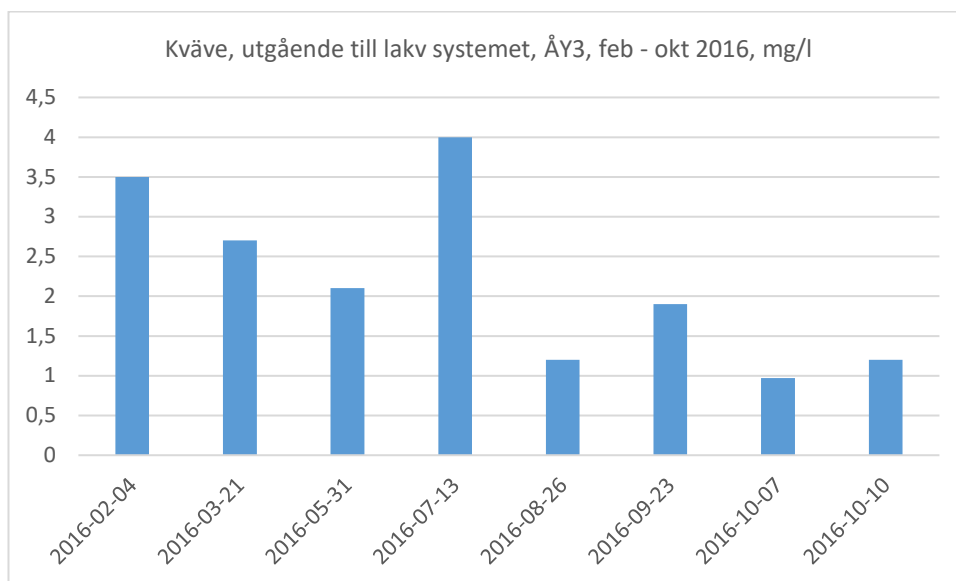
Figur 32. Sulfathalt i utgående vatten till NSR:s lakvattensystem, februari – oktober 2016



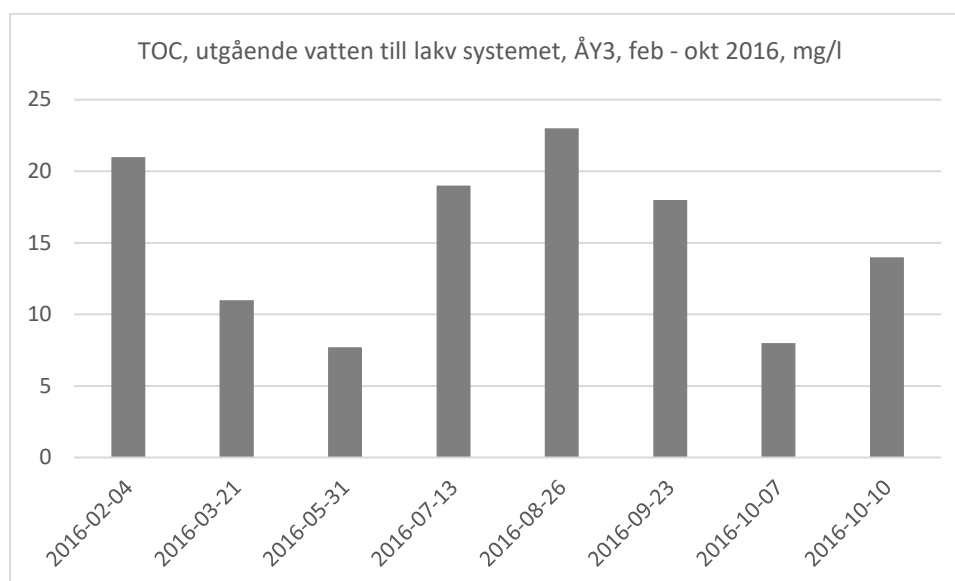
Figur 33. Kopparhalt i utgående vatten till NSR:s lakvattensystem, februari – oktober 2016



Figur 34. Kromhalt i utgående vatten till NSR:s lakvattensystem, februari – oktober 2016



Figur 35. Kvävehalt i utgående vatten till NSR:s lakvattensystem, ÅY3, februari – oktober 2016



Figur 36. TOC-halt i utgående vatten till NSR:s lakvattensystem, ÅY3, februari – oktober 2016

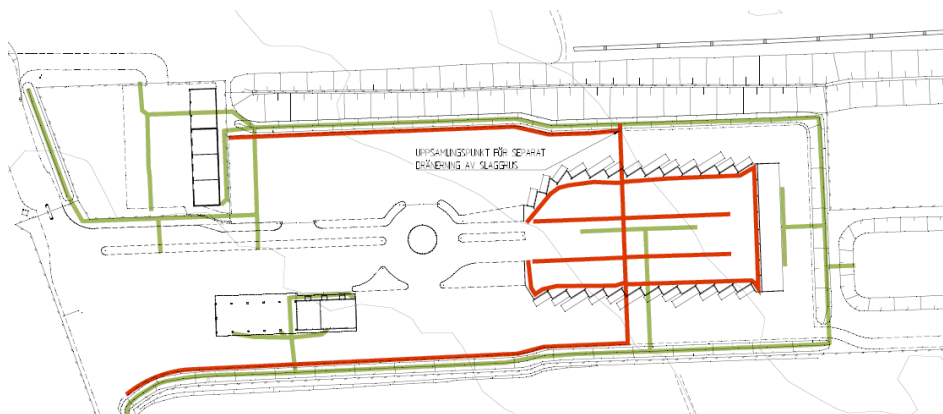
4.2.4 Dagvatten utanför anläggningen

I den fortsatta uppföljningen från miljösynpunkt ingår även en jämförelse av dagvattenkvaliteten upp- och nedströms ÅVC, längs väg E4/E6 (punkterna ÅD1 och ÅD2 se kontrollprogrammet, **bilaga 3 och ritning 04**) med kvaliteten på dagvattnet från ÅVC. Tiden för uppföljning och de låga dagvattenflödena under året gör att fortsatt kontroll/mätning krävs innan några slutsatser kan dras.

Målsättningen är att analyserna på sikt ska visa om avrinningen från ÅVC kan anslutnas till det övergripande dagvattensystemet utan risk för negativ påverkan.

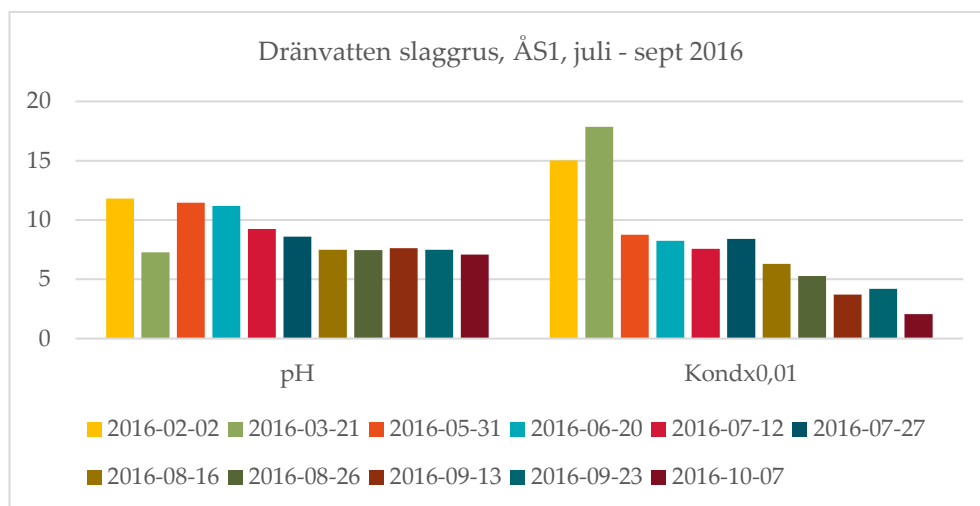
4.2.5 Dränvatten från slaggrusskiktet

För att möjliggöra ett försök till kvantifiering av verklig urlakning från slaggruset har ett dräneringssystem anlagts i botten på slaggrusskiktet, med uppsamling av dränvatten mot en tät samlingsbrunn (ÅS1) före anslutning till dagvattensystemet. I brunnen kan prov tas på tillrinnande dränvatten. Tillrinningen kan mätas/uppskattas genom att brunnen pumpa ur och tiden för återfyllning till en viss nivå mäts.

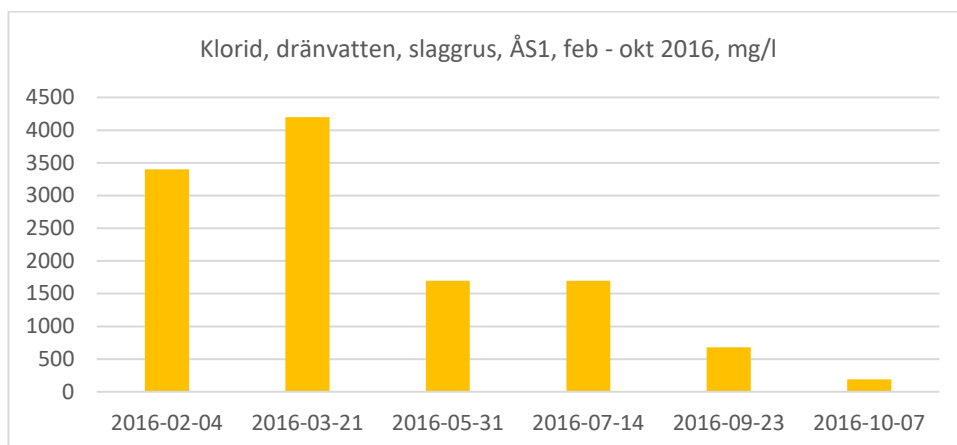


Figur 37. Dräneringssystem för slaggrusskiktet (röd markering) under ÅVC:n respektive dagvatten från asfaltytor inom ÅVC:n (grön markering).

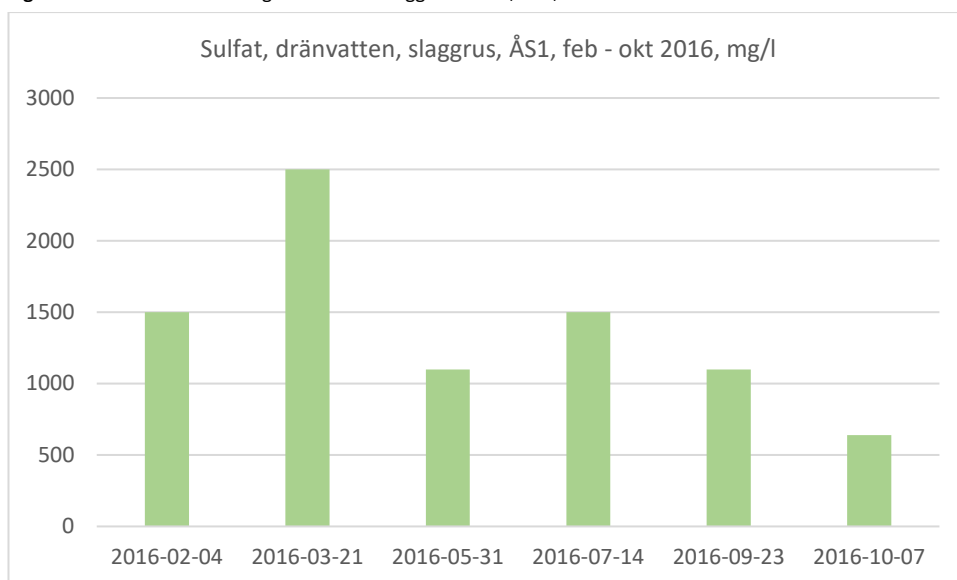
Prov har tagits ett antal gånger på tillrinnande vatten som samlats i brunnen, som töms/remspolas efter varje provtagningsomgång (en gång/månad).



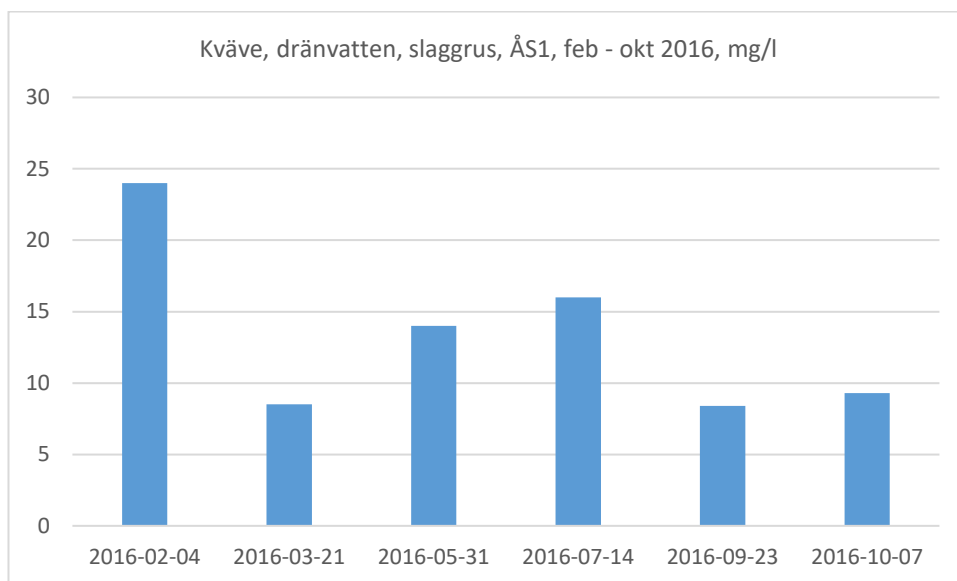
Figur 38. pH och konduktivitet hos dräneringsvatten från slaggrusskiktet, ÅS1, februari – oktober 2016



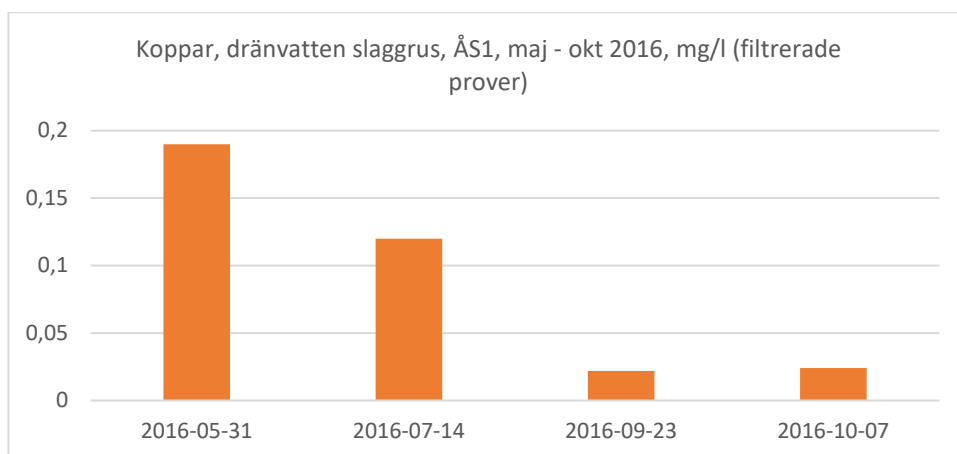
Figur 39. Kloridhalt i dräneringsvatten från slaggrusskiktet, ÅS1, februari till oktober 2016



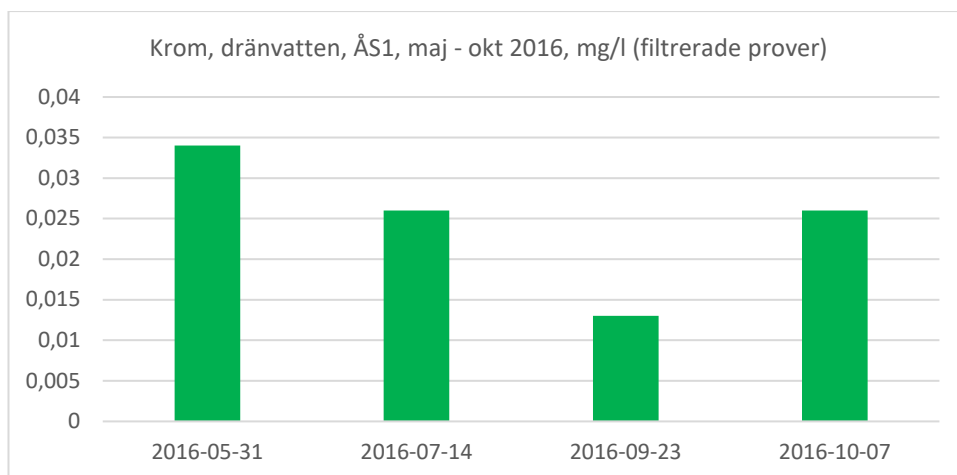
Figur 40. Sulfathalt i dräneringsvatten från slaggrusskiktet, ÅS1, februari till oktober 2016



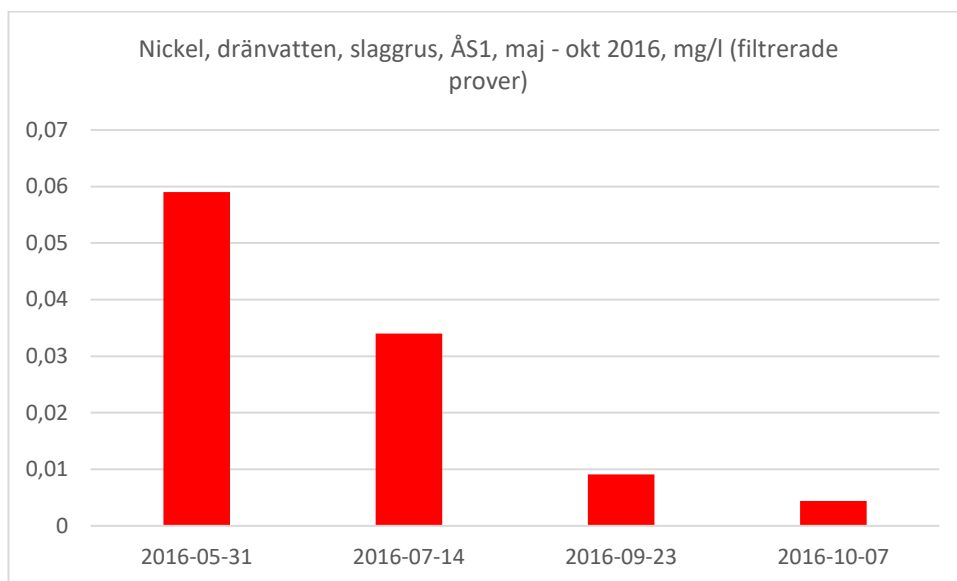
Figur 41. Kvävehalt i dräneringsvatten från slaggrusskiktet, ÅS1, februari till oktober 2016



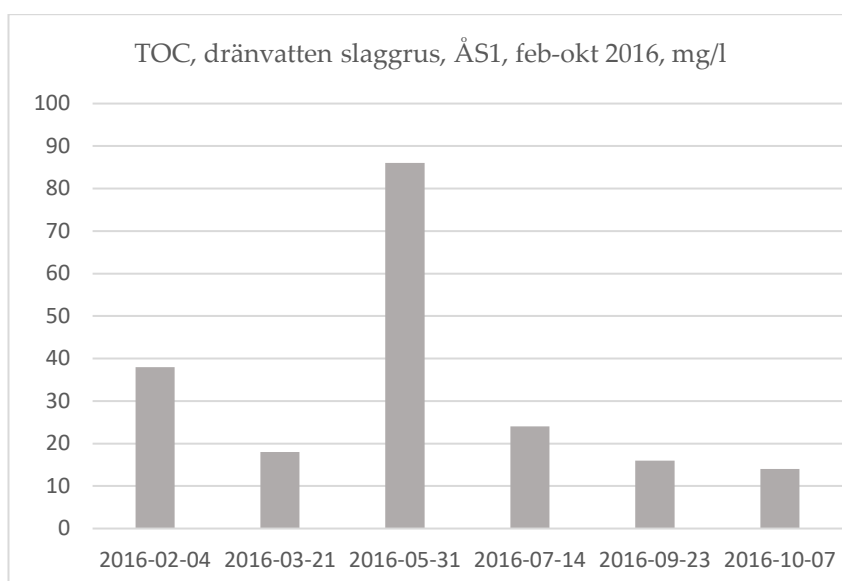
Figur 42. Kopparhalt i dräneringsvatten från slaggrusskiktet, ÅS1, maj till oktober 2016



Figur 43. Kromhalt i dräneringsvatten från slaggrusskiktet, ÅS1, maj – oktober 2016



Figur 44. Nickelhalt i dräneringsvatten från slaggrusskiktet, ÅS1, maj – oktober 2016



Figur 45. TOC-halt i dräneringsvatten från slaggrusskiktet, ÅS1, februari till oktober 2016

Uppföljningen hittills visar att en stabilisering av förhållandena pågår efter att ett initialt kraftigare påverkat vatten dränerats bort.

Underlag finns ännu inte för kvantifiering av urlakningen via dränsystemet.

5 Utvärdering av byggskedet och ett års uppföljning

5.1 BYGGGANDE MED SLAGGRUS

Efter de byggtekniska undersökningar av slaggruset som genomfördes inför användningen i ÅVC-projektet har ca 20 100 m² väg- och arbetsytor anlagts med slaggrus som förstärkningslager under asfaltytor.

Erfarenheterna från byggskedet är goda och värdefulla för kommande projekt:

- Slaggrusets kornstorlekssammansättning har inte sådan betydelse från bärighetssynpunkt att vissa fraktioner bör undvikas. I uppbyggnad av förstärkningslager kan ett blandat slaggrus, i de proportioner det faller vid produktionen, användas. I detta fall 75 % finfraktion (0-15 mm) och 25 % grövre fraktion (15-55 mm).
- Bärighet och övriga egenskaper uppfyller inte fullt ut alla krav enligt Trafikverket (TDOK 2014:041), men är fullt acceptabla för den trafikbelastning som förväntas på anläggningen.
- Sättningsmätningar under första året visar dels att sättningarna varit obefintliga (inom felmarginalen för mätningarna, +1 till -5 mm), dels att inga skillnader mot ytor med naturlig bergkross kunnat uppmätas.
- Utläggning och packning av materialet har kunnat göras med konventionell utrustning och teknik.
- Utläggningsen av slaggruset bör ske koncentrerat i tid och övertäckning med bärlagermaterial/asfaltering bör ske snarast möjligt efter utläggning.
- Tiden mellan första utläggning och övertäckning/asfaltering bör minskas jämfört med vad som blev fallet i detta projekt (maj-oktober inklusive semesterperiod).
- Arbetsmiljömässigt har normala skyddsåtgärder mot damning, spiktramp och direktkontakt med slaggruset fungerat tillfredsställande. Information till entreprenörens personal på platsen om risker, skyddsåtgärder och erfarenheter från tidigare projekt (Sysav, Raul Grönholm) var avgörande för att undvika problem och oro från berörd personal

5.2 MILJÖVÄRDERING

Referensprovtagningar, uppföljning av framställningen av slaggrus, analyser på ursprungsmaterial och det första årets erfarenheter av provtagningar i mark, yt- och grundvatten efter utläggning har gett mycket värdefull information och underlag för fortsatt uppföljning.

Samtidigt kan som förväntat konstateras att ett års uppföljning inte är tillräckligt för att säkra slutsatser beträffande miljöpåverkan från markbyggnader med det aktuella slaggruset ska kunna dras.

Några resultat från första årets uppföljning är:

- Slaggrusets kemiska egenskaper (lakning, pH, sammansättning kemiskt) förändras måttligt genom normal lagring/"åldring" i upplag.
- pH i slaggrus tillverkat 2014 är fortsatt högt (pH 9-10) vid användningen 2015 och vid provtagning på ytorna 2016. I ursprungsmaterialet 2014 var pH-nivån strax över 11.
- Möjligheterna till balanserad pH-justering bör utvecklas. En för stor sänkning av pH har också visats kunna medföra risk för ökad urlakning av vissa metaller, exempelvis antimon.
- Urlakningen av metaller från slaggruset, mätt som L/S10, är genomgående låg, trots höga totalhalter av vissa metaller (bl a barium, bly, koppar, krom, nickel, zink). Viss tendens finns till lägre urlakning från utlagt material efter ca 1 år (prover tagna 2016).
- Urlakningen av lösta salter (klorider, sulfater) är "snabb". Vid lakning enligt standard EN 12457-3 tycks huvuddelen av salterna vara urlakade vid både L/S2 och L/S10. Urlakning av salter kan eventuellt ses som ett "övergående" problem, även om tiden för att uppnå L/S 10 under en nästan tät överyta är mycket lång vid praktisk användning av slaggrus enligt dagens modell.
- Byggskedet ger en "stöt" av vissa föroreningar till dagvattnet. Påverkan kan komma både från förändringar i marken vid uppbyggnad av terrassen, t ex grundvattensänkning/avledning, från användningen av slaggruset och från påverkan av nederbörd innan materialet kapslats in med beläggning.
- Efter byggskedet stabiliseras dagvattnets halter av salter, metaller, näringsämnen och organiskt material på en låg nivå, sannolikt kopplad direkt till verksamheten på anläggningen.
- Eventuell grundvattenpåverkan, framför allt beträffande metaller, kräver en längre uppföljningstid för att kunna värderas. Oftast ligger metall-halterna i grundvattnet i nivå med bakgrundhalterna, vilket även gäller för grundvattenrör ÅG2, närmast ÅVC.
- I grundvattenröret direkt nedströms arbetsytan (ÅG2) kan en fördröjd tendens liknande den i dagvattnet (ÅY2) noteras beträffande lösliga ämnen (klorid, sulfat) och konduktivitet efter byggfasen. Efter en initial höjning indikerar de senaste proverna en påbörjad sjunkande tendens.
- Migration av föroreningar från slaggruset ner i den underliggande marken kan följas endast i ett längre perspektiv. En första provomgång på jordlager ca 0,5 meter under slaggruset har analyserats som en del av underlaget för en framtida utvärdering, se **bilaga 7 och ritning 08**.
- Viss urlakning från slaggruset via dränskiktet skedde initialt, sannolikt beroende på att effekter från byggskedet och att dräneringen av terrassen inte hunnit stabiliseras innan utläggning av slaggruset påbörjades.
- Genom projektet har en kontrollerbar yta för fortsatt, långsiktig, uppföljning av markbyggnader med slaggrus skapats.



Figur 46. ÅVC Helsingborg – en försöksyta för fortsatt uppföljning av slaggrusanvändning i markbyggnader

5.3 BEHOV AV EN BREDARE UTVÄRDERING FRÅN MILJÖSYNPUNKT?

I det aktuella projektet har endast ingått uppföljning av den lokala miljöpåverkan från användning av slaggruset vid byggande av ÅVC Helsingborg.

I ett bredare perspektiv har användningen av slaggrus som alternativt konstruktionsmaterial, t ex under vägar och arbetsytor, flera positiva miljöeffekter, bl. a. i form av:

- minskat behov av uttag av ändliga naturresurser,
- minskad naturpåverkan i form av täktverksamhet,
- minskad energiåtgång för brytning och krossning av berg,
- minskade transporter,
- undvikna utsläpp av växthusgaser och
- undvikta behov av deponering av bottenaska/slaggrus som avfall

För en samlad bedömning av slaggrusets värde från miljösynpunkt bör fortsatta utvärderingar göras av den långsiktiga lokala påverkan, men även av den övergripande miljönyttan med slaggranvändningen som alternativ till utnyttjande av jungfruliga naturresurser. Sådana utvärderingar kan t ex göras i form av livscykelanalyser för byggande, drift, underhåll och rivning/återställning av specifika objekt där användning av slaggrus är ett från teknisk synpunkt möjligt alternativ.



Figur 47. Slaggrus – en resurs för miljöanpassade konstruktioner i mark med både lokala och regionala/globala miljövinster i ett livscykelperspektiv.

6 Referenser

- Avfall Sverige, 2008, Rapport 2008:06, "Slaggrus för sammansatta obundna material i väg- och anläggningsbyggande. Handbok" (Skanska m fl),
- Avfall Sverige, 2015, Rapport 2015:02, "Utvärdering av miljöpåverkan vid användning av slaggrus baserat på utförda projekt" (Sysav m fl),
- Geoexperten, 2014, Ny återvinningsanläggning på NSR i Helsingborg, Geotekniska undersökning (MUR)
- Naturvårdsverket, 1999, Rapport 4913, Bedömningsgrunder för miljö kvalitet, Sjöar och vattendrag
- Naturvårdsverket, 2009, Rapport 5976, Riktvärden för förorenad mark
- Naturvårdsverket, 2010, Handbok 2010:1, "Användning av avfall i anläggningsarbeten"
- Naturvårdsverket, 2010, Handbok 2010:1, Återvinning av avfall i anläggningsarbeten
- NSR, 2016, Slaggcon 16, Dokumentation från en temadag om slaggrus 2016-04-07, Helsingborg
- RVF, 2002, Rapport 2002:10, "Kvalitetssäkring av slaggrus från avfall"
- Saveyn, H. & al., 2014. Study on methodological aspects regarding limit values for pollutants in aggregates in the context of the possible development of end-of-waste criteria under the EU Waste Framework Directive. ISBN 978-92-79-39539-0, Link: <http://susproc.jrc.ec.europa.eu/activities/waste/documents/Aggregates%20leaching%20Main.pdf>
- SGL, 2006, Information 18:5 (RVF Rapport 2006:08), "Handbok, Slaggrus i väg- och anläggningsarbeten"
- SMHI, 2016, Nederbördsstatistik 2016 från station Helsingborg A
- Sweco, 2012, Geologisk och hydrogeologisk modell för Filbornaområdet, uppdatering av geologisk och hydrogeologisk modell 2005-11-02
- Svenskt Vatten, 2004, P90, Dimensionering av avloppssystem
- Tekedo, 2014, Klassificering av bottenaskor enligt Avfallsförordningen, Filbornaverket

SLAGGRUS I MARKBYGGNADER

Här dokumenteras erfarenheter från en anläggning där man långsiktigt har följt upp miljöeffekter när slaggrus utnyttjas som konstruktionsmaterial. Rapporten redovisar slaggrusets egenskaper både miljömässigt och som konstruktionsmaterial och följer dessutom upp resultaten ur miljösynpunkt under ett års tid.

Försöken har gjorts vid NSRs återvinningsanläggning i Helsingborg som har lokaliserats och utformats för att kunna fungera för en långsiktig uppföljning av miljöeffekter när slaggrus utnyttjas som konstruktionsmaterial.

Slaggruset har egenskaper som gör att det kan packas till acceptabel bärighet för många typer av vägkonstruktioner, även om kraven inte uppfylls fullt ut för exempelvis nötningsegenskaper. Mätningar ett år efter utförandet visar att sättningarna varit i stort sett obefintliga både på ytor med slaggrus och på ytor med normal bergkross i förstärkningslagret. Resultaten visar också att urlakningen av metaller från slaggruset är låg, trots att det förekommer höga halter av bland annat koppar, krom, bly och zink.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se