

Stabilisering av förorenade muddermassor från Oskarsamns hamn – Kompletterande undersökningar



Pär Elander

2014:3

2013-10-04

Innehåll

1	BAKGRUND	3
2	HITTILLS GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR AV UTLAKNING	4
2.1	UNDERSÖKTA SEDIMENTPROVER.....	4
2.2	LAKTESTER MED AVSEENDE PÅ METALLER.....	4
2.3	LAKFÖRSÖK MED AVSEENDE PÅ ORGANISKA FÖRORENINGAR.....	8
2.4	RESULTAT FRÅN PILOTFÖRSÖK I FÄLT.....	10
2.5	SLUTSATSER FRÅN HITTILLS UTFÖRDA FÖRSÖK.....	11
3	FÖRSLAG TILL KOMPLETTERANDE FÖRSÖK PÅ LAGRADE PROVER.....	13
3.1	KOMPLETTERANDE PROVNING AV SEDIMENT FRÅN MÅNSKENSVIKEN	13
3.2	KARAKTERISERING AV ORGANISKA ÄMNEN I LAKVATTEN.....	13
4	ANVÄNDNING AV ANDRA BINDEMEDEL ELLER ADDITIV OCH TIDSBEROENDE PROCESSER VID STABILISERING	14
4.1	ALLMÄNT.....	14
4.2	PROVTAGNING.....	15
4.3	BASLINJEUNDERSÖKNING - VARIATIONER MELLAN OMRÅDEN	15
4.4	EFFEKTER AV LAGRINGSTID	16
4.5	EFFEKTER AV ADDITIV OCH ANDRA BINDEMEDEL PÅ UTLAKNINGEN	16
4.6	EFFEKTER AV AVVATTNING I TRYCKFILTER MED TILLSATS AV JÄRNKLORID OCH KALK	17
4.7	GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR.....	17
5	UTREDNING AV FÖRDELNINGEN AV ORGANISKA FÖRORENINGAR TILL DOC OCH STABILISERINGENS BETYDELSE	18
6	RAPPORTERING.....	FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.

Bilagor

Bilaga 1 Försöksschema

1 Bakgrund

I projektet sanering av Oskarshamns hamnbassäng har omfattande undersökningar genomförts för att klarlägga möjligheterna att stabilisera och nyttiggöra muddermassor för anläggningsändamål i hamnen. Utförda försök har omfattat undersökningar av effekter med användning av bindemedlen cement (C) och granulerad masugnsslagg (M) i varierande proportioner och med varierande tillsatsmängder. De egenskaper som provats omfattar bestämning av skjuvhållfasthet, deformationsegenskaper och utlakning av föroreningar.

Cement och granulerad masugnsslagg är de bindemedel som vanligtvis används för stabilisering av förorenade muddermassor som nyttiggörs vid hamnutbyggnader. De försök som utförts med massorna från Oskarshamns hamnbassäng visar en gynnsam effekt såtillvida att utlakningen av de organiska miljögifterna är betydligt mindre från stabiliserade än från ostabiliserade muddermassor. Samtidigt visar massor stabiliserade med dessa bindemedel en ökad utlakning av flera tungmetaller och en ökad utlakning av DOC (löst organiskt kol). Utlakningen av DOC överskrider kriterierna för mottagning på deponier, vilket försvårar deponering av de muddermassor som inte ska nyttiggöras. I övrigt innehålls de krav som ställs för mottagning på deponier för farligt avfall och oftast även för mottagning på deponier för icke-farligt avfall.

Resultaten i laboratorieförsök bekräftas av resultat från provtagning av porvatten i den fyllning och stabilisering som genomförts inom ramen för ett pilotförsök i hamnen. Det senare försöket visar att porvattenhalten av vissa metaller initieellt kan bli högre än vad som indikerats vid lakförsök i laboratorium.

Med hänsyn till de erhållna resultaten finns ett behov av att ytterligare undersöka olika stabiliseringsmetoders effekter på muddermassornas egenskaper innan ett slutligt beslut fattas om val av metod och bindemedel för stabilisering. Kommunens tillstånd att nyttiggöra muddermassorna har därför förenats med utredningsvillkor i uppskjutna frågor enligt vilka kommunen ska redovisa följande utredningar samt förslag till villkor:

1. Erfarenheter av olika behandlingsmetoder och tillvägagångssätt för att stabilisera de muddermassor som ska nyttiggöras för anläggningsändamål vid Grimskallen. Utredningen ska beskriva olika metoder (kemiska och mekanisk/fysikaliska) utifrån deras förutsättningar att säkerställa en stabil konstruktion och motverka utlakning av föroreningar. Beträffande kemisk stabilisering ska erfarenheter av olika stabiliseringsmedel och inblandningsförhållanden beskrivas. Arbetet ska ske i samråd med tillsynsmyndigheten och Naturvårdsverket.
2. Erfarenheter av materialval, utformning och utförande av tätskikt ovanpå stabiliserade muddermassor vid Grimskallen. Utredningen ska beskriva olika utföranden av tätskikt utifrån deras förutsättningar att säkerställa att skador på tätskiktet inte kan uppkomma till följd av sättningar och att lakvattenbildningen långsiktigt blir mindre än 5 l/m^2 per år. Arbetet ska ske i samråd med tillsynsmyndigheten och Naturvårdsverket.

Utöver undersökningar som motiveras av utredningsvillkoret finns ett akut behov av att undersöka alternativa stabiliseringsmetoder för deponering av muddermassor. Drygt $120\,000 \text{ m}^3$ av de förorenade sedimenten i hamnen ska enligt planerna deponeras i en separat cell vid kommunens avfallsanläggning i Storskogen. Muddermassornas skjuvhållfasthet kommer inte att vara tillräcklig för att deponering ska vara möjlig utan stabilisering. Eftersom den undersökta stabiliseringsmetoden med användning av cement och merit trigger utlakningen av DOC

2013-09-13

i sådan utsträckning att massorna sannolikt inte kan ta emot för deponering ens vid en deponi för farligt avfall behöver utlakningen av DOC undersökas bättre och effekten av andra bindemedel och möjliga additiv för att minska utlakningen av DOC klarläggas.

Mot denna bakgrund har ett program för fortsatta undersökningar tagits fram. Syftet med undersökningarna är:

1. Att klarlägga hur utlakningen av föroreningar och DOC från stabiliserade muddermassor varierar med val av stabiliseringsmetod, bindemedelstyp m.m.
2. Att öka kunskapen om vad DOC som lakar ut från ostabiliserade och stabiliserade muddermassor består av.
3. Att särskilt klarlägga utlakningen av kända organiska föroreningar i sedimenten; dioxiner, PCB och TBT och deras fördelning till eller samverkan med DOC.

2 Hittills genomförda undersökningar av utlakning

2.1 Undersökta sedimentprover

För undersökningar av sedimenten har samlingsprover tillverkats representerade de fyra delområden i inre hamnbassängen, där större ansamlingar av förorenade sediment förekommer:

- A. Inre hamnen (Badholmen)
- B. Väster ön Rävsmålan
- C. Öster ön Rävsmålan
- D. Månskensviken

Inom varje område togs ett antal sedimentkärnor upp, representerande hela föroreningsdjupet. Kärnorna blandades och homogeniserades till samlingsprover representerande de olika områdena.

2.2 Laktester med avseende på metaller

Inledningsvis genomfördes lakförsök på samlingsproverna utan föregående stabilisering enligt standard EN 12457-2 (enstegs skakförsök vid L/S 10). Analyserna omfattade enbart grundämnesanalys där oorganiska föroreningar i sedimenten (arsenik och metaller) ingått. Därtill genomfördes ett lakförsök på ett samlingsprov från samtliga delområden i inre hamnbassängen med en komplett analys för avstämning gentemot kriterierna för mottagning på deponier. Inga betydande skillnader noterades mellan de olika sedimentförekomsterna, som framgår av **Tabell 1**. I tabellen redovisas som jämförelse även föreslagna lakkriterier vid L/S 10 för när återvinning av avfall enligt Naturvårdsverkets mening kan ske utan anmälan eller tillståndsprövning (MRR), samt kriterier för mottagning av farligt avfall på deponier för icke-farligt avfall. De senare gäller för det fall sedimenten skulle deponeras i stället för att nyttiggöras. Notera att jämförelsen med MRR är något oegentlig eftersom sådan återvinning förutsätter att totalhalterna i materialet är betydligt lägre än i de förorenade sedimenten. Jämförelsen är ändå av intresse eftersom kriterierna för utlakning används för bedömning av risken för påverkan på ytvattenrecipienter, som är den mest betydande risken vid återanvändning av sediment som fyllningsmaterial i Grimskallen.

2013-09-13

Av tabellen framgår att utlakningen av arsenik och metaller, särskilt beaktat det höga föroreningsinnehållet, är liten. Endast utlakningen av arsenik, klorid och sulfat överstiger kriterier för användning vad gäller lakning vid L/S 10. Man kan också förmoda att utlakningen av molybden skulle överskrida ett sådant kriterium, även om ett sådant ännu inte tagits fram. Utlakningen av klorid och sulfat är en naturlig följd av att sedimenten avsatts i en hamnbassäng med bräckt vatten och bedöms inte vara av betydelse för användning i samma hamnbassäng.

Tabell 1 Sammanställning av utlakad mängd (mg/kg TS) i lakförsök (L/S 10) med sediment utan föregående stabilisering.

Parameter	A Badholmen	B Väster Rävsmålan	C Öster Rävsmålan	D Månskens- viken	ABCD Samplings- prov	MRR ¹	FA på deponi för IFA ²
pH	7,0	6,8	7,1	7,3	7,7		
Arsenik	0,20	0,20	0,47	0,4	1	0,09	2
Barium	0,48	0,55	0,2	0,64	0,33		100
Kadmium	0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0005	0,02	1
Krom	<0,006	<0,006	0,0062	<0,006	<0,005	1	10
Koppar	0,020	0,032	0,020	<0,02	0,029	0,8	50
Kvicksilver	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0002	0,01	0,2
Molybden	0,13	0,19	0,4	0,51	0,74		10
Nickel	0,068	0,097	0,059	0,058	0,067	0,4	10
Bly	0,011	0,016	0,0098	0,0058	0,022	0,2	10
Antimon	-	-	-	-	0,0037		0,7
Selen	0,0036	0,0050	0,0066	0,024	0,025		0,5
Zink	0,046	0,20	0,11	0,047	0,095	4	4
DOC	-	-	-	-	600		800
Klorid	-	-	-	-	6 920	130	15 000
Fluorid	-	-	-	-	10		150
Sulfat	-	-	-	-	840	200	20 000

Muddrade sediment har mycket låg hållfasthet och mycket låg deformationsmodul. Någon typ av grundförstärkning eller stabilisering är nödvändig för att de tekniska egenskaperna ska vara tillfredställande. Inom ramen för två EU-finansierade projekt, STABCON och SMOCS, har en metod utarbetats som innebär att förorenade muddermassor stabiliseras med användning av cement och finmald granulerad masugnsslagg. Metoden har provats i laboratorieskala och i pilotförsök med sediment från Oskarshamns hamn.

Lakförsök för att undersöka effekten av stabilisering av de förorenade sedimenten och skillnader beroende på val av bindemedelskombination och tillsatsmängd utfördes med stabiliserade sediment från Månskensviken (område D), vilka uppvisar de högsta föroreningshalterna. Analyserna av lakvatten omfattade grundämnesanalys, dvs. oorganiska föroreningar. Därtill genomfördes liksom för de ostabiliserade sedimenten ett lakförsök med fullständig analys för avstämning gentemot mottagningskriterierna på deponier. Detta försök utfördes på ett samlingsprov från samtliga områden och med en bindemedelskombination. Resultaten redovisas i **Tabell 2**. Vid tolkning av resultaten ska observeras att försöken på prover från Månskensviken

¹ Nivåer för mindre än ringa risk enligt NV Handbok 2010:1

² Kriterier för mottagning av farligt avfall på deponi för icke-farligt avfall enligt NFS 2004:10

2013-09-13

utfördes efter 35 dygns härdning medan försöken på samlingsprovet utfördes efter 91 dygns härdning.

Av en jämförelse mellan **Tabell 1** och **Tabell 2** framgår att stabiliseringen inte tycks ha någon entydigt positiv betydelse för utlakningen av de oorganiska föroreningarna i sedimenten. Visserligen minskar utlakningen av arsenik, men i stället ökade utlakningen av nickel och selen betydligt. Även utlakningen av DOC ökade, vilket bedöms ha mindre betydelse för nyttiggörandet men som utgör en svårighet för det fall sedimenten i stället skulle deponeras (pga. den låga hållfastheten och deformationsmodulen behövs stabilisering även vid deponering).

Tabell 2 Sammanställning av utlakade mängder (mg/kg TS) i lakförsök med stabiliserade sediment från Månskensviken. Som jämförelse redovisas nivåer för mindre än ringar risk och mottagningskriterier för farligt avfall på deponier för icke-farligt avfall.

Parameter	D2 C/M 70/30 100 kg/m ³	D3 C/M 30/70 150 kg/m ³	D4 C/M 70/30 150 kg/m ³	D7 C/M 70/30 200 kg/m ³	ABCD C/M 70/30 150 kg/m ³	MRR	FA på deponi för IFA
pH	11,9	11,8	12,1	12,2	11,7		
Arsenik	0,17	0,15	0,12	0,055	0,051	0,09	2
Barium	0,97	0,60	1,7	2,1	1,2		100
Kadmium	<0,0007	<0,0007	<0,0006	<0,0005	<0,0005	0,02	1
Krom	<0,006	<0,006	<0,006	<0,005	<0,005	1	10
Koppar	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	0,15	0,8	50
Kvicksilver	0,0037	0,002	0,0037	0,0043	<0,0002	0,01	0,2
Molybden	2,3	2,4	1,5	1,3	2,1		10
Nickel	1	0,8	1	1,6	4,2	0,4	10
Bly	<0,003	0,0032	<0,003	<0,002	0,011	0,2	10
Antimon	-	-	-	-	0,0088		0,7
Selen	0,22	0,64	0,49	0,59	0,84		0,5
Zink	0,022	0,021	<0,03	0,020	0,038	4	50
DOC	-	-	-	-	1 030*		800
Klorid	-	-	-	-	4270	130	15 000
Fluorid	-	-	-	-	38		150
Sulfat	-	-	-	-	30	200	20 000

* Överstiger även kriteriet för mottagning på deponi för farligt avfall (1 000 mg/kg TS)

Lakförsöken på stabiliserade sediment utfördes inledningsvis endast på prover från Månskensviken (område D), som uppvisar de högsta föroreningshalterna och lakvatten analyserades endast med avseende på de ingående föroreningarna. Syftet var att studera vilken bindemedelskombination och mängd som skulle vara mest gynnsam. Försöken kompletterades med lakning av ett stabiliserat samlingsprov, med den bindemedelskombination som utvärderats som mest gynnsam och med en utvidgad analys för avstämning gentemot mottagningskriterier på deponier, för det fall deponering skulle bli aktuell.

För att klarlägga eventuella skillnader mellan de olika sedimentförekomsterna i hamnbassängen utfördes under våren 2013 kompletterande lakförsök på stabiliserade sediment från övriga delområden (A,B,C). Resultaten redovisas i Tabell 3 tillsammans med resultat från motsvarande lakförsök på sediment från Månskensviken (D). Vid tolkning av resultaten ska observeras att lakförsöken med prov från Månskensviken utfördes efter 35 dygns härdning och från övriga områden efter ca 850 dygns härdning.

2013-09-13

Tabell 3 Resultat från lakförsök på stabiliserade sediment från olika delområden med den bindemedelsblandning som utvärderats som mest gynnsam med hänsyn till teknik och ekonomi, dvs. C/M 70/30 med 100 kg/m³ samt 150 kg/m³. Försök på proverna A-C utfördes efter 850 dygns härdning medan försök på prov D utfördes efter 35 dygns härdning.

Parameter	A Badholmen	B Väster Rävsmålan	C Öster Rävsmålan	D Månskensviken	MRR ³	FA på de- poni för IFA ⁴
pH	10,1 - 10,7	10,3 - 11,1	10,9 - 11,6	11,9 - 12,1		
Arsenik	0,11 - 0,21	0,17 - 0,25	<0,05	0,12 - 0,17	0,09	2
Barium	1,0-1,2	0,89-1,2	0,61-0,62	0,97-1,7		100
Kadmium	< 0,0006	≤0,0011	<0,0006	<0,0007	0,02	1
Krom	0,010-0,012	0,010-0,020	<0,005-0,010	<0,006	1	10
Koppar	9,1-11,6	31-38	5,6-17,6	<0,02	0,8	50
Kvicksilver	< 0,0003	<0,0003	0,0003	0,0037	0,01	0,2
Molybden	0,8-1,0	<3,3-3,6	0,75-1,0	1,5-2,3		10
Nickel	2,6-4,1	2,9-3,5	3-3,4	1,0	0,4	10
Bly	<0,00	<0,003	0,0024-0,011	<0,003	0,2	10
Antimon	0,0077-0,014	0,0072-0,009	0,0078-0,012	-		0,7
Selen	0,15-0,22	0,4-0,5	0,72-0,9	0,22-0,49		0,5
Zink	≤0,03	<0,03	≤0,03	<0,03	4	4
DOC	1 870 - 2 460	2 380 - 2 120	1 190 - 1 120	-		800
Klorid	4 790 - 5 560	7 030 - 8 350	4 250 - 5 200	-	130	15 000
Fluorid	<20 - 35,1	<20	<10	-		150
Sulfat	5 160 - 9 720	4 100 - 8 660	1 450 - 3 710	-	200	20 000

Den största skillnaden mellan stabiliserade prover från olika områden är att utlakningen av koppar var betydligt större (mer än 100 ggr) från stabiliserade prover från område A-C än från område D. Även utlakningen av nickel var högre från proverna A-C även om skillnaden inte var alls lika stor. Samma tendenser till skillnader vad avser utlakning av koppar och nickel kan skönjas vid en jämförelse mellan de stabiliserade proverna från Månskensviken respektive samlingsprovet i **Tabell 2**. Det finns minst två möjliga förklaringar till de noterade skillnaderna; dels skillnader mellan förekomstformer eller geokemiska förhållanden i Månskensvikens sediment respektive övriga områden, dels kan skillnaderna i härdningstid ha påverkat resultaten.

Vid kompletteringen våren 2013 utfördes även pH-statiska lakförsök på ett samlingsprov från de massor som ska användas för fyllningsändamål i Grimskallen, för att undersöka vilken betydelse eventuella framtida förändringar av pH kan få för utlakningen. Dessa försök genomfördes på samlingsprover tillverkade av individuellt stabiliserade prover från område A-C, vilka härdats ca 850 dygn. Resultaten jämförs i **Tabell 4** med resultat från lakförsök med samlingsprovet från samtliga områden (A-D) med motsvarande bindemedelsblandning och inblandningsmängd men med oregerat pH och med härdningstiden 91 dygn.

³ Nivåer för minder än ringa risk enligt NV Handbok 2010:1

⁴ Kriterier för mottagning av farligt avfall på deponi för icke-farligt avfall

2013-09-13

Tabell 4 Resultat av pH-statiska lakförsök på stabiliserade sediment från område A-C (samlingsprov). Bindemedel C/M 70/30 med 150 kg/m³. Försök utförda på prover efter ca 850 dygns härdning För jämförelse redovisas även resultat från samlingsprovet A-D för vilket försök utfördes efter 91 dygns härdning.

Parameter	ABC pH 4	ABC pH 6	ABC pH 8	ABC pH 10	ABCD oreglerat	MRR	FA på deponi för IFA
pH	4,0	6,0	8,0	10,0	11,7		
Arsenik	0,028	< 0,03	0,13	0,11	0,051	0,09	2
Barium	10,4	17,2	13,5	3,9	1,2		100
Kadmium	1,9	0,56	0,011	0,0016	<0,0005	0,02	1
Krom	0,17	0,012	0,006	0,0086	<0,005	1	10
Koppar	32,7	13,7	23,0	31,4	0,15	0,8	50
Kvicksilver	0,02	0,11	0,002	<0,0003	<0,0002	0,01	0,2
Molybden	0,0061	0,2	1,9	2	2,1		10
Nickel	9	3,7	1,6	2,8	4,2	0,4	10
Bly	2,6	0,038	0,0022	<0,003	0,011	0,2	10
Antimon	0,12	0,034	0,048	0,013	0,0088		0,7
Selen	0,33	0,51	0,48	0,47	0,84		0,5
Zink	224	17,1	0,17	0,023	0,038	4	50
DOC	2 780	2 910	2 750	2 300	1 030		800
Klorid	5 030	5 389	5 530	5 650	4 270	130	15 000
Fluorid	< 40	< 40	< 20	< 5	38		150
Sulfat	13 500	12 400	15 400	8 060	30	200	20 000

Av de pH-statiska försöken framgår att utlakningen av vissa metaller (främst kadmium och zink) ökar vid lägre pH, men att besvärande höga nivåer (vid en jämförelse med deponeringskriterier som indikator) erhålls först vid pH 4.

2.3 Lakförsök med avseende på organiska föroreningar

På samlingsprovet från Månskensviken, där föroreningshalterna är störst, utfördes lakförsök med avseende på de organiska miljögifterna. Det finns inte någon standard för lakförsök med avseende på organiska ämnen, men även dessa försök utfördes som enstegs skakförsök vid L/S 10. Utrustningen anpassades särskilt för att undvika adsorption av organiska ämnen till utrustningsdelar. Lakförsök utfördes dels med ett ostabiliserat prov, dels med två prover stabiliserade med olika bindemedelskombinationer. Analyser av lakvatten utfördes i första hand efter centrifugering för att undvika adsorption till filtermaterial men i ett försök (lakförsöket på ostabiliserade sediment) även efter filtrering för att klarlägga skillnader beroende på behandling av vattenprover. Resultaten redovisas i **Tabell 5**.

Av tabellen framgår att skillnaden mellan centrifugering respektive filtrering för avskiljning av partiklar efter skakförsöket med ostabiliserade sediment är mycket stor vad avser halterna av organiska miljögifter. Det kan noteras att lakvatten efter centrifugering (men inte efter filtrering) var tydligt missfärgade. Resultaten tyder på att de höga halterna av framför allt dioxiner är kopplade till svåravskilda partiklar eller kolloider som inte avskilts i centrifugeringen (4000 g i 2,5 timmar). Det framgår också att stabiliseringen varit mycket effektiv för att binda dessa partiklar. Lakvatten från stabiliserade sediment analyserades inte med avseende på tennorganiska föreningar, men även för dessa var skillnaderna mellan centrifugering och filtrering i försöken med ostabiliserade sediment stor.

2013-09-13

För tennorganiska föreningar finns ett förslag till nivåer för mindre än ringa risk (Kemakta AR 2012-26) som kan användas för en bedömning av resultaten. För TBT är lakningskriteriet vid L/S 10 0,0007 mg/kg (700 ng/kg TS), en nivå som överskreds med en faktor 4 i det försök där lakvatten centrifugerades.

Tabell 5 Sammanställning av resultat från lakförsök med avseende på organiska ämnen med ostabiliserade och stabiliserade sediment från Månskensviken.

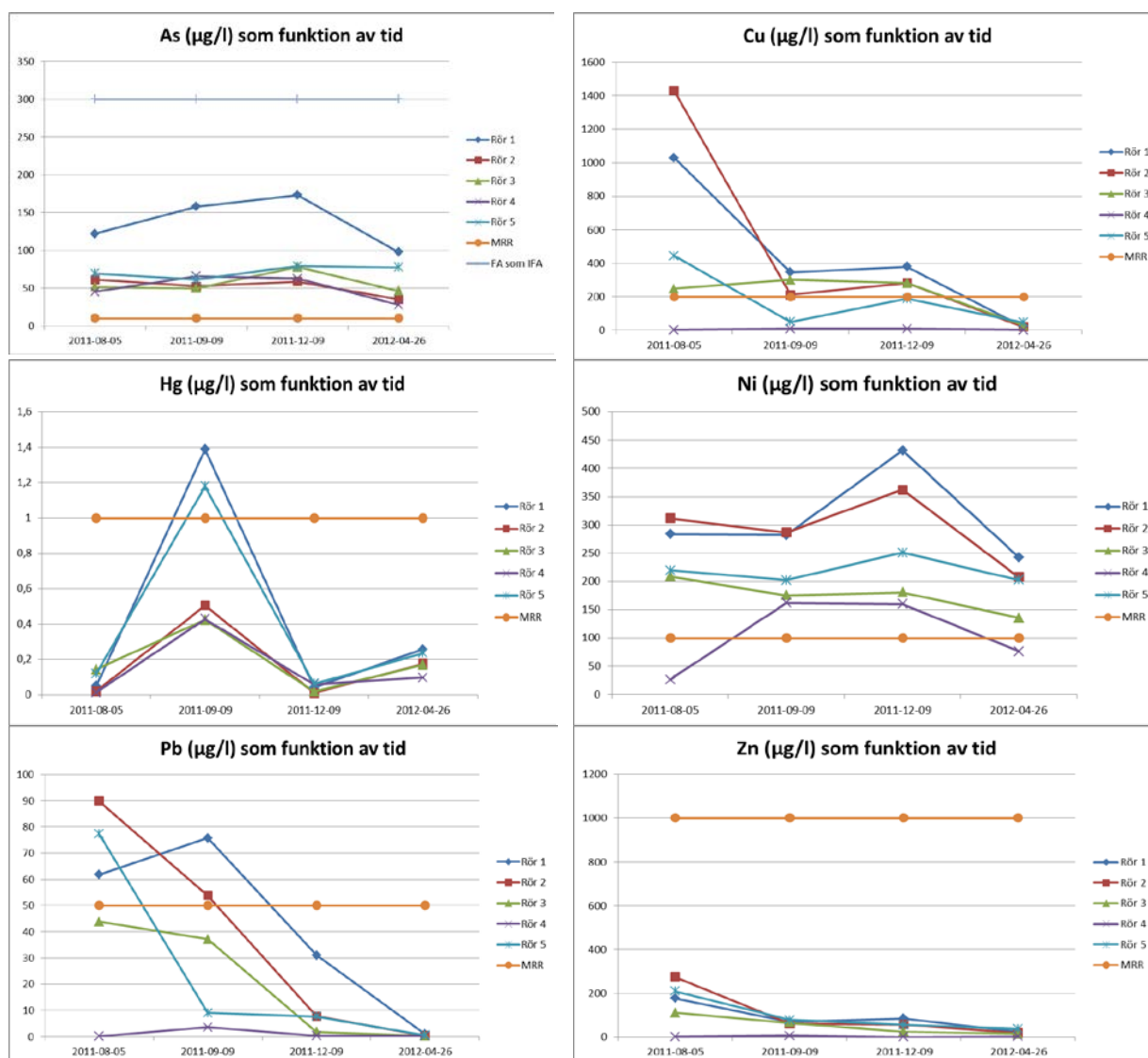
Parameter		D0 Centrifugerat	D0 Filtrerat	D4 C/M 70/30 150 kg/m ³	D13 C/M/A* 35/35/30 100 kg/m ³
2,3,7,8-tetraCDD	ng/kg TS	0,2	<0,010	0,000052	0,00017
1,2,3,7,8-pentaCDD	ng/kg TS	0,27	<0,022	0,000068	0,00065
1,2,3,4,7,8-hexaCDD	ng/kg TS	1,50	<0,036	0,00023	0,0087
1,2,3,6,7,8-hexaCDD	ng/kg TS	4,70	<0,036	0,00025	0,00072
1,2,3,7,8,9-hexaCDD	ng/kg TS	0,92	<0,036	0,00019	0,00068
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDD	ng/kg TS	19	<0,092	0,0018	0,00097
Oktaklordibensodioxin	ng/kg TS	49	0,28	0,0049	0,0033
2,3,7,8-tetraCDF	ng/kg TS	11	0,079	0,0016	0,00072
1,2,3,7,8-pentaCDF	ng/kg TS	13	<0,028	0,0020	0,00097
2,3,4,7,8-pentaCDF	ng/kg TS	8,1	<0,028	0,0010	0,00059
1,2,3,4,7,8-hexaCDF	ng/kg TS	61	0,16	0,0080	0,0040
1,2,3,6,7,8-hexaCDF	ng/kg TS	61	0,13	0,0039	0,0024
1,2,3,7,8,9-hexaCDF	ng/kg TS	2,90	<0,048	0,00038	0,00022
2,3,4,6,7,8-hexaCDF	ng/kg TS	12	<0,048	0,0015	0,00075
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDF	ng/kg TS	230	1,00	0,023	0,013
1,2,3,4,7,8,9-heptaCDF	ng/kg TS	34	0,13	0,0037	0,0019
Oktaklordibensofuran	ng/kg TS	520	1,90	0,050	0,031
sum WHO-PCDD/F-TEQ lower-bound	ng/kg TS	22	0,050	0,0024	0,0013
sum WHO-PCDD/F-TEQ upper-bound	ng/kg TS	22	0,083	0,0024	0,0013
PCB 28	ng/kg TS	<33	<12	<0,099	<0,011
PCB 52	ng/kg TS	70	<34	<0,099	<0,011
PCB 101	ng/kg TS	220	<59	0,21	0,014
PCB 118	ng/kg TS	75	<31	<0,099	<0,011
PCB 138	ng/kg TS	200	<37	0,31	0,022
PCB 153	ng/kg TS	550	<44	0,39	0,027
PCB 180	ng/kg TS	380	<11	0,19	0,014
PCB7, summa lowerbound	ng/kg TS	1500	0	1,1	0,077
PCB7, summa upperbound	ng/kg TS	1500	230	1,2	0,11
Monobutyltenn	ng/kg TS	14	<10	-	-
Dibutyltenn	ng/kg TS	130	12	-	-
Tributyltenn	ng/kg TS	2800	82	-	-
Tetrabutyltenn	ng/kg TS	<10	<10	-	-
Monooktyltenn	ng/kg TS	<10	<10	-	-
Dioktyltenn	ng/kg TS	25	<10	-	-
Tricyklohexyltenn	ng/kg TS	<10	<10	-	-
Monofenyltenn	ng/kg TS	<10	<10	-	-
Difenyltenn	ng/kg TS	<10	<10	-	-
Trifenyltenn	ng/kg TS	30	<10	-	-
DOC	mg/kg TS	769	726	-	-

* A anger att även biobränsleaska använts för stabilisering

2013-09-13

2.4 Resultat från pilotförsök i fält

Pilotförsöket i fält utfördes med den bindemedelskombination som utvärderats som mest gynnsam vid en sammanvägd teknisk-ekonomisk-miljömässig bedömning, dvs. bindemedel bestående av 70 % cement och 30 % masugnsslagg och med två tillsatsmängder (100 kg/m^3 respektive 150 kg/m^3) beroende på dimensionerande belastningar. De sediment som användes i pilotförsöket togs från ett område där sedimenten kan betraktas som influerade av både område C och område D. Totalt fem grundvattenrör installerades i de stabiliserade fyllningarna, i vilka porvatten provtogs vid flera tillfällen. Resultat för de från föroreningssynvinkel mest intressanta metallerna redovisas i Figur 1.

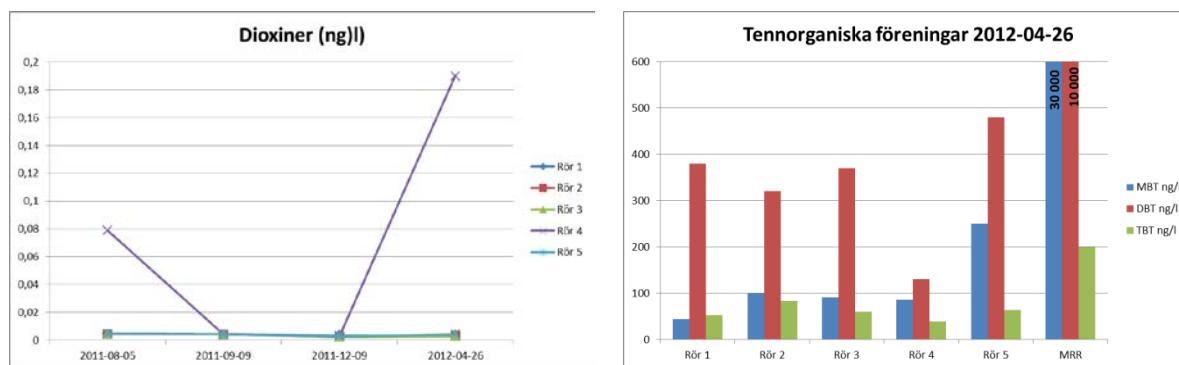


Figur 1 Uppmätta halter i grundvatten (porvatten) i pilotförsökets deltagare som funktion av tid. Stabiliseringen utfördes i början av juni 2011. Som jämförelse redovisas nivåer för mindre än ringa risk (MRR) vid lakförsök vid L/S 0,1, och för arsenik även motsvarande kriterium för mottagning som farligt avfall på en deponi för icke-farligt avfall.

2013-09-13

I figuren jämförs uppmätta halter med nivåer för mindre än ringa risk i lakförsök utförda som perkolationstest vid L/S 0,1, vilka anses avspegla initialhalter i ett lakvatten. Resultaten uppvisar likheter med resultat från skaktester utförda i laboratorium såtillvida att halterna av arsenik och nickel överskrider nivåerna för mindre än ringa risk. Därutöver framgår att även halterna av koppar och bly under den första tiden efter inblandning av bindemedel överstigit nivåerna för mindre än ringa risk, men efter ett halvår till ett år avtagit och underskrider respektive nivå för mindre än ringa risk. För koppar avviker resultaten från skaktester i laboratoriet såtillvida att utlakningen av koppar från stabiliserade långtidslagrade (mer än två år) prover var högre än från korttidslagrade (35 dygn) prover. Det ska dock observeras att proverna inte är helt jämförbara eftersom de långtidslagrade proverna i laboratorium med högre utlakning härstammar från område A-C medan de korttidslagrade proverna kom från område D och sedimenten i pilotförsöken kan anses utgöra en blandning av område C och D.

Av de organiska föreningarna har dioxiner analyserats regelbundet på samma sätt som metallerna medan tennorganiska föreningar analyserats i samtliga rör men endast vid ett tillfälle. Resultaten redovisas i Figur 2.



Figur 2 Uppmätta halter av dioxiner vid olika provtagningstillfällen samt uppmätta halter av tennorganiska föreningar vid ett provtagningstillfälle. För tennorganiska föreningar redovisas som jämförelsevärden även nivåer för mindre än ringa risk vid L/S 0,1⁵.

Det framgår att dioxiner uppmätts vid två tillfällen i ett av grundvattenrören, representerande delyta 4. Den högsta uppmätta halten är knappt 0,2 ng/l vilket är högt i förhållande till den uppmätta utlakningen från stabiliserade prover i laboratorium. I övriga delytor har halterna av dioxiner varit lägre än rapporteringsgränsen vid samtliga provtagningstillfällen. Uppmätta halter av tennorganiska föreningar har varit lägre än föreslagna nivåer för mindre än ringa risk uppmätta vid lakförsök vid L/S 0,1 (initialhalter i perkolationstest).

2.5 Slutsatser från hittills utförda försök

Effekten av stabilisering med avseende på utlakningen av dioxiner och PCB är tydlig i de utförda försöken; halterna av dioxiner i centrifugerade lakvatten från stabiliserade prover var ca 10 000 ggr lägre och halterna av PCB var ca 150 ggr lägre än i det centrifugerade lakvattnet från ostabiliserat sediment, dvs. också lägre än i filtrerat lakvatten från ostabiliserat sediment. Detta kan tolkas som en effekt av att svåravskilda partiklar och kolloider som är bärare av

⁵ Kriterier för tributyltenn, Irgarol och diuron i muddermassor som omhändertas på land. Kemakta AR 2012-26.

2013-09-13

dessa föroreningar binds fast i den stabiliserade matrisen. Resultaten bekräftas i huvudsak av resultaten från pilotförsöket där halterna av dioxiner i 90 % av provtagningarna underskred analysens rapporteringsgräns för samtliga kongener (PCB analyserades inte men kan antas uppträda på samma sätt som dioxiner). I en av de fem delytorna noterades dock avvikande resultat. En trolig förklaring är att inblandningen av bindemedel inte varit tillräckligt homogen, vilket framgår av varierande resultat i hållfasthetstesterna (ej redovisade i denna rapport). En viktig slutsats från försöket är att inblandningstekniken behöver förbättras och en litteraturstudie för att klarlägga "state of the art" i detta avseende pågår sedan en tid tillbaka.

Några laborieförsök vad avser utlakningen av tennorganiska föreningar från stabiliserade prover genomfördes inte. De halter av TBT som uppmättes i porvatten från stabiliserade massor i fält var lägre än de som uppmättes i lakförsök på ostabiliserade massor i laboratorium (centrifugerade vatten). Detta kan tolkas som en effekt av stabiliseringen, även om lakförsöket utförts med ett annat förhållande mellan mängden lakvätska och sediment vilket också medför en utspädningseffekt. I sammanhanget bör man notera att utlakningen i skakförsök med centrifugering översteg föreslagen nivå för mindre än ringa risk med en faktor 4 medan uppmätta halter i pilotförsöket i fält underskred föreslagen nivå för mindre än ringa risk med en faktor 2-4. Halterna av DBT och MBT var i stället högre i fält än i laboratoriet, vilket är en naturlig följd av olika L/S-förhållanden och kan tolkas som att stabiliseringen med cement och masugnsslagg inte haft någon väsentlig effekt på utlakningen av DBT och MBT. Det förtjänar dock att påpekas att halterna i porvattnet av samtliga tennorganiska föreningar var betydligt lägre än de nivåer som anges för mindre än ringa risk vid L/S 0,1. Det bör i sammanhanget noteras att inte heller totalhalterna av DBT och MBT i samlingsproverna överskred motsvarande nivåer för mindre än ringa risk, till skillnad mot totalhalterna av TBT som överskred denna nivå med ca 10 ggr.

En annan observation från lakförsöken med stabiliserade prover är att framför allt PCB men i viss mån även dioxiner kvarhölls bättre i det av lakförsöken som utfördes med bindemedel med inblandning av biobränsleaska än i det lakförsök som utfördes med bindemedel enbart av cement och masugnsslagg, se **Tabell 5**. Aska används ibland som komponent i bindemedelsblandningar och har ingått även i undersökningarna för Oskarshamn, men några lakförsök har i övrigt inte utförts eftersom inblandning av aska inte uppvisade någon effekt vad avser hållfasthetsutvecklingen. Det är dock sedan tidigare känt att sådan aska kan vara gynnsam för fastläggning av organiska ämnen, på samma sätt som aktivt kol kan fastlägga organiska föreningar.

Lakförsöken med avseende på metaller i laboratorium visade att utlakningen av bly, arsenik och i viss mån zink minskade efter stabilisering. Betydelsen av detta kan ifrågasättas eftersom utlakningen även utan stabilisering var liten, åtminstone av bly och zink. Samtidigt ökade utlakningen av molybden, nickel och selen. Även utlakningen av koppar ökade i prover som lagrats under längre tid, vilket kan beror antingen på att proverna härstammade från delvis olika områden eller på den längre lagringstiden, alternativt en kombination av dessa faktorer.

Liknande effekter noterades även i pilotförsöken med den skillnaden att initialt höga halter uppmättes även av koppar, bly och zink. Halterna av dessa avtog dock inom ett år från stabiliseringstillfället i samtliga fem grundvattenrör. Sammantaget visar resultaten alltså övervägande negativa effekter (ökad utlakning) av metaller, men inte i en besvärande omfattning. Exempelvis överskreds inte kriterier för mottagning på deponier av någon av metallerna och

2013-09-13

den beräknade framtida utlakningen från en fyllning i Grimskallen blir liten i förhållande till andra källor, även med antagandet att de högsta uppmätta metallhalterna är representativa i ett långtidsperspektiv.

Sammanfattningsvis visar framkomna resultat att stabilisering med cement och merit är en godtagbar metod vid nyttiggörande av sediment i Grimskallen. Däremot tycks användningen av denna typ av bindemedel vid stabilisering för deponering inte vara möjlig då utlakningen av DOC från massorna ökar i en sådan utsträckning att mottagningskriterierna vid alla typer av deponier överskrids. Dataunderlaget vad avser utlakning av organiska föroreningar är dock litet och behöver förbättras. Resultaten visar ändå att stabiliseringen avsevärt minskar risken för utlakning av dioxiner (egentligen risken för spridning av finpartikulärt material som är bärare av dioxiner). Sannolikt kan man med val av andra bindemedel som är särskilt anpassade för avfall med högt föroreningsinnehåll (monofill) eller med tillsats av additiv typ aktivt kol förbättra de miljömässiga egenskaperna..

3 Förslag till kompletterande försök på lagrade prover

3.1 Kompletterande provning av sediment från Månskensviken

Eftersom individuella lakteter på stabiliserade sediment från Månskensviken inte analyserats fullständigt för avstämning mot kriterier för mottagning på deponier föreslås att sådana lakteter utförs på prover även från Månskensviken.

Avsikten är att klarlägga om utlakningen är jämförbar med utlakningen från stabiliserade sediment från övriga områden även vad avser de ämnen som inte ingått i tidigare analyser av lakvatten från Månskensviken (klorid, sulfat, fluorid och DOC). En möjlig tolkning av de resultat som redovisats ovan är att utlakningen av DOC från stabiliserade prover från Månskensviken kan vara lägre än från övriga delområden, eftersom utlakningen från det stabiliserade samlingsprovet var lägre än från enskilda prover från andra områden. Det kan emellertid också vara så att utlakningen av DOC från Månskensviken är lika stor eller större och att den ökade utlakningen i de enskilda proverna A-C i förhållande till samlingsprovet i stället orsakats av den längre lagringstiden.

Eftersom tidigare försök förbrukat flertalet sparade prover kan endast ett försök genomföras, med bindemedelsblandningen C/M 70/30 och genom sammanslagning av prover⁶ med bindemedelsmängderna 100 kg/m³ och 150 kg/m³. Analyserna av lakvatten bör helst omfatta samtliga parametrar som krävs för avstämning gentemot mottagningskriterierna för deponering. En lämplig analysomfattning är analyspaketet LV3a hos ALS, som även omfattar bestämning av en del andra element som kan ha betydelse för tolkning av resultaten såsom järn, mangan, svavel m.fl.

3.2 Karakterisering av organiska ämnen i lakvatten

Lagrade prover används även för lakning med karakterisering av organiska ämnen i lakvatten. Lakförsök utförs på samlingsprover med sediment stabiliserade med C/M 70/30 och bindemedelsmängderna 100 kg/m³ och 200 kg/m³ på samma sätt som för provning enligt avsnitt

⁶ Ett prov med bindemedelsmängden 100 kg/m³ blandas med två prover med bindemedelsmängden 200 kg/m³.

2013-09-13

3.1⁶. Lakvatten från försöken centrifugeras med samma förfarande som tidigare använts för kvantifiering av utlakningen av organiska miljögifter.

Totalt genomförs fyra lakförsök på befintliga stabiliserade provkroppar med avseende på organiska ämnen. Framtagna lakvattnen analyseras med avseende på DOC, dioxiner (WHO-TEQ), PCB 7 och organiska tennföreningar. Lakvatten tas även fram för karakterisering av DOC genom GC-MS-screening av semivolatila organiska ämnen samt TIC (tentatively identified compounds, dvs en screening av identifierade organiska ämnen) på ett specialistlaboratorium⁷.

4 Användning av andra bindemedel eller additiv och tidsberoende processer vid stabilisering

4.1 Allmänt

En faktor som kan vara av betydelse för möjligheterna att deponera stabiliserade massor men också viktig att klargöra ur ett nyttiggörandeperspektiv är ett eventuellt samband mellan hur lång tid som förflutit efter stabilisering och utlakningen av DOC. Utvecklingen av de härdningsprocesser som eftersträvas vid inblandning av bindemedel är tidsberoende och det är möjligt att utlakningen av DOC ökar efterhand som dessa processer fortskrider. Ett sådant beroende är en möjlig förklaring till skillnaden mellan utlakningen av DOC från ett samlingsprov efter 91 dygns lagring och enskilda prover efter 800 dygns lagring (jfr avsnitt 3.1). En med tiden ökande utlakning av DOC kan också medföra ökad utlakning av andra ämnen genom bildning av lösliga organiska komplex. Nya inblandningsförsök behövs om ett eventuellt tidsberoende ska kunna klargöras.

Det är möjligt att utlakningen av DOC från stabiliserade massor kan begränsas genom tillsats av additiv som binder organiskt material vid stabilisering. Det är också tänkbart att utlakningen blir mindre vid användning av andra bindemedel, vid behov i kombination med avvattning av muddermassorna. Förslaget omfattar kompletterande undersökningar av:

- Användning av monofill som bindemedel.
- Tillsats av aktivt kol för fastläggning av DOC och ämnen som kan transporteras bundet till organiskt material.
- Mekanisk avvattning med användning av flocknings- och fällningskemikalier i stället för inblandning av bindemedel.

Lakförsök utförs huvudsakligen som enstegs skaktester vid L/S 10 enligt EN 12457-2. Valet av test beror dels på att skaktester är relativt enkla och snabba att genomföra. Perkolationstester enligt CEN/TS 14405 som är ett försök som bättre efterliknar den verkliga situationen är betydligt mer tidsödande. Testet kompliceras dessutom av att vatteninnehållet i den ursprungliga provmatrisen är stort vilket i praktiken omöjliggör uttag av lakvatten vid L/S 0,1 som standarden föreskriver, om inte provet torkas innan lakförsöket utförs. Förslagsvis utförs ändå några kompletterande laktester på stabiliserade massor som perkolationstester. För att medge uttag av lakvatten vid L/S 0,1 och samtidigt representera det verkliga fallet på bästa sätt föreslås att provets eget vatteninnehåll bortses från vid beräkning av L/S eftersom detta vatten kan

⁷ Chemex Environmental International Ltd., Cambridge, UK

2013-09-13

betraktas som bundet. Perkolations tester bedöms inte som möjliga att genomföra på ostabiliserade massor eftersom dessa är finkorniga och täta. Stabiliserade massor kan sannolikt provas genom att den härdade matrisen krossas till ett sandigt/grusigt material.

4.2 Provtagning

Nya samlingsprover tillverkas representerade de fyra delområden i inre hamnbassängen, där större ansamlingar av förorenade sediment förekommer:

- A. Inre hamnen (Badholmen)
- B. Väster ön Rävsmålan
- C. Öster ön Rävsmålan
- D. Månskensviken

Inom varje delområde uttas 20 st sedimentproppar vilka blandas till samlingsprover representerande vardera delområdet. De enskilda sedimentpropparna tas ut spritt inom området. Tillverkade samlingsprover homogeniseras och lagras i kylrum i tätt förslutna hinkar.

Provtagning utfördes under vecka 31. Proverna förvaras i kylrum hos SGI.

4.3 Baslinjeundersökning - variationer mellan områden

Vid genomförande av nya inblandningsförsök föreslås också en förnyad baslinjeundersökning med fullständig analys för att klarlägga skillnader i utlakning som kan hänföras till sedimentens ursprung (förekomstområden). För en sådan undersökning utförs lakförsök enligt EN 12457-2 med prover från samtliga fyra delområden. Lakförsöken utförs som dubbelprover. Totalt utförs därmed 8 lakförsök.

Innan lakförsöken utförs utsätts proverna för samma behandling som prover vilka stabiliseras före lakning (avsnitt 4.4), d.v.s. de delprover som tas ut till lakförsöken rörs om i blandningsutrustningen på samma sätt och under lika lång tid som vid inblandning av bindemedel. Avsikten med detta förfarande är att så långt som möjligt eliminera skillnader som kan uppkomma pga. skillnader i provbehandling.

Analyser av lakvatten bör omfatta minst de parametrar för vilka det finns kriterier för mottagning på deponier enligt NFS 2004:10, samt andra element som kan ha betydelse för tolkning av resultaten. En lämplig analysomfattning är analyspaketet LV3a hos ALS.

På tre av proverna utförs även ett lakförsök för kvantifiering av utlakningen av organiska ämnen (område D, Månskensviken har provats tidigare) med analys av dioxiner, PCB och TBT. Analyser utförs dels på lakvatten som centrifugerats, dels på lakvatten som filtrerats före analys.

Baslinjeundersökningen ger information om förväntad utlakning från massor som inte stabiliseras på kemisk väg utan i stället en mekanisk/fysisk stabiliseringsmetod tillämpas. Sådana metoder som kan komma ifråga är vertikaldränering i kombination med förbelastning, alternativt dränering genom etablering av porvattenundertryck med hjälp av wellpointsystem.

4.4 Effekter av lagringstid

Tidigare genomförda försök har visat att kemisk stabilisering med en kombination av cement och granulerad masugnsslagg ger en gynnsam hållfasthetstillväxt och fastläggning av dioxiner. Försöken visar också att hållfasthetsutvecklingen blir snabbare med en större andel cement, men att utlakningen av vissa metaller blir mindre gynnsamma med ökande cementandel. Utgående från dessa resultat har en bindemedelskombination där 70 % utgörs av cement och 30 % utgörs av granulerad masugnsslagg bedömts som mest gynnsam för stabilisering och flertalet av de tidigare genomförda lakförsöken har genomförts med denna bindemedelsblandning.

För undersökning av tidens (utvecklingen av härdningsprocesserna) inverkan på utlakningen genomförs lakförsök enligt EN 12457-2 på prover som stabiliserats med bindemedel bestående av 70 % cement och 30 % granulerad masugnsslagg, med bindemedelsmängderna 100 och 150 kg/m³. Lakförsöken utförs dels direkt efter inblandning, dels efter 7 dygns härdning, dels efter 28 dygns härdning. Vid lakning på härdade provkroppar (7 dygn och 28 dygn) utförs först tryckförsök med bestämning av skjuvhållfastheten.

Dessa försök utförs på prover från samtliga delområden vilket innebär totalt 24 lakförsök (fyra områden, två bindemedelsmängder och tre lagringstider). Analyser av lakvatten enligt analyspaket LV3a. Tryckhållfasthet bestäms på 16 prover.

Förslagsvis genomförs lakförsök även som perkolationstest i enlighet med standarden CEN/TS 14405 på två prover (samma sediment, lagringstiderna 7 och 28 dygn) för att få en uppfattning om korrelationen mellan testmetoderna.

4.5 Effekter av additiv och andra bindemedel på utlakningen

För att undersöka möjligheterna att begränsa utlakningen genom tillsats av additiv eller genom val av andra bindemedelsblandningar föreslås att inblandningar utförs med användning av bindemedel C/M 70/30⁸ med bindemedelsmängd 100 och 150 kg/m³ med tillsats av aktivt kol. Vidare föreslås att även bindemedlet Monofill provas med tre olika bindemedelsmängder, preliminärt 100, 150 och 200 kg/m³. Lakförsök utförs efter en och samma lagringstid (förslagsvis 28 dygn) medan tryckhållfastheten provas efter 7, 28, 56 och 91 dygn.

Monofill är ett bindemedel som framtagits särskilt för stabilisering av avfall och fastläggning av föroreningar vilket kan innebära att även utlakningen av DOC begränsas. Även Monofill består av en blandning av cement och masugnsslagg, men med en större andel masugnsslagg och annan malningsgrad. Följden blir bl.a. att pH-ökningen inte blir lika stor som med konventionella blandningar av cement och masugnsslagg. Nackdelen är en långsammare hållfasthetstillväxt som dock har kunnat hanteras i deponeringssammanhang tidigare.

Försöken utförs med sediment från alla fyra områden. Totalt innebär detta 80 tester av tryckhållfasthet och 20 lakförsök. Analyser av lakvatten enligt paket LV3a. Förslagsvis kompletteras skakförsöken med åtta perkolationstester (fyra sedimentprover, två bindemedel, en tillsatsmängd) för att få en uppfattning om korrelationen mellan skakförsök och perkolationstester.

⁸ C/M 70/30 innebär att bindemedelsblandningen består av 70 % cement och 30 % masugnsslagg

2013-09-13

Lakförsök med avseende på organiska ämnen (dioxiner, PCB och TBT) föreslås utföras för båda bindemedelstyperna, preliminärt med sediment från alla områden men endast med en bindemedelsmängd.

4.6 Effekter av avvattning i tryckfilter med tillsats av järnklorid och kalk

Utförda avvattningsförsök indikerar att avvattning genom tryckfiltrering med tillsats av järnklorid (FeCl_3) och släckt kalk (CaOH_2) bör ge tillräcklig hållfasthet hos filterkakan för att möjliggöra deponering och fyllning. Resultaten visar att en tillräcklig hållfasthet troligen kan erhållas med en tillsats av 13 g FeCl_3 och 50 g CaOH_2 per kg TS, men att en större tillsats ger snabbare filtreringstider och sannolikt även högre hållfasthet hos filterkakan. Baserat på resultaten föreslås att avvattningsförsök med tryckfiltrering genomförs med följande tillsatsmängder:

- Järnklorid 13 g/kg TS, kalk 50 g/kg TS.
- Järnklorid 25 g/kg TS, kalk 100 g/kg TS
- Järnklorid 75 g/kg TS, kalk 300 g/kg TS

På avvattnade filterkakor utförs först enaxliga tryckförsök efter inpackning enligt samma standard som vid stabiliseringsförsök samt lakförsök enligt EN 12457-2 med analys av lakvattnen enligt paket LV3a.

Försök utförs med massor från samtliga fyra områden dvs. totalt 12 avvattningsförsök, 12 lakförsök och 12 tester av tryckhållfasthet.

Lakförsök med avseende på organiska ämnen (dioxiner, PCB och TBT) utförs på ett avvattnat prov med kemikalietillsats från vardera området, dvs totalt fyra prover.

4.7 Geotekniska undersökningar

För bedömning av mekanisk/fysikalisk stabilisering behövs förutom lakningsegenskaperna även underlag för beräkningar av geoteknisk stabilitet, bärighet och deformation. Undersökningar av deformationsegenskaperna har tidigare genomförts både som stegvisa odometerförsök och som CRS-försök och någon komplettering av dessa bedöms inte som aktuell. Däremot behöver skjuvhållfastheten efter konsolidering bestämmas som funktion av överlagringstryck. För detta föreslås att direkta skjuvförsök utförs efter konsolidering till tre olika effektivspänningsnivåer, både som odränerade och som dränerade försök och med samtliga fyra sedimentprover. Totalt utförs på detta sätt 24 direkta skjuvförsök.

Det kan även bli aktuellt med vissa kompletterande undersökningar av skjuvhållfasthet och deformationsegenskaper hos vissa stabiliserade prover. Detta för att bättre indata ska erhållas för beräkningar av deformationer och stabilitetsförhållanden för den eller de stabiliseringsmetoder som kan bli aktuella att använda. Dessa försök förutsätts kunna begränsas till två sedimentprover (samlingsprov representerande områdena A-C samt ett prov representerande område D).

2013-09-13

Tills vidare antas att sammanlagt 30 direkta skjuvförsök och 4 CRS-försök kommer att behövas.

5 Utredning av fördelningen av organiska föroreningar till DOC och stabiliseringens betydelse

Lagrade, stabiliserade prover bör kunna användas för utredning av betydelsen av den vid stabilisering ökade utlakningen av DOC för utlakning av dioxiner, PCB och TBT genom bestämning av fördelningskonstanter. I tillägg behöver motsvarande lakningar utföras även på sediment som inte stabiliserats.

En förfrågan har ställts till Umeå universitet om genomförande av en utredning med syfte att bestämma fördelningskonstanter för kvantifiering av utlakningen.