
	Dokumenttyp / Type of document SLUTRAPPORT	Kapitel / Chapter	Sida nr / Page No. 1(14)
	Projekt, Uppdrag, Ärende / Project, Assignment, Subject	Dokumentnr / Document No. 161392/9	Rev. 2
Fackområde, Avd / Discipline, Dept MRS	BOHUS VARV Pilotförsök, etapp 2 2007.08.28-09.05	Utfärdare / Issuer T Mellin	
		Datum / Date 2007 09 14	Rev.dat. / Date of rev. 2008.01.07

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Utförande	2
1.1	Schaktgropar	2
1.2	Borrning	2
1.3	Återställning	2
2	Resultat, sammanfattning	3
2.1	Generell lagerföljd	3
2.2	Uppmuddrade och inlagrade älvsediment	3
2.3	Sänkta prämar	4
2.4	Oljeföroreningar	4
2.5	Redoxbetingelser	4
2.6	Schaktbarhet	4
2.7	Länspumpning - återfyllning	5
2.8	Avrinning	5
2.9	Densitet	5
2.10	Provtagning och kemiska analyser	6
3	Utvärdering och slutsatser	6
3.1	Föroreningssituation i strandzonen	6
3.1.1	Fysikaliska parametrar	6
3.1.2	Oorganiska föroreningar	7
3.1.3	Organiska föroreningar	9
3.2	Sammanfattning; medelhalter och mängder föroreningar	11
3.3	Slutsats	14
	Tabeller	
2.1	Sammanställning, medelhalter och mängder föroreningar	11
2.2	Medelhalter och mängder, strandzon och övriga delar av varvsområdet	12
2.3	Uppmätta medelhalter och mängder föroreningar, > 2 m	12
2.4	Beräknade medelhalter och mängder föroreningar, > 2 m	13
	Bilagor	
2.1.	Provpunkter, schaktning och borrningar	
2.2.	Koordinater, provtagningspunkter	
2.3.	Fotografier, schaktgropar	
2.4.	Sammanställning av resultat från schaktningar och borrningar m a p lagerföljd, schakt- och borrhjup, tillrinning av schaktvatten mm	
2.5.	Analysdata, medelvärden och mängder av föroreningar	
2.6.	Beskrivning av s k plattprämar	

	Dokumenttyp / Type of document SLUTRAPPORT	Kapitel / Chapter	Sida nr / Page No. 2(14)
	Projekt, Uppdrag, Ärende / Project, Assignment, Subject	Dokumentnr / Document No. 161392/9	Rev. 2
Fackområde, Avd / Discipline, Dept MRS	BOHUS VARV Pilotförsök, etapp 2 2007.08.28-09.05	Utfärdare / Issuer T Mellin	
		Datum / Date 2007 09 14	Rev.dat. / Date of rev. 2008.01.07

1 Utförande

I huvudstudien över Bohus varv, utförd av Sweco Viak 2006, gjordes ingen undersökning av strandzonen, ca 0 - 10 m från strandkanten. Målsättningen med denna etapp var att klargöra fyllnadsmassornas lagerföljd och sammansättning i strandzonen, tillrinnande vattenmängd i schaktgropar, schaktbarhet, avvattning av schaktmassor, föroreningsinnehåll samt behandlingsbarhet.

1.1 Schaktgropar

Tio linjer definierades tvärs strandzonen (0-10 meter från strandkanten) för schaktning i två gropar i varje linje för provtagning och fastställande av fyllnadsmassornas kemiska och fysiska parametrar enligt utförandeplan.

Positioner för schaktgropar och borrhningar, markerade som PG 1-10 respektive FB 1-11, återfinns i Bilaga 2.1, och aktuella koordinater för provtagningsplatserna i Bilaga 2.2.

P g av geotekniska restriktioner styrde dagsaktuella vattenståndet i Göta älv hur nära släntkrönet arbetet kunde ske. Varje morgon och eftermiddag noterades vattenståndet i älven, och aktuellt säkerhetsavstånd mellan grävmaskin och upplagda massor till släntkrönet beräknades. Som närmast grävdes schakt 4 meter från strandlinjen.


Schaktningen påbörjades i punkt 10 i delområde 1, Bilaga 1. Två schaktgropar grävdes i punkt 10 och 9 med ett par tre meter mellanrum. Likheter i profil och massor i de parvisa groparna var påfallande, och det beslöts därför att en schaktgrop per strandlinje var tillräckligt för ändamålet för tillkommande schakter.

SGI's geotekniska villkor för schaktning i strandzonen i norra delen av delområde 1 samt delområde 2, var att vattennivån i Göta älv inte understeg medelvattenståndet. Vattennivån under testperioden låg dock genomgående under medelvattenståndet, vilket innebar att schaktning inte kunde genomföras i strandzonen i norra delen av område 1 och område 2 (Bilaga 2.1). Planerade provschaktningar i punkt PG2 och PG3 fick därför utgå.

Totalt grävdes 10 schaktgropar, varav dubbla vid provpunkt 10 och 9. Schaktmassorna placerades på vattentät presenning intill groparna, och lakvattnet leddes direkt tillbaka till respektive grop. Återfyllningen av groparna gjordes stegvis så att schaktvatten inte översvämmade schaktgropen.

1.2 Borrning

Borrhningar genomfördes 2007.09.10-11 för att klargöra lagerföljd och ta prover i den del av strandzonen där schaktning inte kunde genomföras. Samma geotekniska förutsättningar gällde dock för borrhningar som för schaktning i strandzonens norra del, dvs att vattennivån i älven inte fick understiga medelvattenståndet. Borrpunkter valdes även i

	Dokumenttyp / Type of document SLUTRAPPORT	Kapitel / Chapter	Sida nr / Page No. 3(14)
	Projekt, Uppdrag, Ärende / Project, Assignment, Subject	Dokumentnr / Document No. 161392/9	Rev. 2
Fackområde, Avd / Discipline, Dept MRS	BOHUS VARV Pilotförsök, etapp 2 2007.08.28-09.05	Utfärdare / Issuer T Mellin	
		Datum / Date 2007 09 14	Rev.dat. / Date of rev. 2008.01.07

övriga delområden för att om möjligt få en rimligt sammanhängande profil över tillgängliga delar av strandzonen.

Totalt inmättes 11 borrhöjningar. Vid borrhöjningen var vattennivån i älven vid medelnivån, dvs borrhöjning i punkt FB4-7 (Bilaga 2.1) i det instabila delområdet föreföll vara möjligt. Men under borrhöjningen i punkt FB 7 sjönk vattennivån snabbt, vilket innebar att borrhöjningar i punkt FB4-6 inte kunde genomföras. De fortsatta borrhöjningarna gjordes i geotekniskt mer stabila södra delområden i avvaktan på att vattennivån i älven skulle stiga igen. Så skedde inte. På eftermiddagen avslutades borrhöjningarna.

Resultatet blev att strandzonen i norra delen av område 1 och område 2 inte kunde undersökas.

1.3 Återställning

Därefter återställdes området. Varje schakt- och borrhöjningsplats rensades från förorenat material, kontrollerades och dokumenterades fotografiskt.

2 Resultat, sammanfattning

Under schaktarbetet togs ett antal fotografier, Bilaga 2.3, på schaktprofiler mm och uppgrävda massor.

Resultaten från schaktningar och borrhöjningar m a p lagerföljd, schakt- och borrhöjningsdjup, tillrinning av schaktvatten mm i groparna sammanfattas i Bilaga 2.4.


2.1 Generell lagerföljd

Överst i strandzonen finns ett (vid undersökningstillfället) torrt, brunfärgat skikt med sten, grus och sand, med varierande halt av träspån, med en mäktighet på mellan 0,1 - 1 m.

Under detta skikt finns oljeförorenade, svarta fyllnadsmassor med rikligt med mer eller mindre förmultnade trärester, alltifrån fragment till plank och hela stockar, samt varierande mängder metalldelar och glas. Inslaget av trä- och fiberrik gyttja var påtaglig, i synnerhet i nedre delen; i utvärderingen av prov från borrhöjningarna har detta tolkats som "gyttja med växtrester" (Bilaga 2.4). Mäktigheten av det svarta skiktet varierar mellan ca 1 till ca 4 meter.

Under de svarta fyllnadsmassorna återfanns i flertalet punkter det ursprungliga älvsedimentet i form av glaciallera alternativt silt överlagrat glaciallera. Älvsedimentet var ofta kraftigt missfärgat, och därmed sannolikt förorenat, av överliggande fyllnadsmassor. Det var inte möjligt att fastställa djupet av missfärgningen ner i sedimentet.

Som djupast påträffades fyllnadsmassor på ca 5 meters djup (borrpunkt FB10), och på 4,5 meter i provpunkt XB9:1 (se nedan). Båda ligger i södra delen av område 1.

	Dokumenttyp / Type of document SLUTRAPPORT	Kapitel / Chapter	Sida nr / Page No. 4(14)
	Projekt, Uppdrag, Ärende / Project, Assignment, Subject	Dokumentnr / Document No. 161392/9	Rev. 2
Fackområde, Avd / Discipline, Dept MRS	BOHUS VARV Pilotförsök, etapp 2 2007.08.28-09.05	Utfärdare / Issuer T Mellin	
		Datum / Date 2007 09 14	Rev.dat. / Date of rev. 2008.01.07

2.2 Uppmuddrade och inlagrade älvsediment

I flera provtagningspunkter (Bilaga 2.4) påträffades uppmuddrade silt- och lermassor över eller inlagrade i de svarta fyllnadsmassorna.

2.3 Sänkta pråmar

I 4 av totalt 16 schakter/borringar (25 %) påträffades ett hårt och ogenomträngligt skikt av trä och/eller sten, vilket indikerar en förekomst av sänkta pråmar i strandzonen. Tre av dessa påträffades i de tre sydligaste schaktgröparna, i punkt 8 - 10.

Vid schaktning i punkt 9:1 påträffades vad som först uppfattades som ostört älvsediment på ca 1,5 meters djup, varvid schaktningen avbröts. Vid schaktning i punkt 9:2, 3-4 meter från punkt 9:1, fortsatte dock grävningen genom detta lager. Under detta påträffades svarta fyllnadsmassor ner till knappt 3 meters djup där det blev stopp, sannolik mot däcksbalkar eller sten i en sänkt pråm.

För att försöka klargöra orsaken till stoppet utfördes direkt en borring på punkt 9.1 med en borrhög som befann sig på varvsområdet. Ett borrhög på 4,5 meters djup visade sig bestå av oljeförorenat sågspån. Detta indikerar dels att det påträffade hindret på ca 3 meters djup utgörs av en pråm och att den åtminstone delvis har fyllts med oljeförorenat material innan den sänkts.

2.4 Oljeföroreningar

I praktiskt taget alla schakter observerades en svag oljehinna på grundvattnet samt oljelukt av varierande styrka från i synnerhet de svarta massorna i lägre skikten närmast underliggande älvsediment. Inga oljeindränkta massor eller fri fas olja observerades dock.


2.5 Redoxbetingelser

Förutom i botten av provschakt 8, där en svag lukt av svavelväte konstaterades, fanns inga tecken på en låg redoxnivå, dvs reducerande och syrefattiga förhållanden i massorna. Ett prov bestående av oljehaltigt sågspån taget på 4,5 meters djup i punkt XB9:1 hade en oväntad lukt av färskt oljehaltigt trä, utan minsta spår av svavelväte.

2.6 Schaktbarhet

Schaktning kunde ske utan problem i de översta (under pilotförsöket) torra och grus- och sandiga fyllnadsmassorna (0,1 - 1m u my). Frånsortering bedöms kunna ske av runt 10 - 15% av grovfraktion större än 10 - 50 mm.

Vid schaktning i det svarta lagret under grundvattenytan sönderdelades de förmultnande trädelarna lätt och medförde en snabb ökning av fiberrikt slam i schaktvattnet (jfr foto 35

	Dokumenttyp / Type of document SLUTRAPPORT	Kapitel / Chapter	Sida nr / Page No. 5(14)
	Projekt, Uppdrag, Ärende / Project, Assignment, Subject	Dokumentnr / Document No. 161392/9	Rev. 2
Fackområde, Avd / Discipline, Dept MRS	BOHUS VARV Pilotförsök, etapp 2 2007.08.28-09.05	Utfärdare / Issuer T Mellin	
		Datum / Date 2007 09 14	Rev.dat. / Date of rev. 2008.01.07

från punkt PG1). Detta tyder på att schaktning bör ske i torrhet för att undvika omfattande och kostsam slamavskiljning och vattenrening. Schaktning under vattenytan innebar även att det var svårt att avgöra gränsen mellan fyllnadsmassor och underliggande älv sediment.

Det är tveksamt att dessa gyttjiga och träriska massor kan sorteras.

Delar av strandzonen innehåller betongfundament och stensatta kajkonstruktioner och båttrampor. Schaktningen av provgrop PG5 och PG1 försvårades avsevärt då groparna låg invid sådana stenfyllda konstruktioner, som i PG5 även innehöll grova stockar.

2.7 Länspumpning - återfyllning

Länspumpning gjordes i schaktgropar 9:1 och 4, och vattnet pumpades till bassängen respektive infiltrationsytan. Pumpningen var mycket besvärlig då det finkorniga slammet ideligen satte igen pumparna, varför pumpningen fick avbrytas i förtid i båda fallen.

Schaktvattnet i de övriga provgroparna varierade stort m a p såväl nivå som återfyllningsflöde, Bilaga 2.4. En grävskopa vatten (ca 400 liter) togs upp och återfyllningstiden mättes, men ingen systematisk trend observerades. I schaktgrop PG1 och PG9:1 var återfyllningen närmast ögonblicklig medan den var mycket långsam i schaktgrop PG4 och 5. I de senare fallen föreföll de svarta fyllnadsmassorna i högre grad bestå av gyttjigt och fiberrikt slam med låg permeabilitet.

2.8 Avrinning


Vid schaktning noterades att vattenavrinningen från de vattenmättade svarta schaktmassorna var anmärkningsvärt liten. I genomsnitt grävdes ca 2-3 kbm av detta material upp i varje schaktgrop och avrinningen under lagringstiden (1-3 timmar) var inte mer än 40-50 liter. Detta kan bero på att överskottsvattnet genomgående dekanterades av vid schaktningen.

2.9 Densitet

Densiteten fastställdes genom vägning av ett fat (214 liter) som fylldes dels med torra och dels med våta, svarta massor (Bilaga 2.3, foto PG10:2 våg).

Densiteten på massorna, som varierade stort beroende på packningsgraden i fatet (speciellt de våta massorna), förekomst av trä och högst varierande förekomst av metall, ligger mellan 1.07 och 1.66, Bilaga 2.4.

Medelvärde för densiteten i de torra massorna uppmättes till 1.27 och de vattenmättade svarta massorna till 1.23.

	Dokumenttyp / Type of document SLUTRAPPORT	Kapitel / Chapter	Sida nr / Page No. 6(14)
	Projekt, Uppdrag, Ärende / Project, Assignment, Subject	Dokumentnr / Document No. 161392/9	Rev. 2
Fackområde, Avd / Discipline, Dept MRS	BOHUS VARV Pilotförsök, etapp 2 2007.08.28-09.05	Utfärdare / Issuer T Mellin	
		Datum / Date 2007 09 14	Rev.dat. / Date of rev. 2008.01.07

2.10 Provtagning och kemiska analyser

Vid schaktningarna togs prov av de karakteristiska lagren, det överst torra och brunfärgade och det underliggande svarta, inlagrade muddermassor samt underliggande älvsediment. Motsvarande gjordes vid borringarna. 30 prov utvaldes för kemiska analyser för att klargöra föroreningsgraden 0 - 2 meter respektive under 2 meter under markytan i strandzonen. Vid en saneringsåtgärd måste möjligen lagren under ca två meters djup helt eller delvis lämnas kvar p g av förekomsten av ett (okänt) antal sänkta pråmar i strandzonen.

Ett större prov togs även i en 214-literstunna från varje schaktgrop, motsvarande lagerföljden, och som till vidare förvaras i ett magasin på varvsområdet för eventuella senare undersökningar.

3 **Utvärdering och slutsatser**

3.1 Föroreningssituation i strandzonen

Bilaga 2.5 sammanfattar analysresultaten från provtagningarna i schaktgropar och borrhöjningar i strandzonen, från borrhöjning FB1 i norra delområdet 3 till provgrop PG10 i södra delen av delområdet 1, dels i form av en sammanfattning av medel- och medianhalter samt mängder i kg, dels uppmätta föroreningshalter i provtagningpunkter och djup för respektive förorening. Inga vattenprov analyserades då schaktvattnet inte bedömdes vara representativt på grund av omfattningen av sönderdelade och förorenade trädelar samt inströmmande grundvatten alternativt älvvatten vid schaktningen.


Generellt visar analyserna att tyngdpunkten av föroreningsbelastningen ligger i centrala och södra delarna av strandzonen. Det bör observeras att denna tolkning görs med reservation till att den relativt stora sträckan, ca 100 meter eller runt 20 % av strandzonen i varvsområdet, som inte var åtkomligt för provtagning p g av geotekniska restriktioner (Bilaga 2.1). Föroreningssituationen i strandzonen i delområdet 2 är därför okänd.

Även utvärderingen av analysdata för lagren under 2 meters djup i strandzonen måste göras med reservation för förekomsten av från i stort sett opåverkade älvsediment till mer eller mindre förorenade fyllnadsmassor, plus ett okänt antal sänkta pråmar med okänt föroreningsinnehåll. De fåtal analyser som gjorts på prov tagna under 2 m djup är därför med största sannolikhet inte representativa. En borring, XB9:1 i punkt PG9 i södra delen av strandzonen, träffade och fick med sig ett prov från innanmätet av en pråm. Detta prov visar halter av vissa föroreningar som markant avviker från andra prov tagna under 2 meters djup (se nedan).

I nedanstående sammanfattning anges lagren mellan 0 till 2 meters djup och mer än 2 meters djup i strandzonen som övre respektive undre lagren.

3.1.1 Fysikaliska parametrar

Torrsubstans, TS, %

	Dokumenttyp / Type of document SLUTRAPPORT	Kapitel / Chapter	Sida nr / Page No. 7(14)
	Projekt, Uppdrag, Ärende / Project, Assignment, Subject	Dokumentnr / Document No. 161392/9	Rev. 2
Fackområde, Avd / Discipline, Dept MRS	BOHUS VARV Pilotförsök, etapp 2 2007.08.28-09.05	Utfärdare / Issuer T Mellin	Rev.dat. / Date of rev. 2008.01.07
		Datum / Date 2007 09 14	

TS-halten varierar mellan 40 och 80 %, med ett medel- och medianvärde på ca 65 %. Som väntat är TS-halten högre i översta brunfärgade lagret, 70-80 %, då denna vid provtagningstillfället låg över grundvattenytan.

TOC (total organic carbon), och glödningsförlust (GF), %

Medel- och medianvärdet för TOC är relativt högt, 6,7 respektive 5,6 %, på grund av rikliga förekomsten av trärester i massorna, och varierar från knappt 2 % i inlagrade muddermassor (lera) till ca 15 % i de träriska lagren.

GF-halten följer TOC-halten, och har ett medel- och medianvärde på ca 11 respektive 10 %, med den lägsta halten i muddermassorna och den högsta i provet XB9:1 under 2 m djup (oljeförorenat sågspån).

Surhetsgrad, pH

pH-värdet i massorna ligger generellt stabilt runt 7, oavsett djup under markytan. En liten avvikelse noteras för provpunkt FB1 där pH-värdet i övre lagren är 6,1; i detta borrhål fö noterades den hittills högsta uppmätta halten av metylkvicksilver i varvsområdet (4,9 ng/liter). Mätningar i 5 punkter i undre lagren visar att pH varierar från 6,6 (punkt FB11) till 8,3 (punkt FB9). I schaktgrop PG8, där en svag lukt av svavelväte, noterades uppmättes ett pH-värde på 7,6.

Inga pH-baserade indikationer finns därför för förekomst av en låg redoxnivå i massorna vid de undersökta platserna i strandzonen.

3.1.2 Oorganiska föroreningar

Arsenik


Arsenikhalterna är relativt låga och jämnt fördelade över området, med ett avvikande högre värde på 190 mg/kg TS i punkt FB9. Halterna i undre lagren är genomgående låga, med endast ett prov över MKM-nivå.

Medelhalten i övre och undre lagren är 49 respektive 21 mg/kg TS, dvs en faktor 1,2 respektive 0,5 relativt MKM (40 mg/kg TS).

Bly

Belastningen av bly i strandzonen är betydande, med högsta halterna koncentrerade i centrala och södra delarna av strandzonen (med ovanstående reservation). Alla prov i övre lagren har halter överstigande MKM (300 mg/kg TS), och två av tre prov har dessutom halter som överstiger gränsen för farligt avfall (FA; 2 500 mg/kg TS), flertalet dessutom med bred marginal - se översikt i Bilaga 2.5. Högsta halten bly påträffades i prov FB2, i delområde 3 (se nedan).

I undre lagren är halterna lägre och mer varierande. Av 9 prov har tre blyhalter över MKM varav två över FA-nivån (3 800 och 5 900 mg/kg TS), medan övriga prov uppvisar mycket låga halter. De höga halterna är koncentrerade till de närliggande (ca 20 m) provpunkterna FB10 och provgrop PG9:2 i södra delen strandzonen. Även de inlagrade muddermassorna och sågspånsprovet som togs i en pråm på 4,5 m djup i punkt XB9:1 uppvisar förhöjda blyhalter motsvarande ca 4xMKM. En jämförelse med blyhalterna i

	Dokumenttyp / Type of document SLUTRAPPORT	Kapitel / Chapter	Sida nr / Page No. 8(14)
	Projekt, Uppdrag, Ärende / Project, Assignment, Subject	Dokumentnr / Document No. 161392/9	Rev. 2
Fackområde, Avd / Discipline, Dept MRS	BOHUS VARV Pilotförsök, etapp 2 2007.08.28-09.05	Utfärdare / Issuer T Mellin	
		Datum / Date 2007 09 14	Rev.dat. / Date of rev. 2008.01.07

andra delar av strandzonens undre lager tyder på detta undersökta område av strandzonen utgör en s k hot spot.

Medel- och medianvärdet för övre lagren ligger på 6 250 respektive 7 900 mg/kg TS. Medelvärde motsvarar en faktor 21 respektive 2,5 relativt MKM- och FA-gränsen för bly.

Medel- och medianvärdet i undre lagren är 1 226 respektive 23 mg/kg TS. Om hot spotområdet vid punkt FB10/grop PG9:1-2 frånräknas minskar medelhalten bly till runt 20 mg/kg TS.

Kadmium och kobolt

Halterna av både kadmium och kobolt är låga i strandzonen. Endast två av proverna visar något förhöjda kadmiumhalter, båda i övre lagren. Medel- och medianhalterna för båda metallerna ligger med marginal under respektive MKM-nivå.

Koppar

Koppar halterna är genomgående höga i övre lagren i strandzonen. Alla prov innehåller kopparhalter över MKM (200 mg/kg TS). Högsta halterna, strax över FA-gränsen (2 500 mg/kg TS) finns i proven från schaktpunkt PG 5, 6 och 7, i centrala delen av området.

I undre lagren är kopparhalterna låga förutom i hotspotområdet för bly, där kopparhalterna också är höga, mellan 500 och 1 500 mg/kg TS. Även de inlagrade muddermassorna och sågspånsprovet från pråmen uppvisar förhöjda halter, dvs samma mönster som blyhalterna.

Medel- och medianhalten koppar i övre lagren är 1 430 respektive 1 100 mg/kg TS. I undre lagren är halterna 350 respektive 34 mg/kg TS, men om hotspotområdet frånräknas reduceras halterna till långt under MKM.

Krom, nickel och vanadin

Kromhalterna är låga i övre lagren förutom i två prov där halterna ligger runt 2xMKM. I undre lagren är halterna också genomgående låga förutom i punkt 9:1, hotspotområdet för bly och koppar. Sågspånsprovet från pråmen på 4,5 meters djup visar en kromhalt på 800 mg/kg TS.


Inga nickelhalter över MKM har påträffats. Endast två prov har en vanadinhalt över MKM (200 mg/kg TS), 580 respektive 240 mg/kg TS.

Medel- och medianvärdet i både övre och undre lagren för krom, nickel och vanadin ligger under respektive MKM-nivå.

Zink

Zinkhalterna i strandzonens övre lager är höga och följer genomgående föroreningsbilden för bly. Inga zinkhalter över MKM påträffades dock i delområde 3 (prov FB1 och FB2) vilket möjligen kan tyda på att den mycket höga blyhalten i prov FB2 inte är representativ utan beror på t ex att ett blyhaltigt fragment kommit med i provet.

Alla provpunkter i övre lagren utom två (i delområde 3) visar en zinkhalt över MKM (700 mg/kg TS), varav flertalet över FA-gränsen (2 500 mg/kg TS).

	Dokumenttyp / Type of document SLUTRAPPORT	Kapitel / Chapter	Sida nr / Page No. 9(14)
	Projekt, Uppdrag, Ärende / Project, Assignment, Subject	Dokumentnr / Document No. 161392/9	Rev. 2
Fackområde, Avd / Discipline, Dept MRS	BOHUS VARV Pilotförsök, etapp 2 2007.08.28-09.05	Utfärdare / Issuer T Mellin	
		Datum / Date 2007 09 14	Rev.dat. / Date of rev. 2008.01.07

I undre lagren är halterna under MKM, förutom i hotspotområdet vid provpunkt FB10 och grop PG9, där zinkhalterna avviker markant uppåt på samma sätt som bly, koppar och krom. Även de inlagrade muddermassorna och sågspånsprovet från prämen, XB9:1, uppvisar förhöjda zinkhalter.

Kvicksilver

Halterna kvicksilver i strandzonens övre lager är måttliga vid jämförelse med andra delar av varvsområdet, och relativt jämnt fördelade haltmässigt längs zonen. Högsta uppmätta halten är 32 mg/kg TS, ca 4xMKM (7 mg/kg TS). Medel- och medianhalten är 11 respektive 13 mg/kg TS, dvs strax över MKM-nivån.

I undre lagren återfinns något förhöjda halter i hotspotområdet vid provpunkt 9:1-2, men i övrigt är halterna under MKM. Medel- och medianhalten inklusive hotspotområdet är under MKM, 5 respektive 2 mg/kg TS.

Metylkvicksilver har påvisats och uppmätts i grundvattnet i strandzonen, i delområde 3, vilket har redovisats separat. Eventuell förekomst i övriga delar av strandzonen har inte klarlagts.

Underliggande älvsediment

Proven från älvsedimenten (lera) under fyllnadsmassorna visar låga föroreningshalter. Mellan älvsedimenten och fyllnadsmassorna finns dock en övergångszon med missfärgat och därmed sannolikt förorenat ler- eller siltlager.

3.1.3 Organiska föroreningar


Alifater (C16-35)

Vid schaktningarna noterades en oljelukt i praktiskt taget alla gropar, men oljehalterna (alifater C16-35) i fyllnadsmassorna ligger under MKM (1 000 mg/kg TS), såväl i övre som undre lagren. Lättare alifater (C5-16) förekommer i ej detekterbara eller mycket låga halter.

Sågspånsprovet från sänkta prämen vid punkt XB9:1 avviker med en kraftigt förhöjd halt, 9 100 mg/kg TS, dvs strax under FA-gränsen (10 000 mg/kg TS).

Medel- och medianhalten i övre lagren är 310 respektive 200 mg/kg TS. Medel- och medianhalterna i undre lagren är, inklusive provet XB9:1, 1 880 respektive 675 mg/kg TS, men ca 360 respektive 330 mg/kg TS exklusive detta prov.

De låga halterna kan förklaras av att oljespill eller dumpning av oljeförorenade massor har varit mindre förekommande i strandzonen jämfört med övriga delar av varvsområdet. En alternativ förklaring kan vara att oljeföroreningarna har oxiderats och brutits ner biologiskt under åren. Förutsättningarna för sådana biologiska processer i strandzonen bör vara gynnsamma på grund av regelbunden syretillförsel via genomströmmande älv- och grundvatten, vilket frånvaron av låga redoxnivåer i fyllnadsmassorna i de undersökta punkterna i strandzonen tyder på.

	Dokumenttyp / Type of document SLUTRAPPORT	Kapitel / Chapter	Sida nr / Page No. 10(14)
	Projekt, Uppdrag, Ärende / Project, Assignment, Subject	Dokumentnr / Document No. 161392/9	Rev. 2
Fackområde, Avd / Discipline, Dept MRS	BOHUS VARV Pilotförsök, etapp 2 2007.08.28-09.05	Utfärdare / Issuer T Mellin	Rev.dat. / Date of rev. 2008.01.07
		Datum / Date 2007 09 14	

Aromater (C10-35) och BTEX

Samtliga prov visar att halten aromater är under MKM-nivån (40 mg/kg TS). Alla prov har halter av BTEX (bensen, toluen, etylbensen och xylen) under detektionsnivån 0,1 mg/kg TS.

Cancerogena PAH (PAHc)

Nästan alla prover har PAHc-halter över MKM (7 mg/kg TS). Fyra prov, alla i övre lagren, har även halter över FA-nivån (100 mg/kg TS), koncentrerade till centrala och södra delen av strandzonen, där högsta halten (180 mg/kg TS) uppmätts.

I undre lagren finns en punkt med förhöjd halt PAHc, 70 mg/kg TS motsvarande 10xMKM. Detta är i punkt FB10 som utgör en del av hotspotområdet för metaller.

Medel- och medianhalten i övre och undre lagren är 64 och 38 mg/kg TS respektive 28 och 13 mg/kg TS.

Övriga PAH (PAHö)

Flertalet prov i övre lagren visar halter PAHö över MKM-nivån (40 mg/kg TS), men inga över FA-gränsen (1 000 mg/kg TS). Högsta halterna återfinns i centrala och södra delen av strandzonen. Medel och medianvärdet är 64 respektive 34 mg/kg TS i övre lagren, och 34 respektive 10 mg/kg TS i undre lagren.

PCB (summa 7 kongener)

Inga halter över MKM (7 mg/kg TS) har uppmätts i strandzonen. Flertalet prov visar halter som ligger under eller strax över detektionsnivån (0,01 mg/kg TS).

Dioxiner (PCDD/DF), enligt WHO TEQ

Två av totalt 11 prov, båda i övre lagren, har halter något över MKM (250 ng/kg TS), 300 respektive 440 ng/kg TS. Medel- och medianhalten i övre lagren är ca 130 respektive 40 ng/kg TS. I undre lagren är motsvarande halter 21 respektive 26 ng/kg TS.


Tributyltenn, TBT

Något MKM-värde för TBT finns inte framtaget. Däremot finns en vägledning från en dom 2007.02.22 av Miljödomstolen angående prövning av omhändertagandet av muddermassor i Norrtälje kommun. I domen fastslog Miljödomstolen att massor med halter över 0,2 mg/kg TS inte får dumpas i havet utan skall omhändertas (på sätt som fastställs av tillsynsmyndigheten).

Med 0,2 mg/kg TS som referensnivå faller alla uppmätta TBT-halter, med ett undantag, under gränsen. Undantaget är punkt FB1 i övre lagren i delområde 3, där halten TBT är 0,34 mg/kg TS. Flertalet övriga prov har halter som ligger under eller strax över detektionsnivån (0,001 mg/kg TS).

Underliggande älvsediment

Proven från älvsedimenten (lera) under fyllnadsmassorna visar låga föroreningshalter. Mellan älvsedimenten och fyllnadsmassorna finns dock en övergångszon med missfärgat och därmed sannolikt förorenat ler- eller siltlager.

	Dokumenttyp / Type of document SLUTRAPPORT	Kapitel / Chapter	Sida nr / Page No. 11(14)
	Projekt, Uppdrag, Ärende / Project, Assignment, Subject	Dokumentnr / Document No. 161392/9	Rev. 2
Fackområde, Avd / Discipline, Dept MRS	BOHUS VARV Pilotförsök, etapp 2 2007.08.28-09.05	Utfärdare / Issuer T Mellin	
		Datum / Date 2007 09 14	Rev.dat. / Date of rev. 2008.01.07

3.2 Sammanfattning av halter och mängder föroreningar

3.2.1 Övre lagren, 0-2 m

I Tabell 2.1 sammanfattas medelhalter och beräknade totalmängder av föroreningar i strandzonens övre lager, 0-2 m.

Tabell 2.1. Medelhalter och beräknade mängder föroreningar i övre lagren, 0-2 meter. Medelhalter över MKM är markerade i fetstil.


Övre lagren, 0-2 m					
Förorening	Medelhalt	Enhet	MKM	Mängd	Enhet
Arsenik	49	mg/kg TS	40	0,8	ton
Bly	6 250	"	300	100	"
Kadmium	5	"	12	0,09	"
Kobolt	15	"	250	0,25	"
Koppar	1 430	"	200	23	"
Krom (III)	82	"	250	1,3	"
Nickel	52	"	200	0,8	"
Vanadin	83	"	200	1,3	"
Zink	3 260	"	700	52,1	"
Kvicksilver	11	"	7	0,17	"
Alifater C16-35	310	"	1 000	4,9	"
Aromater C10-35	7	"	240	105	kg
BTEX	< 0,1	"	165,4	< 1,6	"
PAH cancerogena	64	"	7	1 000	"
PAH övriga	64	"	40	1 000	"
PCB (sum 7)	0,39	"	7	6	"
Dioxiner, WHO TEQ	129	ng/kg TS	250	0,002	"
Tributyltenn, TBT	0,07	mg/kg TS	(0,2)	1	"

Medelhalten bly i övre lagren ligger på drygt 20xMKM, koppar 7xMKM och zink ca 4,6xMKM. PAHc och PAHö har medelhalter som ligger på ca 9 respektive 1,5 gånger MKM.

I huvudstudien över Bohus varv av 2006.04.28 beräknades medelhalter och mängder av dominerande arsenik- och metallföroreningar i varvsområdet, exklusive strandzonen. Tabell 2.2 visar föroreningsbelastningen av dessa ämnen, i strandzonen jämfört med övriga delar av varvsområdet.

Tabell 2.2. Medelhalter (mg/kg TS) och mängder (ton) av arsenik och tungmetaller i strandzonens övre lager, 0-2 m, och övriga delar av varvsområdet. Samtliga medelhalter ligger över respektive MKM-nivå.

	Strandzonen (0-2 m)		Övr. varvsområdet		
	Medelhalt	Mängd	Medelhalt	Mängd	MKM
Arsenik	49	0,8	65	9	40
Bly	6 250	100	4 050	585	300
Koppar	1 430	23	1 900	275	200
Zink	3 260	52	2 380	345	700
Kvicksilver	11	0,17	60	9	7

	Dokumenttyp / Type of document SLUTRAPPORT	Kapitel / Chapter	Sida nr / Page No. 12(14)
	Projekt, Uppdrag, Ärende / Project, Assignment, Subject	Dokumentnr / Document No. 161392/9	Rev. 2
Fackområde, Avd / Discipline, Dept MRS	BOHUS VARV Pilotförsök, etapp 2 2007.08.28-09.05	Utfärdare / Issuer T Mellin	
		Datum / Date 2007 09 14	Rev.dat. / Date of rev. 2008.01.07

Strandzonen utgör ca 10 % av varvsområdets areal, och vid en någorlunda jämn spridning av föroreningarna bör dessa i strandzonen 0-2 m) utgöra en ungefär tiondel av totala mängden föroreningar.

Jämförelsen i tabell 2.2 visar dock att strandzonens övre lager har en betydligt högre belastning av zink och i synnerhet bly än medelvärdet för övriga delar av varvsområdet.

Medelhalten och mängden kvicksilver och alifater (olja) är däremot väsentligt lägre i strandzonen relativt det övriga varvsområdet.

3.2.2 Undre lagren, > 2m


Uppmätta halter och beräknade mängder

Tabell 2.3 sammanfattar uppmätta föroreningshalter och -mängder i de undre lagren i strandzonen, baserat på provtagning och analyser.

Tabell 2.3 *Medelhalter och beräknade mängder föroreningar i undre lagren, > 2 meter (med ovan nämnda reservation). Medelhalter över MKM är markerade i fetstil. Not (1); medelhalt och mängd inklusive hotspot-provet XB9:1 (9 100 mg/kg TS); Inom parantes: medelhalt respektive mängd exklusive denna hotspot.*

Undre lagren, >2 m					
<u>Förorening</u>	<u>Medelhalt</u>	<u>Enhet</u>	<u>MKM</u>	<u>Mängd</u>	<u>Enhet</u>
Arsenik	21	mg/kg TS	40	0,17	ton
Bly	1 226	"	300	9,8	"
Kadmium	1	"	12	0,09	"
Kobolt	16	"	250	0,13	"
Koppar	347	"	200	2,8	"
Krom	124	"	250	0,99	"
Nickel	34	"	200	0,27	"
Vanadin	40	"	200	0,32	"
Zink	1 266	"	700	10,1	"
Kvicksilver	5	"	7	40	kg
Alifater C16-35 (Not 1)	1 882 (360)	"	1 000	15 000 (2 900)	"
Aromater C10-35	7	"	240	58	"
BTEX	< 0,1	"	165,4	< 1,6	"
PAH cancerogena	28	"	7	224	"
PAH övriga	34	"	40	274	"
PCB (sum 7)	< 0,03	"	7	< 0,2	"
Dioxiner, WHO TEQ	21	ng/kg TS	250	0,02	"
Tributyltenn, TBT	< 0,001	mg/kg TS	(0,2)	< 0,001	"

De undre lagren i strandzonen visar, med ovanstående reservation samt att halterna återspeglar hotspotområdet i södra delen av strandzonen, en haltprofil liknande den i övre lagren, dvs bly med ca 4xMKM, koppar och zink ca 1,8xMKM, samt PAH 4xMKM.

	Dokumenttyp / Type of document SLUTRAPPORT	Kapitel / Chapter	Sida nr / Page No. 13(14)
	Projekt, Uppdrag, Ärende / Project, Assignment, Subject	Dokumentnr / Document No. 161392/9	Rev. 2
Fackområde, Avd / Discipline, Dept MRS	BOHUS VARV Pilotförsök, etapp 2 2007.08.28-09.05	Utfärdare / Issuer T Mellin	
		Datum / Date 2007 09 14	Rev.dat. / Date of rev. 2008.01.07

Teoretiska uppskattningar baserade på förekomst av sänkta sk plattpråmar

I litteraturen (Bilaga 2.6) finns beskrivningar av sk plattpråmar som under 1900-talets första decennier användes för transporter av kol, ved, avfall mm längs älven (Stig Hallberg 1976(?)) "Vänersjöfartens utveckling; Vänerfartyg", Vattenfall/Trollhätte Kanalverk). Enligt uppgift ska det ha funnits runt 1 000 sådana pråmar i älvtrafiken.

En typisk plattpråm hade enligt uppgift en standardlängd på 15,8 m, bredd 5,6 och ett djup på 1,8 m inombords, vilket motsvarar en höjd på ca 2 m från köl till reling. Höjdmåttet förefaller stämma med vad som framkommit vid fältundersökningarna (jfr bilaga 2.4). Med dessa mått är plattpråmens lastvolym ca 110 m³. Pråmarna bör vid sänkningen ha varit fullastade, alternativt att massor fyllts över pråmarna efter sänkningen, med en last vars fysikaliska egenskaper liknar de i de friliggande fyllnadsmassorna i strandområdet (vilket möjligen styrks av utförda geofysiska undersökningar - se separat rapport).


Om vi antar att de sänkta pråmarna huvudsakligen är av typ plattpråm och att de sänktes på enkel rad längs strandkanten bör antalet uppgå till ca 20-25 stycken i strandzonen, från södra spetsen av varvsområdet och upp till gränsen till delområde 3, exklusive platser för stenlagda båtramper och kajanläggningar.

Med dessa antaganden kan strandzonen innehålla runt 2 500 m³ fyllnadsmassor i pråmarna under ca 2 meter under markytan. Efter sänkningen bör utfyllnad rimligen ha skett på insidan av pråmarna, mot landsidan. Mängden av dessa fyllnadsmassor uppskattas vara ungefär i samma storleksordning som pråmarnas last, vilket i så fall innebär att upp till ca 5 000 m³ förorenade massor kan finnas i undre lagren i strandzonen, dvs ca 6 % av totala mängden fyllnadsmassor i varvsområdet (ca 85 000 ton).

Det kan vidare vara rimligt att anta att dessa massor innehåller avfall och fyllnadsmassor av ungefär motsvarande typ, och därmed typer och halter av föroreningar (exklusive TBT som tillkom på senare delen av 1900-talet), som i överliggande massor. Detta ger teoretiska mängder föroreningar enligt Tabell 2.4.

Tabell 2.4. *Uppskattade föroreningsmängder under ca 2 meters djup i strandzonen, med ovanstående förutsättningar. Medelhalterna motsvarar medelhalter i strandzonens övre lager (0-2 m y my).*

Förorening	Medelhalt	Enhet	Mängd	Enhet
Arsenik	49	mg/kg TS	0,25	ton
Bly	6 250	"	31,3	"
Kadmium	5	"	0,03	"
Kobolt	15	"	0,08	"
Koppar	1 430	"	7,2	"
Krom (III)	82	"	0,35	"
Nickel	52	"	0,26	"
Vanadin	83	"	0,42	"
Zink	3 260	"	16,3	"
Kvicksilver	11	"	55	kg
Alifater C16-35	310	"	1550	"
Aromater C10-35	7	"	35	"
BTEX	< 0,1	"	< 1,6	"

	Dokumenttyp / Type of document SLUTRAPPORT	Kapitel / Chapter	Sida nr / Page No. 14(14)
	Projekt, Uppdrag, Ärende / Project, Assignment, Subject	Dokumentnr / Document No. 161392/9	Rev. 2
Fackområde, Avd / Discipline, Dept MRS	BOHUS VARV Pilotförsök, etapp 2 2007.08.28-09.05	Utfärdare / Issuer T Mellin	
		Datum / Date 2007 09 14	Rev.dat. / Date of rev. 2008.01.07

PAH cancerogena	64	"	320	"
PAH övriga	64	"	320	"
PCB (sum 7)	0,39	"	< 1,9	"
Dioxiner, WHO TEQ	129	ng/kg TS	0,006	"
Tributyltenn, TBT	0,07	mg/kg TS	<< 0,4	"

Genomsnittsmängderna av föroreningar under 2 meters djup i strandzonen är, med dessa antaganden, ca en tredjedel av beräknade mängder i fyllnadsmassorna i 0-2 meterskiktet.

3.3 Slutsats

Undersökningen visar klart att strandzonen är mycket förorenad med främst bly och zink, men osäkerheten kvarstår om den verkliga föroreningssituationen i strandzonens undre lager, p g av förekomsten av de sänkta prämlarna.

Med utgångspunkt från uppmätta halter samt ovanstående teoretiska resonemang uppskattas att lagren under 2 m djup i strandzonen innehåller upp till ca 5 000 m³ fyllnadsmassor med följande föroreningsmängder (föroreningar med medelhalter över respektive MKM-nivå i fetstil);

<u>Förorening</u>	<u>Mängd</u>
Arsenik	170-250 kg
Bly	10-30 ton
Kadmium	30-90 kg
Kobolt	80-130 kg
Koppar	3-7 ton
Krom (III)	0,4-1 ton
Nickel	260-270 kg
Vanadin	320-420 kg
Zink	10-16 ton
Kvicksilver	40-55 kg
Alifater C16-35	1500-3000 kg
Aromater C10-35	35-60 kg
BTEX	< 0,2 kg
PAH cancerogena	220-320 kg
PAH övriga	220-320 kg
PCB (sum 7)	< 0,2 kg
Dioxiner, WHO TEQ	0,006-0,02 g
Tributyltenn, TBT	<< 0,4 kg