

PM

Handläggare
Skarsgård, Hedda

Mobil
072-205 85 11
E-post
hedda.skarsgard@afry.com
Datum
2023-06-14
Projekt ID
D0110081

Mottagare
Victoria Sandberg, Ronneby
kommun

Dagvattenutredning för Saxemara 15:1



PM

Sammanfattning

En detaljplan ska tas fram för Saxemara båtvarv för att befästa den befintliga markanvändningen och i samband med detta har AFRY genomfört denna dagvattenutredning samt en miljöteknisk markundersökning (se separat PM). Området lutar mot stranden i söder och de huvudsakliga rinnvägarna löper därför i denna riktning. Vid ett 100-årsregn beräknas planområdet generera ett dagvattenflöde på 86 l/s utan hänsyn till klimatfaktor och 107 l/s med en klimatfaktor på 1,25. Beräkningar av föroreningshalter i dagvattnet har gjorts i StormTac och fyra av tolv undersökta ämnen beräknades överskrida Riktvärdesgruppens riktvärden. Planområdets recipient är Spjälkoområdet som är en del av Östersjön. VISS klassar den ekologiska statusen till måttlig och den kemiska till uppnår ej god. Då ingen förändring av markanvändningen planeras på platsen bedöms planen inte försämra statusen för recipienten. Området är låglänt och är därför hotat av havsnivåhöjning. Översvämning och kraftiga regn kan bidra till spridningen av föroreningar genom lakning och partikelbunden transport. Det finns flera metoder att hantera förorenad mark. För att bestämma vilken eller vilka metoder som är lämpliga behöver man göra en riskbedömning och ta fram platsspecifika riktvärden för att identifiera vilka föroreningar som bedöms oacceptabla och behöver behandlas.

PM

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I Saxemara i Ronneby kommun ligger ett träbåtsvarv kallat Saxemaravarvet. Varvet har varit verksamt sedan 1927 och har även blivit ett populärt besöksmål. Då platsen är kulturellt och historiskt viktig vill man bevara varvet och ska därför detaljplanelägga marken för att befästa den nuvarande markanvändningen. Marken är misstänkt förorenad efter årtionden av varvsverksamhet och därför har en miljöteknisk markundersökning gjorts för att bedöma föroreningssituationen på platsen. Denna utredning tar vid den miljötekniska markundersökningen och avser redogöra för den vattenburna föroreningsspridningen.

1.2 Uppdragsbeskrivning

Utredningen ska enligt förfrågningsunderlaget innefatta:

- Beräkning av vattenmängd vid ett 100-årsregn.
- Identifiering av rinnvägar för dagvatten.
- Identifiera potentiell spridning av föroreningar via dagvatten.
- Påverkan på dagvattenhanteringen och potentiell spridning av föroreningar utifrån stigande havsnivå.
- Utredning av påverkan på miljökvalitetsnormerna för vatten.
- Åtgärdsutredning med koppling till fynden i MIFO-utredningen.

2 Förutsättningar

2.1 Underlag

Följande underlag från beställaren har använts i den här utredningen:

Underlag	Datum*
Utdrag ur grundkarta	2023-02-27
Ortofoto	2023-02-27
Dagvattenpolicy	2023-02-27
MIFO fas 1 utredning	2023-02-27
Miljöteknisk markundersökning	2023-06-01

**Underlaget erhållet angivet datum*

PM

Följande dokument och villkor har använts i denna utredning:

Underlag	Utgivare	Publiceringsår
P110	Svenskt Vatten	2016
VISS, Vatteninformationssystem Sverige	Länsstyrelsen	Besökt 2023-05
WebbGIS	Länsstyrelsen	Besökt 2023-03
Genomsläplighetskarta	SGU	Besökt 2023-03
Jordartskarta	SGU	Besökt 2023-03
Jorddjupskarta	SGU	Besökt 2023-03
Scalgo Live	Scalgo	Besökt 2023-03
Förslag till riktvärden för dagvattenutsläpp	Riktvärdesgruppen	2009
Åtgärdsportalen	Svenska Geotekniska föreningen	Besökt 2023-05
Åtgärdstester av jord vid båtuppställningsplatser	SWEBOAT-Båtbranschens riksförbund	2023
Riktvärden för förorenad mark	Naturvårdsverket	2009

2.2 Dagvattenpolicy

I Ronneby kommuns dagvattenpolicy anges följande grundprinciper vilka ska följas i dagvattenhanteringen:

- Den naturliga vattenbalansen ska i möjligaste mån bibehållas.
- Förorening av dagvatten ska om möjligt begränsas vid källan.
- Dagvattensystemet skall utformas så att skadliga uppdämningar vid kraftiga regn undviks.
- Där så är lämpligt ska dagvatten hanteras som en resurs som berikar bebyggelsemiljön med avseende på upplevelser, rekreation, lek, naturvärden och biologisk mångfald.
- Dagvattenhanteringen ska utformas med hänsyn till platsens förutsättningar, dagvattnets föroreningsgrad och recipientens känslighet och så att en så stor del som möjligt av föroreningarna bryts ned under vattnets väg till recipienten.
- Dagvattenflöden ska reduceras och regleras så att belastning på ledningsnät och recipienter begränsas.
- Ledningar ska dimensioneras enligt Svenskt Vattens publikationer.

2.3 Miljökonsekvensnormer för dagvatten

EU:s vattendirektiv, ramdirektivet för vatten, införlivades i svensk lagstiftning år 2004 som Vattenförvaltningen. Arbetet med Vattenförvaltningen utförs med hjälp av så kallade miljökonsekvensnormer. Normerna fungerar som ett juridiskt styrmedel som införts i svensk lag för att komma till rätta med miljöpåverkan från diffusa

PM

utsläppskällor. Normerna för vatten beskriver vilken vattenkvalitet en vattenförekomst ska ha vid en viss tidpunkt. Varje vattenförekomst statusklassificeras i syfte att beskriva vattenförekomstens vattenkvalitet i dagsläget. Huvudregeln är att alla vattenförekomster ska uppnå god kvalitet. Det finns också ett försämringsförbud som innebär att statusen inte får försämras. Miljökvalitetsnormer för vattenförekomster klassas inom två områden, ekologisk status och kemisk status.

Efter att EU-domstolen meddelade den så kallade Weserdomen har kraven på att vattenkvaliteten inte får försämrats samt att målen gällande kemisk och ekologisk status ska uppnås skärpts. Det innebär att statusen för varje enskild kvalitetsfaktor, som används för statusklassificering av vattenförekomsten, inte får försämrats. Projekt eller verksamheter som orsakar en försämring riskerar således att inte tillåtas.

I enlighet med bilaga 6 i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter har ett undantag i form av mindre stränga krav för kvicksilver och PBDE utfärdats. Skälet till undantaget är att halterna av båda föroreningarna bedöms överskridas i fisk i samtliga svenska vattenförekomster. Dock får inte de nuvarande halterna av kvicksilver och PBDE överskridas.

2.4 Riktvärden dagvatten

Ronneby kommun har inte framfört några renings- eller flödeskrav för området då markanvändningen inte kommer förändras. För att kunna relatera de beräknade föroreningshalterna i dagvattnet till något jämförs de mot Riktvärdesgruppens riktvärden för direktutsläpp av dagvatten till mindre sjöar, vattendrag och havsvikar, nivå 1M.

Tabell 1. Riktvärdesgruppen riktvärden för föroreningshalter i dagvatten för nivå 1M.

Ämne, enhet	Riktvärde
Fosfor (P) $\mu\text{g/l}$	160
Kväve (N) mg/l	2,0
Bly (Pb) $\mu\text{g/l}$	8
Koppar (Cu) $\mu\text{g/l}$	18
Zink (Zn) $\mu\text{g/l}$	75
Kadmium (Cd) $\mu\text{g/l}$	0,4
Krom (Cr) $\mu\text{g/l}$	10
Nickel (Ni) $\mu\text{g/l}$	15
Kvicksilver (Hg) $\mu\text{g/l}$	0,03
Suspenderad substans (SS) mg/l	40
Oljeindex (Olja) mg/l	0,4
Beso(a)pyren (BaP) $\mu\text{g/l}$	0,03

PM

2.5 Koordinatsystem

I den här rapporten kommer samtliga resultat visas i koordinatsystemet SWEREF 99 15 00 och höjdsystemet RH2000.

2.6 Hydrologiska beräkningsmetoder

För beräkning av regnintensitet har nedanstående ekvation enligt Svenskt Vatten P110 kapitel 10.1 använts. Formeln gäller för regnvaraktigheter upp till ett dygn.

$$i_{\bar{A}} = 190 * \sqrt[3]{\bar{A}} * \frac{\ln(T_R)}{T_R^{0,98}} + 2$$

Där:

$i_{\bar{A}}$ = regnintensitet [l/s, ha]

T_R = regnvaraktighet [minuter]

\bar{A} = återkomsttid [månader]

Regnvaraktigheten beräknas som längsta rinnsträcka delat med rindhastigheten, vilken beror på hur vattnet avleds.

Vid beräkning av dagvattenflöden används rationella metoden med regnintensitet enligt Dahlströms formel ovan. Dagvattenflödena beräknas med följande formel enligt Svenskt vatten P110.

$$q_{dim} = A * \varphi * i_{\bar{A}} * k$$

Där:

q_{dim} = dimensionerande flöde [l/s]

A = avrinningsområdets area [ha]

φ = avrinningskoefficient [-]

$i_{\bar{A}}$ = regnintensitet [l/s, ha]

k = klimatfaktor

PM

3 Områdets förutsättningar

Planområdet är ca 0,3 hektar stort och sträcker sig från Saxemaravikens strandkant. På platsen ligger ett träbåtsvarv som varit aktivt sedan 1927. Utöver reparation och till viss del nybyggnation av träbåtar agerar varvet vinterförvaringsplats för trä- och plastbåtar. I sin verksamhet använder varvet kemikalier som glykol, lösningsmedel, metaller, petroleumprodukter, syror, betser, färgrester och limrester.



Figur 1. Fastighetens utbredning.

PM

3.1 Geotekniska förhållanden

3.1.1 Markförhållanden

Från SGU:s kartlager *Stränder jordart och eroderbarhet* anges jordarten som sandig morän och eroderbarheten som låg då hela planområdet utgörs av just sandig morän. Begreppet eroderbarhet avser i detta fall endast jordens materialegenskaper såsom jordpartiklarnas tyngd och sammanhållande krafter. Vidare beror erosionsprocessen av till exempel vattnets strömhastighet, vågpåverkan och morfologi vilka inte är beaktade i kartlaget.



Figur 2. SGU:s jordartskarta. Fastighetsgränsen är markerad med gul linje.

Utifrån SGU:s genomsläpplighetskarta bedöms genomsläppligheten genomgående som medelhög i planområdet. Enligt SGUs jorddjupskarta har planområdet ett skattat jorddjup på mellan 1-3 m till berggrund.

Ur den miljötekniska markundersökningen framgår det att jordlagerföljden generellt utgörs av fyllningsmassor bestående av grusig sand ner till 0,5-1,6 m u my följt av naturlig siltig sandig morän. Berg nåddes mellan 1,7-2,0 m u my.

PM

Jordproverna från undersökningen visade att flera ämnen överskrider riktvärdena för mindre känslig markanvändning (MKM). De påvisade ämnena som överskrider MKM binder starkt till partiklar och organiskt material varpå det bedöms sannolikt att sediment i hamnbassängen är påverkade av föroreningar från verksamheten. I utredningen undersöktes främst ytjorden och endast två prover, utan direkt misstanke om förorening, analyserades på djupare lager. Trots detta tycks de förhöjda föroreningshalterna främst vara kopplade till det ytligaste jordlagret.

3.1.2 Grundvatten

I samband med den miljötekniska markundersökningen installerades två grundvattenrör. I ett av rören påträffades halter av bensen över SGU klass 5 och flouraten över holländska riktvärden för *ingen påverkan*. I bägge rören påvisades halter av naftalen över det holländska riktvärdet medan övriga ämnen var i nivå med normala bakgrundshalter. Grundvattennivåer mellan 2-4 m u my uppmättes under undersökningen. Grundvattenytans nivå kan förväntas variera med nederbördsförhållanden och årstid.

3.2 Avrinning

Rinnvägarna för planområdet kan ses i Figur 3. Samtliga rinnvägar i området leder ut i Saxemaraviken. En större rinnväg går i gatan och mynnar ut i viken vid kajens fot.



Figur 3. Befintliga rinnvägar i utredningsområdet.

PM

3.2.1 Statusklassificering av dagvattenrecipienterna

Planområdets dagvattenrecipient är Spjälköområdet som är en del av södra Östersjön. Recipienter är enligt vattendirektivet en vattenförekomst. Vattenförekomster klassas regelbundet i VISS och statusklassificering av Spjälköområdet gjordes senast i maj 2023, se Tabell 2. VISS uppdaterar kontinuerligt statusen av vattenförekomsten.

Tabell 2. VISS statusklassificering av Spjälköområdet som beslutades 2023.

Vattenförekomst	Ekologisk status		Kemisk status	
	Status dagsläge	MKN framtida mål	Status Dagsläge	MKN framtida mål
Spjälköområdet SE560900-151260	Måttlig ekologisk status	God ekologisk status 2027	Uppnår ej god kemisk ytvattenstatus	God kemisk ytvattenstatus

Den ekologiska statusen bedöms till måttlig på grund av höga klorofyllhalter. Tillförlitlighetsklassningen är dock låg då inga mätningar har gjorts i recipienten utan värdena är extrapolerade från Ronnebyfjärden, Tjäröfjärden och Karlshamnshjärden. Näringsämnesbelastningen är också för hög utifrån de extrapolerade värdena.

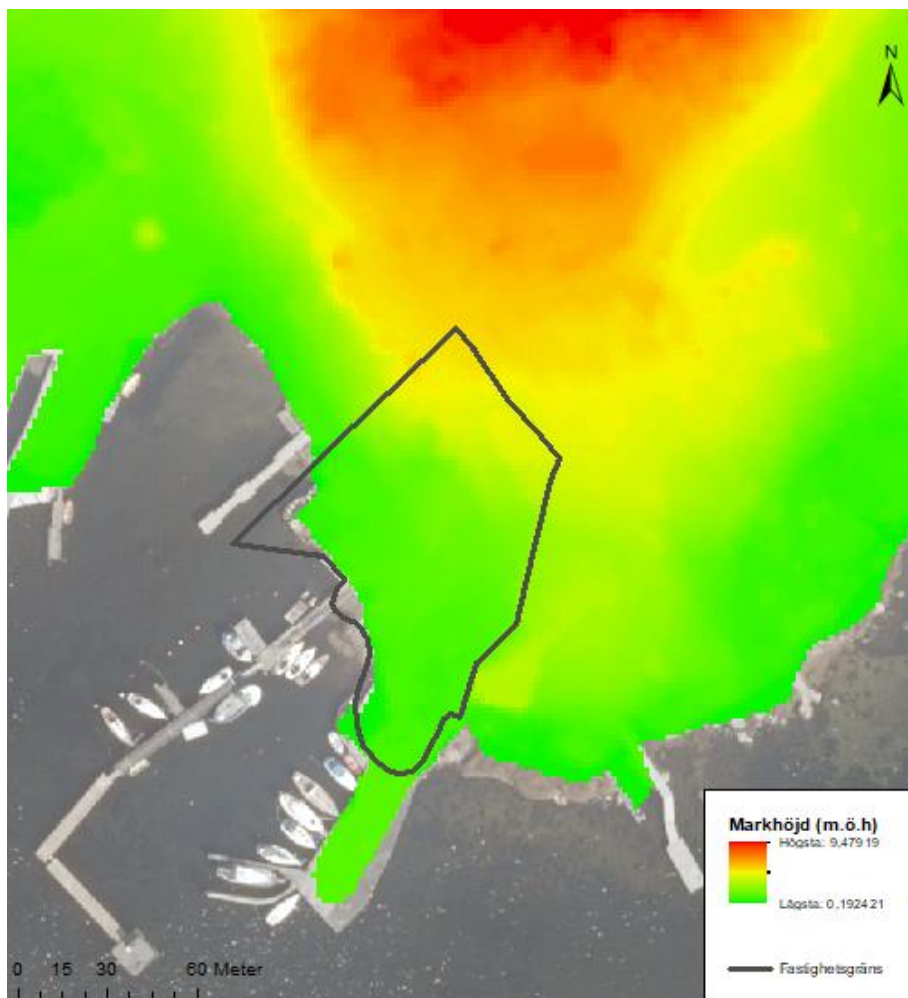
Den kemiska statusen är klassad som *uppnår ej god* med avseende på en sammanvägd bedömning av halterna av de prioriterade ämnena. Bromerad difenyleter och kvicksilver och kvicksilverföreningar är klassade som *uppnår ej god* utifrån den nationella klassificeringen. Utöver dessa är det enda klassade prioriterade ämnet Tributyltenn (TBT) som klassats som god. Inga mätdata finns utan denna klassning utgår från *annan expertbedömning*. TBT finns ofta i förhöjda halter i marina sediment och biota och är toxiskt vid halter som understiger nuvarande detektionsgränser för vatten varpå TBT bör uppmärksammas som ett generellt problem i kustvatten.

Recipienten bedöms påverkas betydligt av diffusa utsläppskällor från transport och infrastruktur, atmosfärisk deposition samt näringsbelastning från omgivande vatten.

PM

3.3 Lågpunktskartering

Höjderna inom fastigheten varierar mellan ca +0,4 - 5 meter där de lägsta punkterna ligger i området västra del och de högsta i den norra delen av området. Generellt sluttar området mot vattnet, se Figur 4.



Figur 4. Markhöjder i planområdet.

En mindre lågpunkt tycks finnas precis intill varvsbyggnaden på den nordöstra sidan. Vattendjupet i lågpunkterna vid 50 mm nederbörd kan ses i Figur 5. Analysen är gjord i Scalgo Live. I Scalgo Live sker beräkningar på hur vatten rinner i ett område endast baserat på markhöjderna i området. Hänsyn tas till hur mycket regn som behövs för att fylla upp de lågpunkter som finns i området. Analysen har inte tagit hänsyn till något ledningsnät eller markegenskaper (t.ex. infiltration). Regnet anges inte heller utifrån varaktigheter eller återkomsttider, utan enbart som en regnmängd uttryckt i mm. Antaganden behöver då göras kring vilken regnmängd som representerar det regn som ska studeras. I den här utredningen har en inställning på 50 mm antagits, vilket är SMHI:s definition av ett skyfall med varaktighet på 60 minuter eller ett 100-årsregn med drygt 40 minuters varaktighet enligt Svenskt vatten P110.

PM



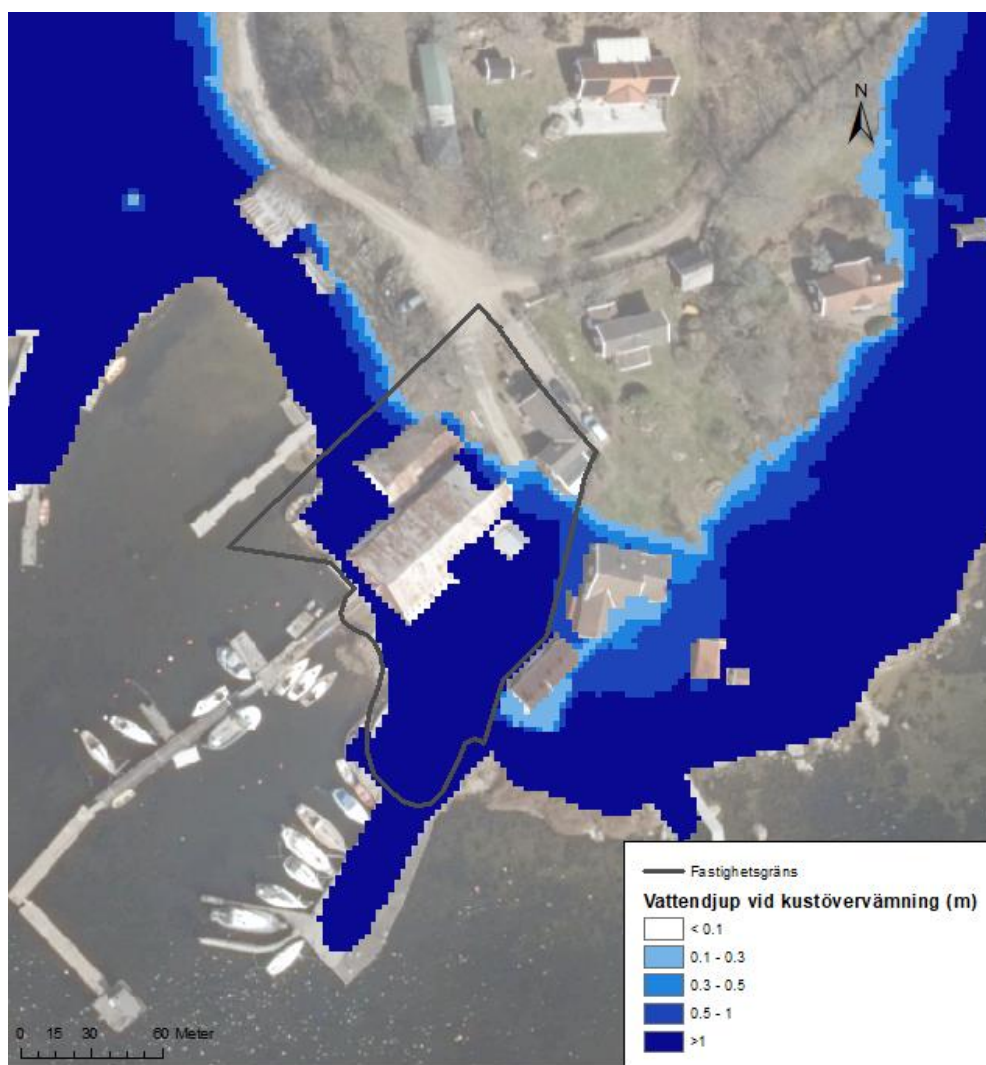
Figur 5. Vattendjup i lågpunkter. Data hämtat från Scalgo Live inställt på 50 mm.

PM

3.4 Kustöversvämning

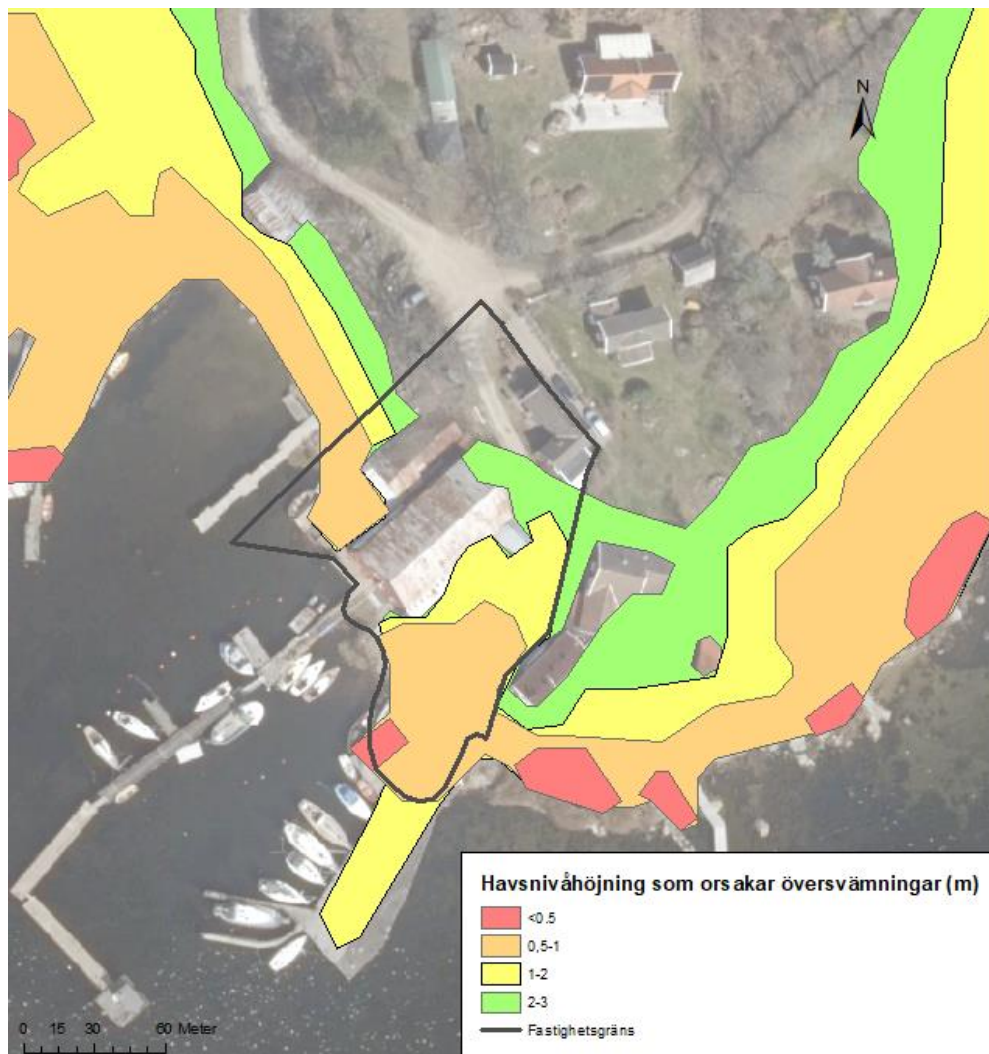
Kustöversvämning orsakas av tillfälliga högvattenhändelser som kan uppstå exempelvis under stormar. Temperaturökningen som väntas av klimatförändringarna smälter inlandsisarna samt orsakar termisk expansion av vattnet. Detta leder till ett höjt medelvattenstånd. Det höjda medelvattenståndet i kombination med de kraftigare stormarna som väntas ökar frekvensen och magnituden av högvattenhändelserna. Då området ligger låglänt är planområdet särskilt utsatt för kustöversvämningar.

I Figur 6 nedan ses översvämningsdjupet vid ett havsnivåstånd på 3 meter över referensnivån och i Figur 7 ses vilka delar av området som översvämmas vid olika nivåer av havsnivåhöjning.



Figur 6. Vattendjup vid en 3 m havsnivåhöjning.

PM

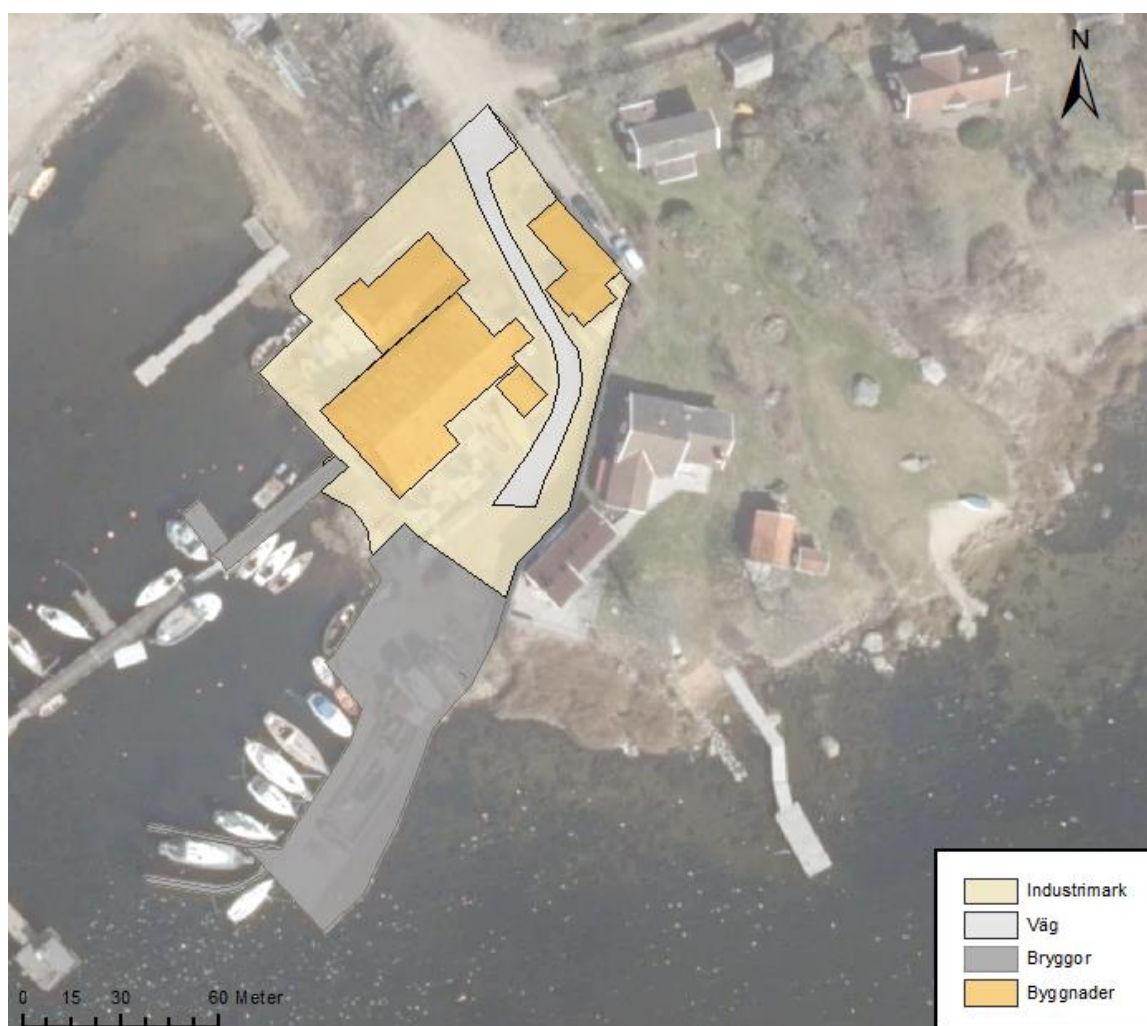


Figur 7. Havsnivåhöjning som orsakar översvämning.

PM

4 Flödesberäkningar dagvatten

Fastigheten utgörs idag av varvsverksamhet vilket även utgör den framtida markanvändningen. En kartering av området utifrån ortofoto och primärkarta kan ses i Figur 8 nedan. Karteringen samt de olika marktypernas avrinningskoefficient kan ses i Tabell 3. Avrinningskoefficienterna är tagna ur Svenskt vatten P110. Industrimarkens avrinningskoefficient har likställts med den för grusväg och bryggorna har antagits vara hårdgjorda och således fått en avrinningskoefficient motsvarande betong- och asfaltsyta.



Figur 8. Befintlig markanvändning för planområdet som har använts i flödes- och fördröjningsberäkningarna.

PM

Tabell 3. Beräkning av reducerad area för befintlig markanvändning

Markanvändning	Area (m ²)	φ	Reducerad area (m ²)
Tak	647	0,90	582
Grusväg	198	0,40	79
Industrimark	1 148	0,40	402
Brygga	860	0,80	688
Summa	2 853	0,61*	1 751

*Sammanvägd avrinningskoefficient.

Flödesberäkningar har utförts enligt ekvationer beskrivna i avsnitt 2.6 samt reducerade ytor enligt Tabell 3. Regnintensiteten har beräknats för en återkomsttid på 100 år och med regnvaraktighet på 10 minuter med och utan klimatfaktor på 1,25.

- $i_{100\text{-årsregn},10\text{min}} = 488,8 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$
- $i_{100\text{-årsregn},10\text{min},kf1,25} = 611,0 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$

Det beräknade dagvattenflödet för området vid ett 100-årsregn, med och utan klimatfaktor, kan ses i Tabell 4 nedan.

Tabell 4. Dagvattenflöde för planområdet vid ett dimensionerande 100-årsregn med och utan klimatfaktor.

Dimensionerande dagvattenflöde	Flöde (l/s)
Utan klimatfaktor	86
Med klimatfaktor 1,25	107

PM

4.1 Föroreningsberäkning

För att uppskatta föroreningshalterna i dagvattnet har beräkningar gjorts i StormTac, se Tabell 5. Föroreningshalterna jämförs med Riktvärdesgruppens riktvärden för utsläpp direkt till havsvik (Nivå 1M). Markanvändningen för området har satts till småbåtshamn vilket avser hamn för mindre båtar med gräs- och parkeringsytor, inklusive båtupställningsplatser. StormTacs databas över föroreningshalter är sammanställda som årliga medelhalter erhållna från långa perioder med flödesproportionell provtagning. Varje markanvändning har en specifik föroreningshalt och påverkar således föroreningsbelastningen.

Tabell 5. Föroreningsberäkning för fastigheten jämfört med Riktvärdesgruppens riktvärden för nivå 1M. Föroreningshalter som överskrider riktvärdet är rödmarkerade.

Ämne	Föroreningshalt µg/l	Riktvärde µg/l
Fosfor (P)	91	160
Kväve (N)	1 300	2 000
Bly (Pb)	9	8,0
Koppar (Cu)	19	18
Zink (Zn)	22	75
Kadmium (Cd)	0,059	0,4
Krom (Cr)	2,4	10
Nickel (Ni)	2,9	15
Kvicksilver (Hg)	0,0086	0,03
Suspenderat substans (SS)	42 000	40 000
Oljeindex (Olja)	680	400
Benso(a)pyren (BaP)	0,018	0,03

PM

5 Föroreningsspredning

Markföroreningar kan spridas från ett förorenat område på flera sätt där de huvudsakliga spridningsprocesserna antingen sker i löst form eller partikelbunden spridning. Föroreningens egenskaper samt omgivningens förutsättningar avgör på vilket sätt en förorening sprids.

5.1 Erosion

Erosion är processen där jord, sand och stenar nöts ner och transporteras från en plats till en annan genom bland annat vattenströmmar, vind eller vågor. Erosion kan ha en betydande påverkan på transporten av markföroreningar eftersom det kan leda till att partikelbundna föroreningar förflyttas från en plats till en annan.

Klimatförändringarna kan tänkas öka den vattendrivna erosionen från skyfall och vågverkan. Den maximala dygnsnederbörden förväntas öka mellan 15-20 % i Blekinge beroende på vilket RCP scenario som antas och magnituden och frekvensen av högvattenhändelser förväntas öka till följd av klimatförändringar.

För att minska erosionen kan erosionsskydd anläggas vilket kan vara konstgjort eller naturligt erosionsskydd i form av växtlighet vars rötter låser jorden samt ökar mullhalten i jorden. I detta fall kan plantering av gräs och växter på land medföra svårigheter för varvet att bedriva sin verksamhet men plantering av exempelvis ålgräs kan minska erosionen och därmed spridningen av förorenade sediment i hamnbassängen.

5.2 Lakning

Lakning är processen då föroreningar som varit bundet till jord eller sediment frigörs i vatten. Lakning kan ske genom exempelvis vatten som infiltrerar genom ett förorenat jordlager eller förorenad jord i kontakt med grundvatten. De huvudsakliga metoderna för att minska utlakning av förorenade ämnen är sanering eller stabilisering av den förorenade massan.

PM

6 Behandling av förorenad mark

För att minska spridningen av föroreningar från området bör man dels säkerställa att verksamhetsutövaren begränsar utsläppen av miljöfarliga ämnen och har lämpliga rutiner för exempelvis kemikaliehantering och båtvtvätt. Befintliga föroreningar kan i princip hanteras på två sätt för att hindra spridning till recipienten, inneslutning/barriärteknik och sanering. Hantering av förorenad mark innefattar olika metoder och tekniker beroende på föroreningsgraden, föroreningskällan, marktypen och andra faktorer.

Sanering är processen att avlägsna eller minska föroreningar från marken. Det finns olika tekniker för sanering och man kan dela in behandlingarna i in situ och ex situ vilket anger om föroreningarna behandlas på plats nere i marken eller grävs upp för att behandlas eller transporteras och behandlas på avfallsanläggning. SweBoat (Båtbranschens Riksförbund), genomförde med stöd från Naturvårdsverket, nyligen en undersökning av åtgärdsmetoder för förorenad jord vid båtuppställningsplatser. I rapporten redovisas resultaten och metoderna utvärderas. De undersökta metoderna var torrskiktning, våtskiktning, kemisk stabilisering, solidifiering, termisk behandling, biologisk nedbrytning samt kemisk oxidering. Nedan följer en beskrivning av de olika metoderna samt resultatet från undersökningen.

6.1 Tidigare undersökta metoder för sanering av båtuppställningsplats

Torrskiktning innebär att den förorenade jorden grävs upp för att sorteras i olika fraktioner. Då grövre fraktioner innehåller en mindre mängd föroreningar per volymenhet än fina fraktioner kan man minska föroreningshalterna genom att avskilja de fina fraktionerna. De grova fraktionerna återanvänds på platsen medan det finare materialet behandlas och återanvänds eller transporteras till en mottagningsanläggning. Genom torrskiktning kan man på så vis vid en schaktsanering återanvända en större andel av jordmassan och på så vis minska mängden material som kräver vidare behandling eller bortforsling. I åtgärdstestet visade metoden goda resultat för testplatsens specifika förutsättningar. För att bedöma om åtgärden är lämplig bör föroreningshalter, lakhalter, TOC och kornstorleksfördelningen analyseras. En större andel grovkornigt material än finkornigt utgör goda förutsättningar för denna behandlingsmetod. Åtgärden bör genomföras när marken är så torr som möjligt för att minimera andelen finmaterial i de grövre fraktionerna. I det specifika försöket bedömdes 35 viktprocent av materialet kunna återanvändas för att klara MKM, fraktioner >10mm, medan resterande mängd skulle kräva kompletterande behandling eller omhändertas externt.

Våtskiktning utgår från samma princip som torrskiktning, det vill säga att då föroreningarna i större grad binder till finare fraktioner sorteras dessa ut för att minska föroreningshalterna. Skillnaden mot torrskiktning är att vatten tillsätts i processen för att möjliggöra en högre avskiljning av föroreningar. I åtgärdstestet genomfördes försök med två något skilda metoder. Båda metoderna klarade kraven för MKM och andelen material som kunde återanvändas varierade mellan 50-60, 55-60 och 35-45 viktprocent. Samma kriterier som för torrskiktning bör analyseras för att se om våtskiktning är en lämplig metod. Likt för torrskiktning är en fördelningskurva med

PM

mycket grovt material positivt för avskiljningen av föroreningar men även för mängden vatten som går åt och hur mycket rening det behöver.

Vid stabilisering med adsorptionsmedel så schaktas den förorenade jorden upp och blandas med ett adsorptionsmedel, som hindrar föroreningarna att laka ur det stabiliserade materialet, innan det återförs i marken. Processen innebär att inget förorenat material behöver transporteras från platsen. Vid risk för partikelbunden spridning är rekommendationen att metoden kompletteras med ett rent gruslager ovanpå eller att ytan hårdgörs. Försöken i åtgärdstestet visade en tydlig reduktion av lakhalterna. Då stabiliseringen inte förväntades påverka totalhalterna i jorden gjordes ingen jämförelse med den obehandlade jorden.

Solidifiering innebär att den förorenade jordmassan schaktas upp och blandas med ett bindemedel (i huvudsak cement) och vatten innan det återförs i marken, alternativt kan bindemedlet fräsas direkt in i marken. Resultatet blir en betongplatta där föroreningarna är inbundna. Metoden reducerar den partikelbundna spridningen av föroreningar till ett minimum medan utlakningen beror av ett antal faktorer såsom hur mycket av betongplattan som är i kontakt med vatten. Risken med lakning bör därför utvärderas platsspecifikt för att kunna bedöma huruvida åtgärden är lämplig.

Vid termisk behandling schaktas jorden upp och läggs i högar och hettas upp med värmelement för att förånga eller destruera föroreningarna. Efter behandling analyseras massorna innan de återförs till platsen. Alternativt kan värmeelement grävas ner i jorden för att behandla massorna på plats i marken. Testerna visade att lakhalterna ökade initialt vid temperaturer på 200 °C för flera metaller för att sedan sjunka vid högre temperaturer. På grund av risken för ökad lakning bör åtgärden inte utföras i områden med höga metallhalter eller som har problem med lakning av metaller. Vid bedömning om åtgärden är lämplig behöver det kontrolleras att behandlingstemperaturen överstiger förbrännings- eller kokpunkten för de ämnen som ska behandlas.

Biologisk rening använder naturligt förekommande eller tillförda mikroorganismer för att bryta ner eller omvandla föroreningar till mindre skadliga ämnen. Metoden kan användas för att förstärka en pågående nedbrytning (biostimulering) eller för att initiera en biologisk nedbrytningsprocess (bioaugmentering). Resultatet från undersökningen visade stor variation av data varpå det var svårt att skönja en trend för behandlingsmetoden. I försöken genomfördes en analys av nedbrytningen över 32 dagar (då båtuppställningsplatsen kunde antas vara tom på somrarna) men det visade sig tydligt att betydligt längre behandlingstider krävs. Utifrån försöken rekommenderas inte metoden utan att pilottest i bänkskala först görs för att bedöma huruvida metoden kan uppnå åtgärdsmålen, hur lång behandlingstid som krävs samt hur metoden kan optimeras.

Vid kemisk oxidation schaktas jorden upp och behandlas i en reaktortank eller ett inneslutet område med oxidationsmedel föra att genom oxidation bryta ner organiska föroreningsämnen. Den behandlade jorden återförs sedan till området. Oxidationsmedlet kan även tillsättas i injektionsbrunnar vid behandling av grundvatten. Åtgärdstesterna visade att metoden kan användas för att minska lakningen av ett flertal ämnen, en minskning av halterna i jorden kunde också ses även om den inte var lika påtaglig som för lakvattnet. Inför åtgärd behöver flera

PM

faktorer analyseras såsom föroreningshalter, lakhalter, och TOC för att bedöma vilken dos oxidationsmedel som krävs. Lämpligheten av åtgärden behöver även bedömas utifrån huruvida de organiska ämnena är oxiderbara samt om det finns redoxkänsliga ämnen som ökar i lakning av behandlingen. Halterna av organiska ämnen som inte oxideras samt metallföroreningar i jord minskar inte med denna behandlingsmetod.

6.2 Jämförelse av behandlingsmetoder

Vid jämförelse av de olika åtgärderna kan man se att torr- och våtskiktning kräver behandling eller deponering av det urskilda material (samt processvatten för våtskiktning). Bortsett från detta är metoderna förhållandevis billiga med en etableringskostnad på 50 000 - 150 000 kr och en behandlingskostnad på 70 - 150 kr per ton för torrskiktning. För våtskiktningen bedöms etableringskostnaden till 200 000 - 300 000 kr och en behandlingskostnad på 200 - 300 kr per ton. Behandlings/deponeringskostnaden för restmaterialet uppskattas till ca 900 kr per ton vilket gör att kostnaden beror på hur stor andel jord som måste omhändertas. Varken våt- eller torrskiktning är en destruktionsmetod för tennorganiska föreningar men kan behandla metallföroreningar. Torrskiktning lämpar sig på lågt till måttligt förorenade områden, alternativt kraftigt förorenade områden med större andel grovmaterial. Fler finpartiklar kunde avlägsnas vid våtskiktning jämfört med torrskiktning vilket möjliggör återanvändning av mer material på plats.

Stabilisering har en etableringskostnad på mellan 50 000 - 150 000 och en behandlingskostnad på 470 kr per ton. Stabilisering minskar lakhalterna men minskar inte halterna i jorden varpå hårdgörning eller andra åtgärder krävs för att hindra partikelbunden spridning. Åtgärden är ingen destruktionsmetod för tennorganiska föreningar men kan behandla metallföroreningar. Metoden var den som i högst grad minskade lakningen av metaller och tennorganiska ämnen men då föroreningarna finns kvar i jorden behöver metoden kompletteras med ett rent ovanlager av grus, alternativt hårdgörning av ytan för att förhindra partikelbunden spridning.

Solidifiering har en etableringskostnad på 100 000 - 150 000 kr och en behandlingskostnad på 750 - 1000 kr per ton. Metoden minimerar partikelbunden spridning och minskar lakningen. Metoden visade goda resultat för minskad spridning genom lakning. Lakningen beror på hur stor del av plattan som är i kontakt med vatten varpå lösningen rekommenderas kombineras med ett asfaltslager samt dagvattensystem. Åtgärden är ingen destruktionsmetod för tennorganiska föreningar men kan behandla metallföroreningar.

Termisk behandling har en etableringskostnad på 500 000 - 2 000 000 kr och en behandlingskostnad på 12 000 kr per ton vilket gör den till den i särklass dyraste behandlingsmetoden. Metoden kan användas som destruktionsmetod för tennorganiska föreningar men behandlar inte metallföroreningar. Metoden gav en god haltminskning av bland annat tennorganiska föreningar men ökade lakningen av andra ämnen vilket gör att man måste bedöma lämpligheten från fall till fall.

Biologisk nedbrytning har en etableringskostnad på 50 000 - 150 000 kr och en behandlingskostnad på 200 kr per ton vilket gör det till ett av de billigare alternativen. Metoden bedömdes inte kunna minska halterna organiska föreningar under behandlingstiden och metoden kan inte heller behandla metallföroreningar.

PM

Kemisk oxidation har en etableringskostnad på 100 000 - 300 000 kr och en behandlingskostnad på 400 kr per ton. Metoden kan inte användas för att behandla metaller men är en destruktionsmetod för tennorganiska föreningar. Metoden gav jämförbara resultat mot den termiska behandlingen på så sätt att halterna av vissa ämnen minskade i jorden medan lakningen påverkades negativt för andra ämnen.

6.3 Alternativa metoder

Undersökningen visade att lakhalterna var lägre än förväntat på flera av undersökningsplatserna, framför allt avseende tennorganiska föreningar. Om lakning inte bedöms vara ett problem för platsen kan åtgärder vidtas enbart för att förhindra den partikelbundna spridningen. Detta kan bland annat göras genom att ytan hårdgörs genom asfaltering. Om ytan hårdgörs krävs anläggande av ett dagvattenssystem som tar hand om regnvatten, eventuella spill och uppnår tillräckligt god rening av dagvattnet. För att undvika anläggning av ett dagvattenssystem på platsen är ett alternativ att lägga ett nytt lager grus på platsen som avskiljs med markduk från underliggande förorenat lager. Denna åtgärd förhindrar inte heller att andra åtgärder utförs i framtiden.

PM

7 Slutsats och rekommendationer

Området bedöms inte vara utsatt för översvämning till följd av regn då det lutar mot kusten och har få lågpunkter. Området ligger låglänt och riskerar därmed att utsättas för kustöversvämning. Utredningen visar att större delen av fastigheten ligger under vatten vid ett vattenstånd på 3 meter över referensnivån varpå framtida varvsverksamhet på platsen kan vara hotad. Beräkningarna av föroreningshalterna i dagvattnet visade att fyra av tolv riktvärden för dagvatten överskreds marginellt. Då ingen förändring av markanvändning planeras på platsen förväntas föroreningshalterna inte öka och planens genomförande hindrar således inte uppfyllandet av recipientens miljökvalitetsnormer.

Den miljötekniska markundersökningen visade att flera jordprover hade föroreningar som översteg riktvärdet för MKM. De påvisade ämnena binder starkt till partiklar och organiskt material varpå den huvudsakliga föroreningsspridningen bör utgöras av partikelbunden spridning. Till följd av klimatförändringar kommer planområdet i framtiden sannolikt drabbas av fler och kraftigare kustöversvämningar samtidigt som kraftiga regn förväntas bli fler. Båda dessa faktorer kan öka den partikelbundna föroreningsspridningen genom erosion. Översvämningar påverkar även lakningen då denna är vattendriven. En ökad föroreningsspridning riskerar att förhindra måluppfyllandet av recipientens miljökvalitetsnormer.

Naturvårdsverkets riktvärden är inte juridiskt bindande varpå en riskbedömning behöver göras från fall till fall om huruvida halterna är acceptabla för det enskilda fallet. Då den största risken för föroreningsspridning tycks vara partikelbunden behöver antingen erosionen minskas eller marken saneras för att minska spridningen. Området kan schaktsaneras och fyllas med jungfruliga material eller befintliga massor som renats in situ eller ex situ. Ett alternativ är att anlägga ett nytt lager markgrus på platsen som avskiljs från de förorenade jordmassorna med en markduk. Denna rekommendation förutsätter att det inte finns problem med lakning av föroreningar på platsen varpå laktester bör genomföras. Finns det risk för lakning kan stabilisering med adsorptionsmedel i kombination med nytt gruslager vara ett alternativ.

För att bestämma vilken åtgärd som är mest lämplig för platsen måste en riskbedömning och platspecifika riktvärden tas fram för att identifiera vilka föroreningshalter som anses oacceptabla. Vidare behöver det säkerställas att verksamhetsutövaren har rutiner på plats så att inte föroreningen fortgår.