

Bilaga 12

PM Hydrogeologi

Ansökan om tillstånd m.m. enligt miljöbalken – Norrbyskär, Umeå kommun

Uppdragsnummer 1320015553

Umeå kommun

Norrbyuskär – hydrogeologisk och hydrologisk utredning

Köpenhamn/Kiruna/Umeå

Norrbyuskär – hydrogeologisk och hydrologisk utredning

Datum	2018-12-12, rev 2019-03-26
Uppdragsnummer	1320015553
Utgåva/Status	Slutversion

Uppdragsledare: Peter Ögren/Pia Törrö
Handläggare: Kinza Haider/Lars Møller Markussen/Jesper Aarosiin Hansen
Granskare: Lars Møller Markussen/Jesper Aarosiin Hansen/Peter Ögren

Ramböll Sverige AB
Box 17009, Krukmakargatan 21
104 62 Stockholm

Telefon 010-615 60 00

Organisationsnummer 556133-0506

Innehållsförteckning

1.	Inledning	1
2.	Jord- och grundvattenförhållanden	2
2.1	Topografi	2
2.2	Markförhållanden	2
2.3	Nederbördsförhållanden	3
2.4	Grundvattenförhållanden.....	4
2.5	Lokalisering av avhjälpandeåtgärder	4
2.5.1	Sågverksområdet	4
2.5.2	Långgrundets brädgård	5
2.5.3	Galvanisering.....	6
2.5.4	Pråmvarvet	6
2.5.5	Stuguskärs brädgård	7
3.	Påverkan på grundvattenförhållanden	8
3.1	Grundvattensänkning i samband med avhjälpandeåtgärder	8
3.1.1	Grundvattenförhållanden och schaktning	8
3.1.2	Grundvattensänkning i samband med schaktning	8
3.1.3	Hantering av länsvatten och myndighetskontroll	10
3.1.4	Påverkan på omgivningen	10
3.2	Permanent påverkan av de hydrologiska förhållandena från erosionsskyddet vid Långgrundets brädgård	10
3.3	Påverkan av avvattning från mellanlager av morän	12
3.4	Dricksvattenbrunnar	13
4.	Påverkan på marina förhållanden	14
4.1	Strömförhållanden.....	14
4.1.1	Generellt.....	14
4.1.2	Strömscenarier	16
4.1.3	Hydraulisk modell.....	16
4.1.4	Modellresultat	18
4.1.5	Påverkan på skeppsvrak	20
4.2	Bedömning av sedimentutsläpp.....	22
4.2.1	Gränser för suspenderat sediment.....	22
4.2.2	Bedömning av koncentrationer.....	22
4.3	Skyddsåtgärder.....	25
5.	Referenser	25

Norrbyuskär - hydrogeologisk och hydrologisk utredning

1. Inledning

Norrbyuskär ligger ca 4 mil söder om Umeå. Öarna i ögruppen hänger idag delvis samman som en följd av landhöjning och utfyllnad under sågverkstiden. Norrbyuskär har en samlad areal omfattande ca 250 000 – 300 000 m².

Norrbyuskär är nu en turist- och sommardestination där det bl.a. finns fritidshus som ägs av privatpersoner. Området utgör ett riksintresse för kulturmiljö.

En avhjälpandeåtgärd beträffande konstaterad föroreningssituation planeras. Åtgärderna består av att inom vissa områden gräva upp förorenad jord och återfylla schakt med rena massor. Inom andra områden består åtgärderna av övertäckning av förorenad jord med rena massor kompletterat med anläggande av erosionskydd och strandskoning. Avhjälpandet ska reducera risken för negativa effekter för människor och miljön på både kort och lång sikt.

I denna utredning utreds de hydrogeologiska och hydrologiska förutsättningar som är av betydelse för avhjälpandeåtgärdernas genomförande. Utredningen ska utgöra underlag till den miljökonsekvensbeskrivning som ska sammanställas och lämnas in till Mark- och miljödomstolen tillsammans med övriga handlingar.

Frågor som har studerats inom föreliggande utredning är:

- Hydrogeologi
 - Påverkan av grundvattensänkning i samband med schakt.
 - Permanent påverkan av grundvattennivåer i samband med anläggande av ett ca 1 000 m långt erosionskydd längs Långgrundets västra strand samt en ca 390 m lång strandskoning vid Sågverksområdet.
 - Hydrologiska effekter i samband med avvattning av moränmassor från lokal moräntäkt.
 - Påverkan på grundvattennivåer och eventuellt sinande brunnar.
- Marina förhållanden
 - Utredning kring grumling från anläggningsarbeten samt behov av försiktighetsåtgärder.
 - Påverkan av strömförhållanden i samband med uttag av moränmassor i täkt mellan Långgrundet och Blågrundet.
 - Eventuell påverkan på skeppsvrak/pråmröster mellan Långgrundet och Blågrundet.

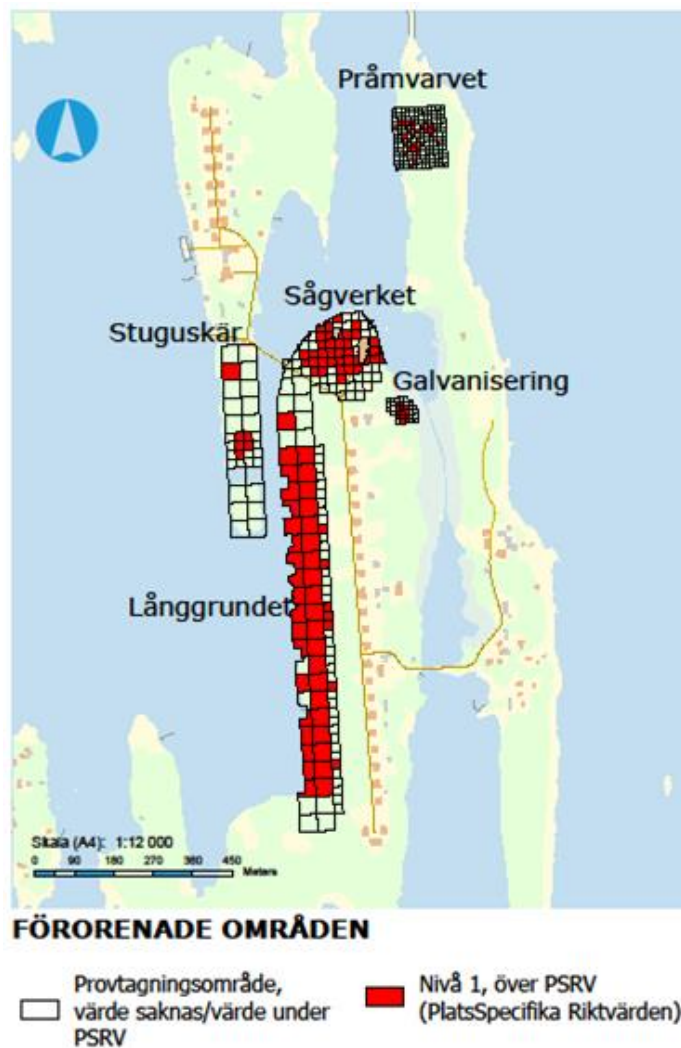
2. Jord- och grundvattenförhållanden

2.1 Topografi

Norrbykärs högsta terrängpunkt ligger ca 12 m över havet (RH 2000) i den nordliga delen av ögruppen. På Långgrundet ligger den NS-gående höjdryggen i de centrala delarna över nivån +5 m.

2.2 Markförhållanden

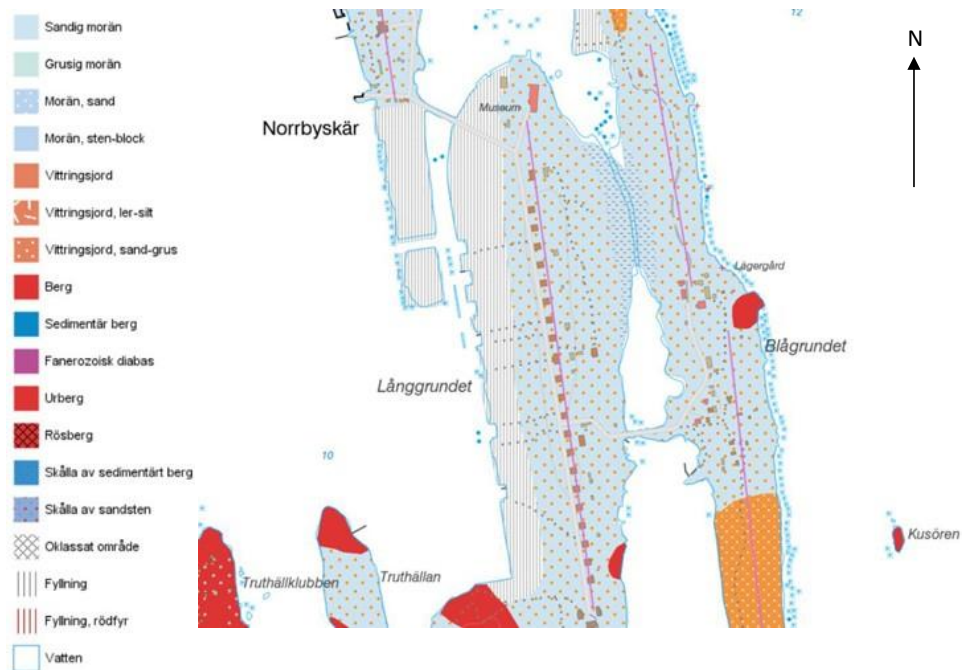
I figur 1 illustreras de förorenade områden där kompletterande provtagningar utförts och geologin har beskrivits för de översta 3 metrarna (Sweco /6/).



Figur 1. Illustration av de selektiva enhetsvolymerna (SEV) som provtagits för att fastställa föroreningsituationen. Röda rutor illustrerar SEV i behov av avhjälpandeåtgärder.

De övergripande geologiska förhållandena framgår också av det underlag som finns att tillgå från SGU (SGU, 2018) vilket illustreras i figur 2. Jordlagren består

till övervägande del av morän och det finns partier med berg i dagen. De utförda geotekniska undersökningarna (Ramboll, 2017) påvisar en utfyllnad av trärester och sågspån inom b.l.a. Sågverksområdet och längs Långgrundets västra strand som i vissa fall uppgår till en meters djup.



Figur 2. Jordartskarta (SGU, 2018).

2.3 Nederbördsförhållanden

I enlighet med SMHI:s databas ligger Norrbyskär i ett område där årsmedelnederbörden varierat mellan 500–600 mm (medelvärde för perioden 1961–1990), se figur 3.

Notera att medelnederbörden varierar mycket från år till år. Genomsnittligt regnar det mest på sommaren och minst på våren.



Figur 3. Årsmedelnederbörd i Sverige (SMHI:s databas).

2.4 Grundvattenförhållanden

Den delen av nederbörden som faller över Norrbyskär och inte avgår till havet genom ytavrinning eller avdunstar, infiltrerar ner i jorden och bildar ett övre fritt grundvattenmagasin.

Grundvattennivån är ytlig i de låglänta områdena närmast havet där också genomsläppligheten är stor. Grundvattennivån är djupare under marknivån i de mer höglänta och centrala delarna.

Tabell 1 illustrerar en bedömning av grundvattnets genomströmning för de fem aktuella områden där avhjälpandeåtgärder planeras. Vattenföringen har beräknats med hjälp av årsmedelnederbörd, area samt infiltrationskoefficient (Tyréns, 2014). Infiltrationskoefficienten är baserad på standardvärden hämtade från Vägverket (Vägverket, 1990). Den årliga nederbörden har ansatts till 566 mm/år, av vilket 400 mm/år bedömts avgå via avdunstning och växtupptag. Detta ger ett nettotillskott som motsvarar 166 mm/år (Tyréns, 2014).

Tabell 1. Genomströmning (Q) av grundvatten i avhjälpandeområdena beräknat med ledning av nettonederbörd (N), area (A) och infiltrationskoefficient (K) (Tyréns, 2014).

Område	Beräknat område, A, som bidrar till infiltrering (m ²)	Infiltrationskoefficient, K, (-)	Genomströmning, Q*, (m ³ /år)
Sågverket	18 400	0,20	2 500
Långgrundets Brädgård	132 000	0,10	19 700
Galvanisering	3 900	0,15	550
Prämvarvet	13 700	0,10	2 100
Stuguskär Brädgård	4 300	0,10	650

$$*Q = A \times (1 - K) \times N$$

2.5 Lokalisering av avhjälpandeåtgärder

2.5.1 Sågverksområdet

Sågverksområdet omfattar en areal av ca 30 000 m² där föroreningar förekommer i huvudsak i den översta metern under markytan, men inom vissa undersökta SEV:ar har föroreningar över åtgärdsområde påträffats ända ned till ca 5 m djup under markytan. Inom området varierar innehållet i de ytligaste jordlagren och består av bl.a. stora stenar, metallskrot, mursten och trärester. Fyllnadsmaterialet överlagrar morän, se figur 4. Högsta punkt ovan havet i området ligger på +5 m.



Figur 4. Representativa provgropar från Sågverksområdet (till vänster) respektive Långgrundet (till höger).

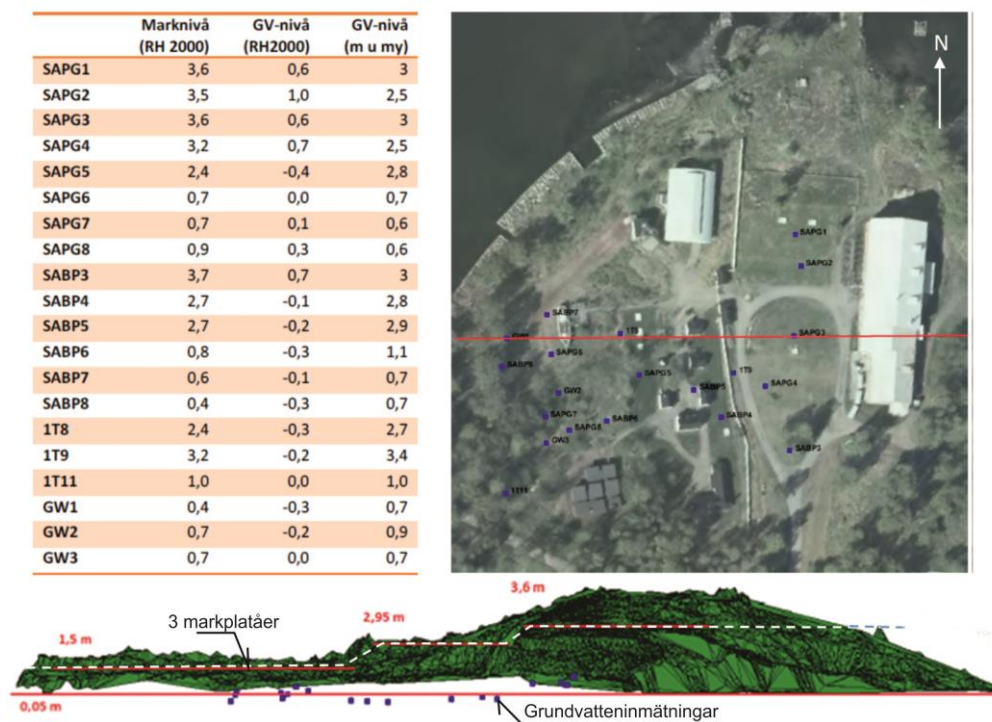
I figur 5 illustreras inmätta grundvattennivåer från juni 2015 i det fria grundvattenmagasinet vid Sågverksområdet. I de högst liggande delarna ligger grundvattennivån på +2,5 m till +3 m. Intill museibygnaden ligger grundvattennivån på +0,6 m till +1,0 m, vilket motsvarar en grundvattenyta på 2 till 2,5 m under markytan. I området väster om museibygnaden fram till havet ligger den lodade grundvattennivån i nivå med havet, vilket betyder att jordlagren i detta område har en förhållandevis hög vattenföringsförmåga.

Mot öst - vid museibygnaden - ligger berget högt i terrängen och bedöms vara en hydrologisk barriär som grundvattnet strömmar längs med/bort från. Det antas således att grundvattnet har en strömningsriktning mot nord och mot väst inom Sågverksområdet.

2.5.2 Långgrundets brädgård

Långgrundets brädgård är ett stort område på ca 75 000 m². Långgrundets västra strand är ca 850 m lång och 90 m bred. Föroreningar förekommer inom ett utbrett område och dessa är koncentrerade till de översta ytliga jordlagren (ca 0,5 m under markytan). De översta 0,3 till 2,3 m av marken består huvudsakligen av trä och sågspån, se figur 4. Trä/sågspånsresterna underlagras av grusig, siltig och sandig morän. Den största mäktigheten av trä- och sågspånsfyllning på mellan 1 till 2 m, bedöms vara begränsad till området ca 10 till 15 m från strandlinjen. Terrängen är relativt låg, ca 0,5 till 1,5 m över havet.

Grundvattenytan har påträffats mellan 0,7 - 1,3 m under markytan, och dess strömningsriktning är mot väst, dvs. ut mot havet.



Figur 5. Terräng- och grundvattennivåer uppmätta i grundvattenrör (blå punkter). Nederst illustreras ett längdsnitt, där grundvattentytan markeras med en röd linje. Grundvattennivåerna har lodats under juni 2015. Höjden på ytan har överdrivits med en faktor 5.

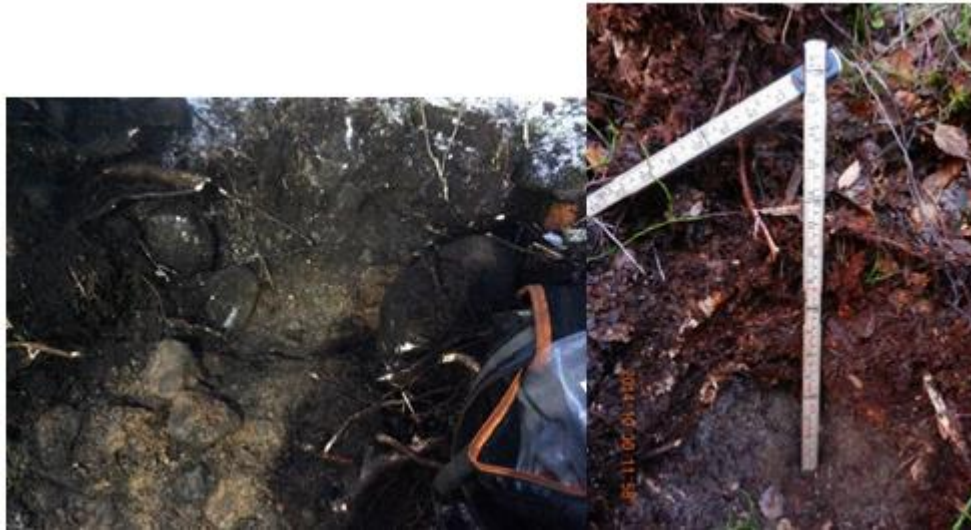
2.5.3 Galvanisering

Galvaniseringen utgör ett område på ca 3 000 m² där de översta 0,3 m bedöms vara förorenade. Byggnaden där galvaniseringen bedrevs revs år 1980. Terrängen ligger mellan +1 till +3 m över havet. Fyllningen består av mull med inslag av stenigt grus som överlagrar naturlig mark, se figur 6.

2.5.4 Pråmvarvet

Det område som bedöms vara förorenat av de aktiviteter som förekommit vid Pråmvarvet täcker en yta som motsvarar ca 7 000 m². Föroreningarna är koncentrerade till det översta jordlagret (ned till ca 0,5 m under markytan). Det ytligaste jordlagret (5 - 30 cm) består av trärester och mull. Trärester har även påträffats vid 1,1 m djup inom vissa provgropar, se figur 6. I fyllningen fanns även järnskrot i form av stänger och spikar samt rester av tegel, pappersrester och kol. Mullens mäktighet är generellt omkring 5 cm, men varierar mellan 0 och 20 cm. Under träresterna påträffas ett lager av grov- till finsand.

I de nordliga delarna av strandområdet vid Pråmvarvet finns under mullen ett lager av sand som underlagras av trärester.



Figur 6. Provgropar vid Galvaniseringen (till vänster) och Pråmvarvet (till höger).

Grundvattennivåerna var vid undersökningstillfället relativt ytliga och uppmättes till mellan 0,1 - 0,6 m under markytan. Grundvatten påträffas huvudsakligen i sand i den sydligaste delen av området från stranden och omkring 70 m in mot de centrala delarna.

Terrängen stiger från stranden upp till ca +5 m i den östliga delen av området.

2.5.5 Stuguskärs brädgård

Områdena på Stuguskär som ska avhjälpas har en sammanlagd yta av ca 1 800 m² där de översta 0,5 m bedöms vara förorenade. Inom Stuguskärs brädgård påträffas mull och trärester från markytan ned till ca 0,5 m djup. Fyllningen underlagras av sandig morän på ett djup av ca 0,5 – 1 m under markytan, se figur 7. Området är låglänt och grundvattennivåerna är i nivå med havsnivån. Nivåerna är inmätta till ca 0,5 m under markytan i områdena närmast havet och till ca 1 m under markytan i de centrala delarna av området.



Figur 7. Provgrop vid Stuguskärs brädgård.

3. Påverkan på grundvattenförhållanden

3.1 Grundvattensänkning i samband med avhjälpandeåtgärder

3.1.1 Grundvattenförhållanden och schaktning

Uppgifter om schaktning är baserat på PM – Information om miljökontroll (Envix, 2016). Djupet på schaktningen är baserat på föroreningsklassificeringen utförd på jordprover inom Sågverksområdet, Galvaniseringen, Prämvarvet och Stuguskärs brädgård.

I tabell 2 redovisas schaktdjup, den förväntade tidsperioden för respektive saneringsaktivitet och den förväntade nivån på grundvattenytan under åtgärden. Notera att grundvattnet antas vara fruset vid kustlinjen under senhöst och vintersäsong.

Tabell 2. Schaktplan samt förväntade grundvattennivåer i det fria grundvattenmagasinet.

Område	Schaktdjup (m.u.my)	Tidsperiod 2018/2019	Förväntad grundvattenytan i det fria magasinet (m.u.my)	Kommentar
Sågverksområdet	0,5 - 5	Oktober 2018 - april 2019	0,25 - 3,5	Schaktdjupet hämtat från (Ramboll, 2017) Fruset grundvatten under okt-mars pga. låga temperaturer
Galvanisering	0,5	November 2018 - december 2018	0,25 - 1,5	Fruset grundvatten p.g.a. låg temperatur
Prämvarvet	0,5	November 2018 - december 2018	0,25 - 0,5	Fruset grundvatten pga. låga temperaturer
Stuguskär	0,5	Mars 2019 - april 2019	0,25 - 1,5	

3.1.2 Grundvattensänkning i samband med schaktning

Vid sanering på Stuguskärs brädgårdsområde kommer sannolikt havsvatten att strömma in i schaktgropen i omfattning baserat på rådande havsnivå. Omgivande jord- och fyllningsmaterial bedöms vara så genomsläppligt (K bedömt till 10^{-3} m/s på Långgrundet) att schakten inte kommer att vara möjlig att hålla torr med hjälp av läns-pumpning. Schakt och återfyllning av planerade områden föreslås utföras med fritt vatten i schakten.

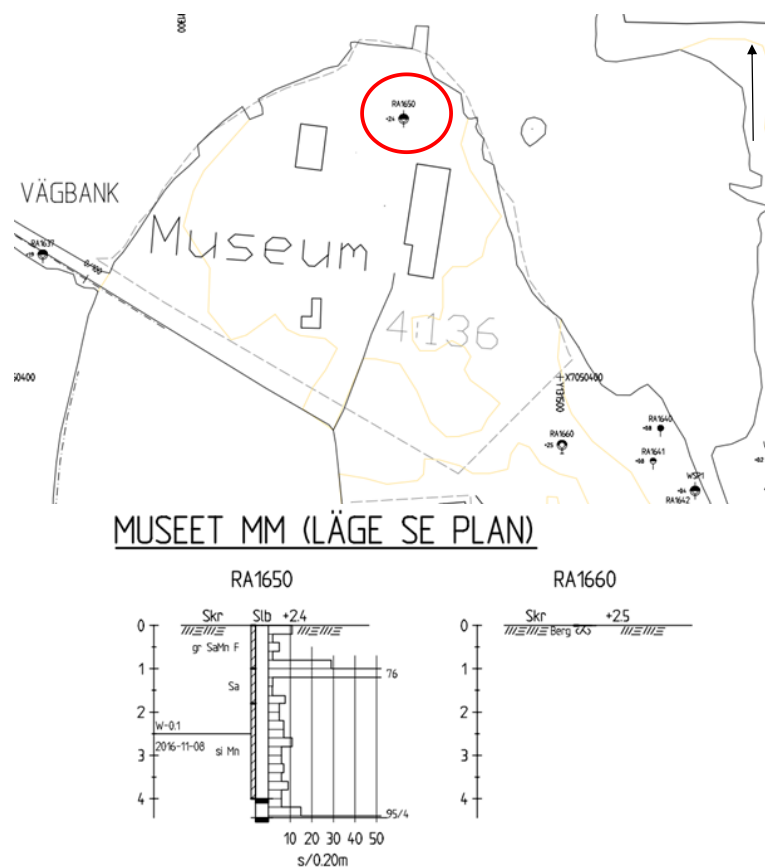
Vid Sågverksområdet bedöms det finnas ett behov av schaktarbeten under torra förhållanden för att möjliggöra säkra schaktningsarbeten. För områdena

Galvaniseringen och Pråmvarvet bedöms inget behov av länshållning uppstå då schaktarbeten planeras utföras under frusna förhållanden.

Schaktningen sker under vintern, jfr tabell 2, då den övre delen av jorden förväntas vara frusen och nederbörd faller ned som snö, vilket i sig minimerar behov av bortledning av schaktvatten.

Inga hydrauliska tester av vattentillströmning vid Sågverksområdet har utförts. Det bedöms dock att vattenmängden knappast kommer att vara större än omkring 1–5 m³/timme beroende på var schakten utförs och hur inströmning av havsvatten vid schakt närmast havet kan förhindras. Bedömningen baseras på det geografiska underlag som finns tillgängligt erhållet vid jordprovtagning samt borrprofil från punkt RA1650 som är lokaliserad i den norra delen av Sågverksområdet, se figur 8.

I inledningen av schaktarbetena kommer vatten att strömma in i schakten, men i samband med att sanden, som har en direktkontakt med mull och fyllning, avlägsnas kommer inströmningen successivt att minska. För att hålla schakt torra bedöms att länspumpning på Sågverksområdet kommer att erfordras.



Figur 8. Borrprofil från punkt RA1650 belägen norr om Sågverket.

3.1.3 Hantering av länsvatten och myndighetskontroll

Analysresultat från grundvattenprover tagna i samband med de miljögeotekniska undersökningarna tyder på att det kan finnas en risk med föroreningsnivåer över acceptabla nivåer inom Sågverksområdet. Det förutsätts därmed att vattnet kommer att behöva genomgå rening via mobil reningsanläggning innan det kan avledas till recipient.

Arbeten som orsakar grundvattensänkning är tillståndspliktigt och ska utföras i enlighet med MB 11 kap.

Förorenat länsvatten omhändertas genom länshållning i schakt och pumpning till en filteranläggning. Vattnet passerar först en container/sedimentations- och utjämningsbassäng och sedan själva filterdelen innan det leds vidare. Filterdelen utgörs normalt av både ett partikelfilter (t.ex. ett sandfilter) och ett filter där lösta föroreningar avskiljs, vanligtvis används ett kolfilter för dioxinföroreningar. Det reade vattnet samlas i en lagringstank för slutkontroll av vattenkvaliteten innan utsläpp till recipient (Örefjärden, innanför etablerade siltskärmar) sker. Dessutom måste kontroll utföras för att fastställa om, och i så fall när, filtermaterialet behöver bytas.

Kontroll av vattenkvalitet ska ske enligt upprättat förslag till kontrollprogram vilket kommer att bifogas ansökan. Kontrollprogrammet fastställs slutligt med parametrar, riktvärden och provtagningsfrekvens mm. i samråd med tillsynsmyndigheten, till vilken också löpande rapportering ska ske.

3.1.4 Påverkan på omgivningen

Då det övre grundvattenmagasinet är fritt bedöms att eventuella grundvattensänkningar kommer att vara lokala, dvs. som mest upp till 50 m från schaktningsområdet för alla berörda områden, och av kort varaktighet.

Detta bedöms inte leda till skador för omkringliggande omgivning.

3.2 Permanent påverkan av de hydrologiska förhållandena från erosionsskyddet vid Långgrundets brädgård

Den permanenta påverkan på de hydrologiska förhållandena till följd av anläggandet av erosionsskydd vid Långgrundets västra strand är svår att närmare kvantifiera med föreliggande dataunderlag. Det bedöms dock att en mätbar och bestående höjning av grundvattenytan kommer att etableras som en följd av åtgärderna, samt att en viss förskjutning av grundvattendelaren västerut kommer att ske.

Marken vid Långgrundets strandlinje utgörs i dagsläget av träfyllning. Planerade avhjälpandeåtgärder innebär bland annat att träfyllningen nära strandlinjen ersätts av morän vilken har en lägre vattengenomsläpplighet än träfyllet. Vidare medför påförandet av ett i genomsnitt 0,7 m, dock minst 0,5 m, tjockt skyddsskikt

av morän på Långgrundets brädgård en viss kompaktering av det underliggande lagret vilket i viss utsträckning kan påverka vattengenomsläppligheten i marken. Träfylllet bedöms, trots viss kompaktering, ha fortsatt långsiktigt god permeabilitet och dräneringsförmåga då det är grovt och "spretigt", se figur 4.

Sammantaget kommer åtgärderna att innebära en lägre vattengenomsläpplighet mellan havet och Långgrundets krön, i synnerhet i läget för erosions skyddet. Avhjälpandeåtgärderna medför därmed en viss begränsad barriäreffekt. Följden av detta är att grundvattennivån kommer att stiga något, vilket förmodas ge en viss permanent förskjutning av den NS-gående grundvattendelaren mot väster och att grundvatten i större utsträckning strömmar österut. Strömningen västerut bedöms minska i motsvarande utsträckning. Detta illustreras av strömningspilar i figur 9. Effekterna förväntas sammantaget dock bli begränsade, se figur 9.

En måttlig, men bestående, höjning av grundvattenytan och en bedömd ökad grundvattenströmning österut bedöms inte innebära risk för sättningar eller andra skador för vägar eller byggnader. Detta då topografi och höjdläge för befintliga anläggningar innebär ett betryggande avstånd till grundvattenytan. Risker med avseende på föroreningar kommer att beskrivas och utvärderas i MKB:n.

Nivåmätningar (före, under och efter projektiden) i ett par-tre grundvattenrör i anslutning till väg och fritidshus föreslås för att kunna följa nivåförändringar. Denna kontroll inarbetas i förslag till kontrollprogram som bifogas ansökan.



Figur 9. Grundvattendelare nu och efter erosions skydd vid Långgrundets brädgård. (Blått: nuvarande förhållanden, grönt: efter åtgärder.)

3.3 Påverkan av avvattning från mellanlager av morän

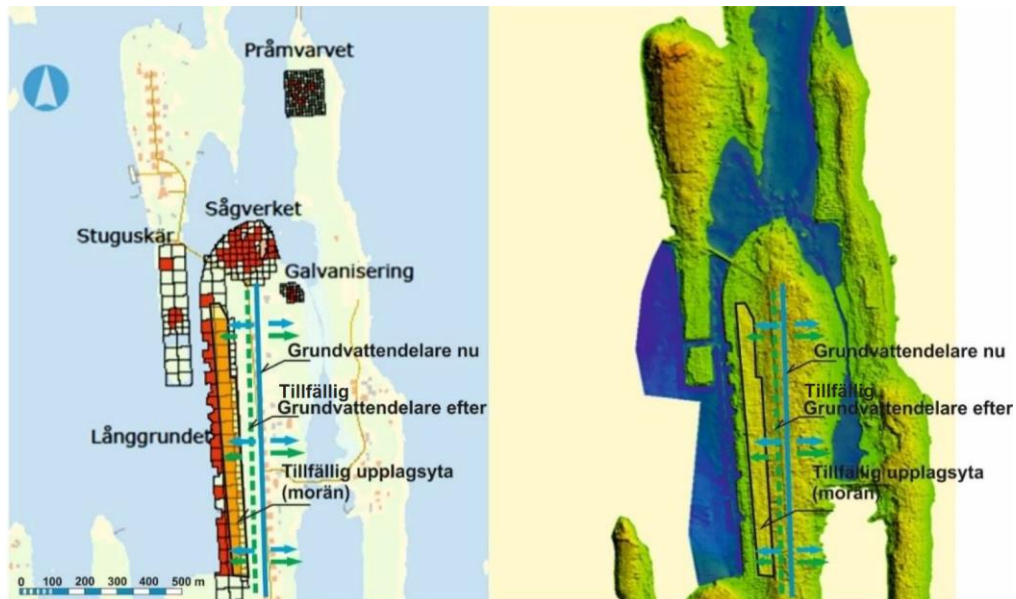
En tillfällig påverkan av grundvattenförhållanden till följd av mellanlagring och avvattning av morän på Långgrundet har bedömts. Påverkan bedöms bli lokal och temporär under den tid morän lagras och avvattnas.

Figur 10 visar platsen för det tillfälliga upplaget av morän, där ca 190 000 ton kommer att lagras och avvattnas inom ett ca 50 000 m² stort område. Massorna tas från lokal moräntäkt i området Strandängen, beläget mellan Långgrundet och Blågrundet. Förutsatt att 1 m³ morän väger 2 ton motsvarar det ungefär 100 000 m³ vattenhaltiga moränmassor. För att lagring av massorna ska vara möjlig kommer moränen att behöva lagras i en mäktighet motsvarande ca 2 m inom det aktuella området.

Moränmassorna förväntas främst bestå av siltig och sandig morän. Massorna beräknas vara 100% vattenmättade, vilket innebär att grundvattennivån sannolikt kommer att stiga inom ett område på nästan 50 000 m² eftersom moränmassorna har en hög genomsläpplighet och vattnet kan infiltrera tämligen fritt ner i de underliggande träfyllnadsmassorna under den period då massorna avvattnas. Ökningen kommer att ske under några veckor. Nivån förväntas därefter återgå till den ursprungliga (fram till dess erosionsskyddet har anlagts, se avsnitt 3.2). Även en temporär förskjutning av grundvattendelaren västerut kan förväntas, se figur 10. Efter avvattningsperioden förskjuts vattendelaren åter österut till ursprungligt läge.

Till följd av detta bedöms flödet mot havet öka under en kortare period, framförallt i östlig riktning, vilket illustrerats med flödespilar i figur 10.

Grundvattennivåer bör följas upp och kontrolleras via två st. provgropar i anslutning till moränupplaget. Om förhöjda nivåer riskerar att medföra problem eller orsaka negativa konsekvenser föreslås att pumpning sker från ett antal mindre pumpgropar/pumpbrunnar, där de två ursprungliga provgroparna också kan nyttjas, tillsammans med ytterligare ett par-tre anlagda pumpgropar. Vattnet leds västerut, över vattendelaren och får infiltrera för att sedan avrinna "naturligt" mot Örefjärden. Risker för negativ påverkan kommer att beskrivas närmare i MKB:n. Förslag på uppföljning, kontroll och vilka skyddsåtgärder som vid behov kan vidtas beskrivs i det förslag till kontrollprogram som kommer att bifogas ansökan.



Figur 10. Grundvattenförhållanden till följd av mellanlagring och avvattning av morän. (Blått: nuvarande förhållanden, grönt: efter åtgärder.)

Någon påtaglig, tillkommande risk för föroreningsspridning bedöms inte bli aktuell pga. förändrade grundvattenförhållanden. I MKB:n kommer dessa risker att närmare beskrivas och utvärderas. Kontroll- och skyddsåtgärder kommer att föreslås så att god beredskap finns så att anpassningar snabbt kan ske till de faktiska förhållanden som uppstår.

3.4 Dricksvattenbrunnar

Enligt SGU:s brunnarkiv finns åtta brunnar på Långgrundet som är installerade mellan åren 1915–1947 (SGU, 2019). En av brunnarna ligger vid hus 10, denna brunn används inte för uttag av dricksvatten utan endast för bevattning mm., se figur 11. Placeringen av resterande brunnar är okända, men enligt uppgifter är ingen av dessa i drift i dag. Uppgifter om brunnarna anges i tabell 5. Enligt huvudstudien (Tyréns 2014) finns också en grävd brunn vid hus 4.

Avhjälpanåtgärderna bedöms inte påverka brunnarnas vattenkvalitet eller -kvantitet negativt eftersom de är borrhade till betydande djup i förhållande till det ytliga, fria grundvattenmagasinet. Möjligen kan den grävda brunnen (osäkert djup) få något större vattenmängder som en följd av dämningseffekten som uppstår av övertäckningen/kompakteringen respektive erosionskyddet.



Figur 11. Dricksvattenbrunn (lila) på Långgrundet (SGU, 2018).

Tabell 5. Uppgifter om befintliga brunnar på Långgrundet.

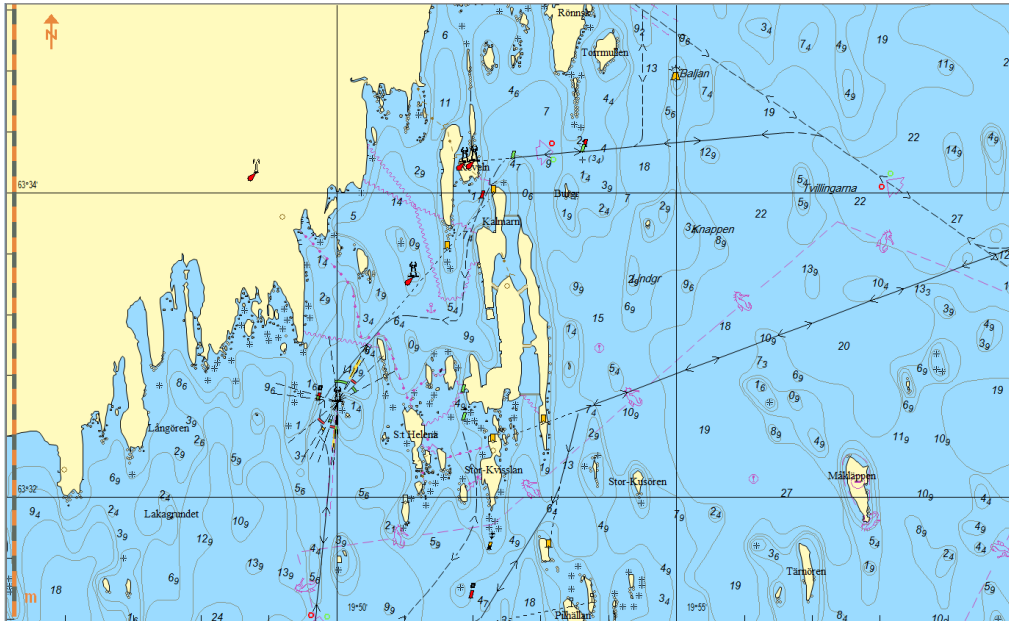
Brunn	Borrdatum	Totaldjup	Jorddjup
Brunn 1	1947	51,2 m	3,8 m
Brunn 2	1942	80 m	8 m
Brunn 3	1938	46,5 m	12,5 m
Brunn 4	1937	43,1 m	11 m
Brunn 5	1915	66,2 m	0 m
Brunn 6	1945	39,5 m	9,3 m
Brunn 7	1938	37,5 m	14,2 m
Brunn 8	1915	78,3 m	0 m

4. Påverkan på marina förhållanden

4.1 Strömförhållanden

4.1.1 Generellt

Norrby skär ligger i ett grunt skärgårdsområde i en mindre vik längs kusten. De generella vattendjupen inom området framgår av sjökortet i figur 12. Det finns inga vattendjup angivna i områdena mellan Stuguskär, Långgrundet och Stengrundet, men runt omkring de tre öarna är vattendjupet mellan 1 och 10 m.

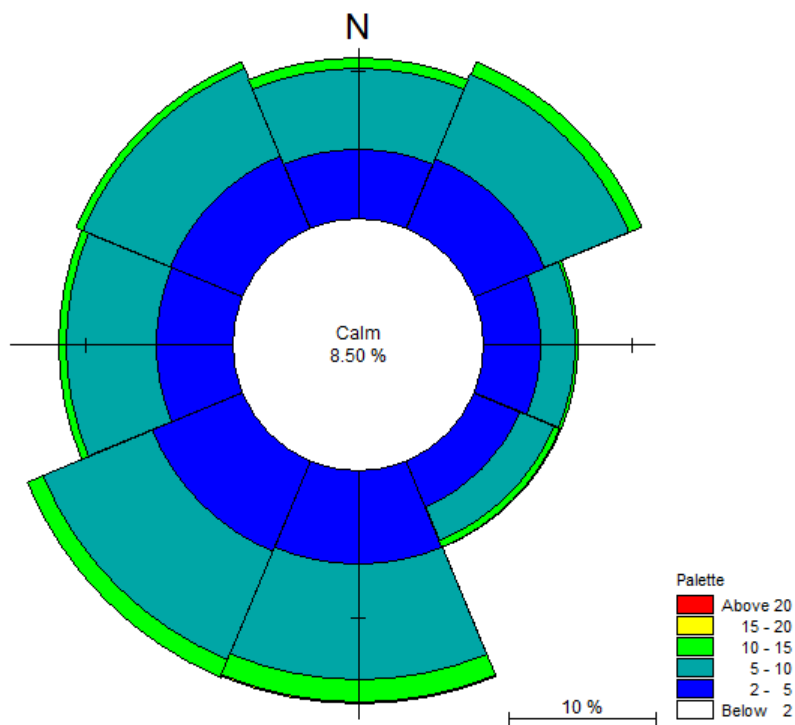


Figur 12. Sjökort taget från MIKE C-MAP.

Tidvattnet i den bottniska viken är mycket begränsat och i kustområdet kring Norrbygd bedöms strömförhållandena vara dominerade av lokalt vindgenererad ström. Generellt bedöms strömshastigheten i området vara låg, men vid enskilda situationer med hård vind, kan något högre strömshastigheter pådrivet av vinden förekomma.

I vattenområdena mellan Stuguskär, Långgrundet och Stengrundet kan höga strömshastigheter uppstå i samband med kraftig vind från nordlig eller sydlig riktning.

En vindros från området framgår av figur 13. Den visar att vinden i området inte domineras av vind från enbart en riktning, utan att vinden fördelar sig förhållandevis lika mellan olika väderstreck. Dock ska det noteras att vind från öst förekommer mer sällan än vind från andra väderstreck, och vind från syd lite oftare. Den samlade bedömningen är att nordliga och sydliga riktningar kan förekomma relativt ofta, och är därför möjliga scenarier som valts ut för undersökningar av strömförhållanden i området.



Figur 13. Vindros baserat på data från CFSR databasen, (Saha et al. 2010 och Saha et al. 2014).

4.1.2 Strömsscenarioer

För att kunna bedöma olika situationer med höga strömshastigheter har 4 olika scenarion skapats baserat på vindhastigheter och riktningar, se tabell 3.

Tabell 3. Strömningsscenarioer

Scenarier	Vindriktning	Vindhastighet
1	Nord	10 m/s
2	Nord	20 m/s
3	Syd	10 m/s
4	Syd	20 m/s

4.1.3 Hydraulisk modell

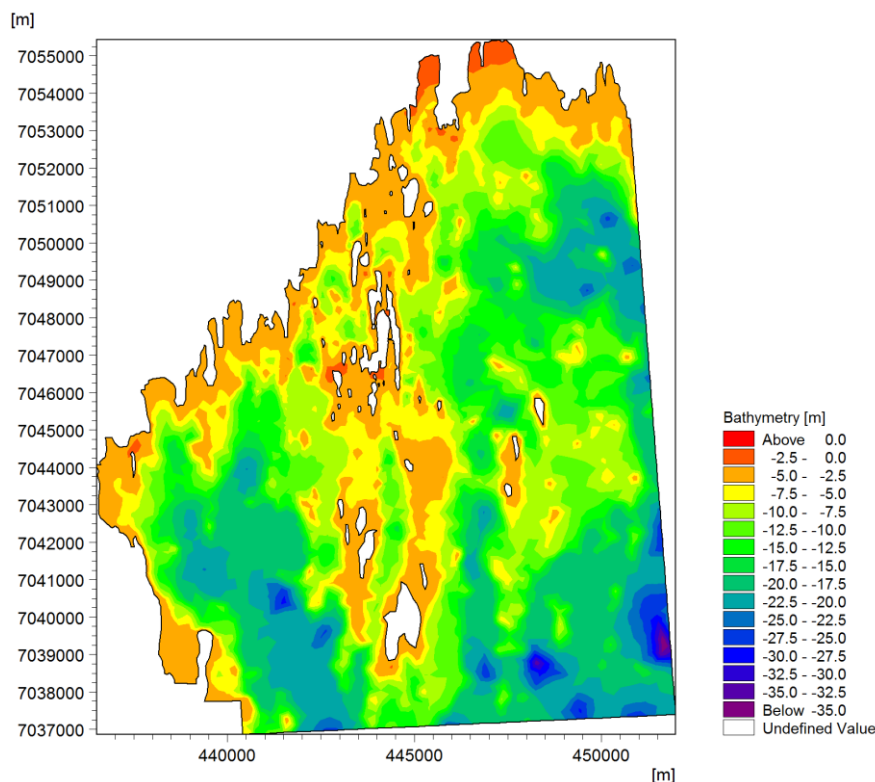
Förändringar av strömförhållanden som orsakas av urgrävningen av morän mellan Långgrundet och Blågrundet har undersökts via modellsimuleringar utförda med MIKE 21 Flow Model FM. MIKE 21 Flow Model FM är en modellsimuleringsprogramvara från DHI som används till modellering av ström och vattenstånd i hav, kustområden och flodmynningar (MIKE Powered by DHI, 2018).

Modelleringsdomänen redovisas i figur 14. Modellen är inställd på att kunna simulera vindgenererade strömningar lokalt omkring Norrbyskär. Det är land på båda sidor av modelleringsdomänen. Mot syd och öst angränsar modelleringsdomänen Bottenviken, där gränsvillkor utgörs av vattennivån i viken. Den sydliga gränsen är en öppen gräns för vattennivån, vilket betyder att vattenståndet är

fastlåst vid denna gräns, men att det kan strömma vatten in och ut från denna gräns. Den östliga gränsen är en låst gräns, där det bedöms strömma i de scenarier där det finns en riktning parallell med den östliga gränsen.

Där det inte föreligger några mätningar eller annat som kan användas till kalibrering av modellen, har modellens förinställda värden använts för simuleringarna. Det gäller primärt för parametern bottengrovheter som anges med ett så kallat Manningtal på $M=32$. Förinställt värde har också använts för vindfriktionen. Denna är beskriven med en linjär variation av som en funktion av vindhastigheten med min och max friktion på 0,001255 och 0,002425 för vindhastigheter mellan 7 m/s och 25 m/s.

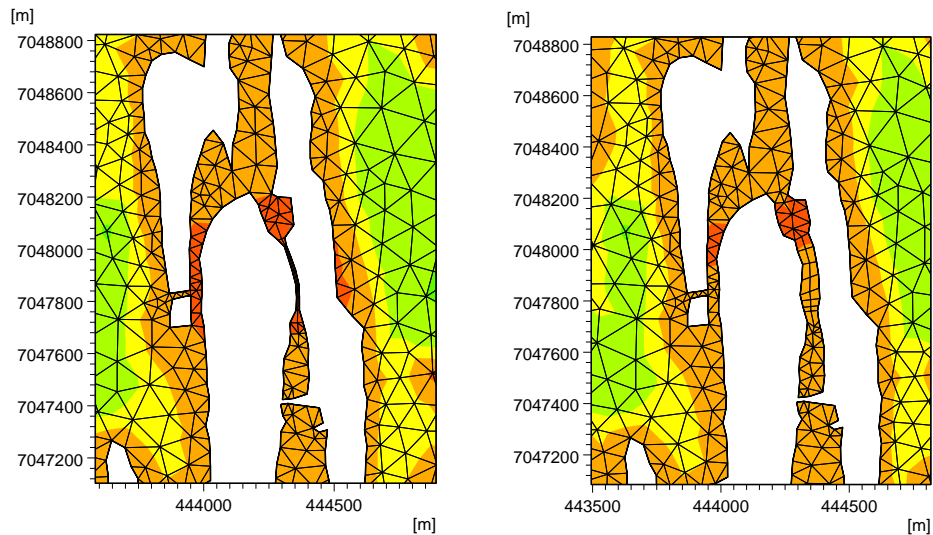
Modellsimuleringarna har genomförts som scenarier med konstant vind i hela modellområdet och konstant vattenspiegel vid den sydliga gränsen. Simuleringarna är körda ända tills det uppstått en jämvikt (steady-state), vilket sker inom ett dygn med konstant vind.



Figur 14. Modellområde och djupmätning.

Modellsimuleringarna har främst till uppgift att kunna jämföra innevarande förhållanden med en situation, där moränen mellan Långgrundet och Blågrundet är avlägsnad. I den slutliga situationen uppstår en bred kanal mellan öarna, som ger en anledning till ändrade strömförhållanden. Därför har två olika modell-

inställningar använts; en för nuvarande och en för framtida förhållanden, se figur 15.

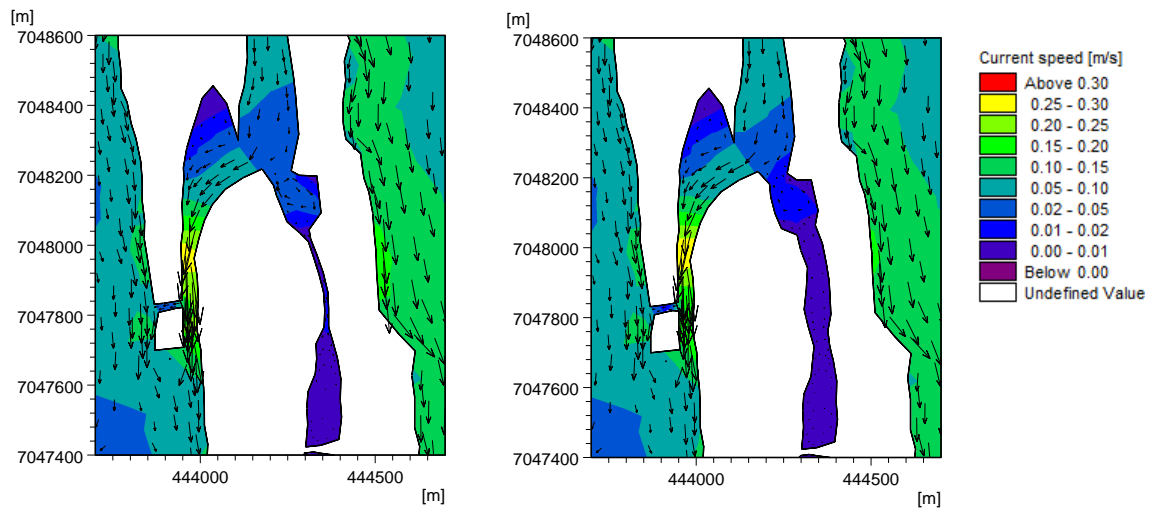


Figur 15. Modelluppsättningen för nuvarande förhållanden (vänstra figuren) och den för framtida förhållanden (högra figuren).

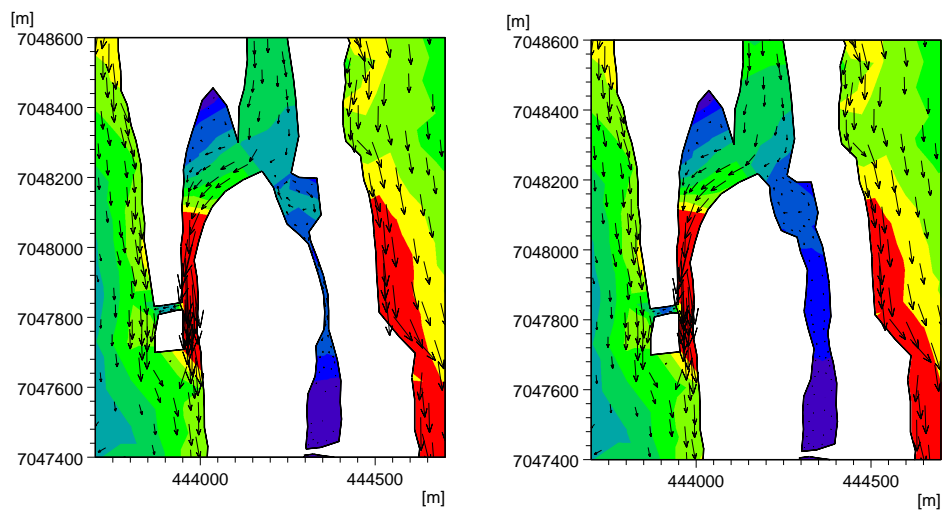
4.1.4 Modellresultat

Resultatet för de 4 modellerscenerierna visas nedan. Strömförhållandena vid nuvarande förhållanden och framtida förhållanden visas i figurer 16–19. Vid varje figur visas strömförhållandena som en konturkurva och som strömvektorer.

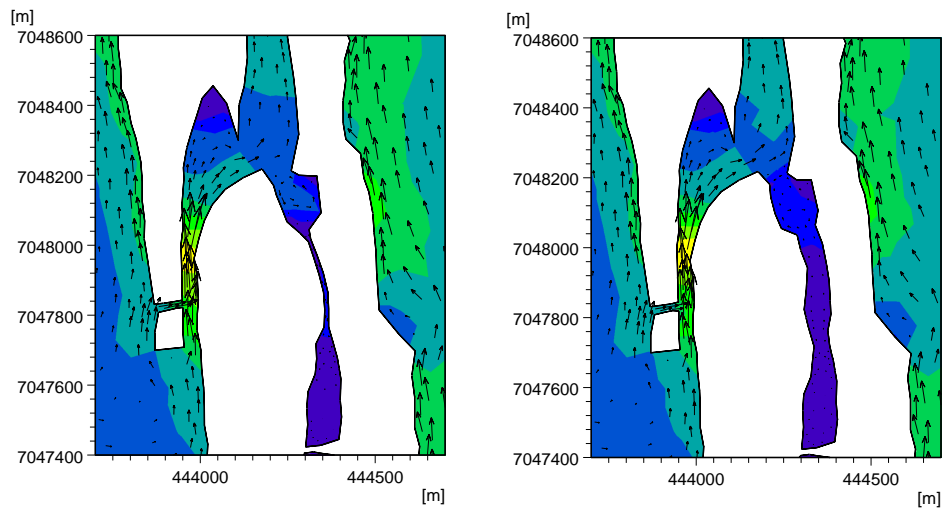
I varje scenario framgår det att strömhastigheterna mellan Långgrundet och Blågrundet inte ökar som en följd av moräntakten. I nuvarande situation går huvudparten av strömmen mellan Stuguskär och Långgrundet, medan det är mycket svaga strömmar mellan Långgrundet och Blågrundet. Om en bred kanal öppnas upp mellan öarna blir strömhastigheterna ännu mindre. Detta beror på att kanalen genom täktområdet i den nuvarande situationen skapar en skillnad i vattennivån mellan norr och söder och därför flödar vid svåra vindförhållanden. Denna effekt uppnås inte vid utbredning av tvärsnittsarean. Vid vindhastigheter på 20 m/s blir situationen samma som vid vindhastigheter på 10 m/s.



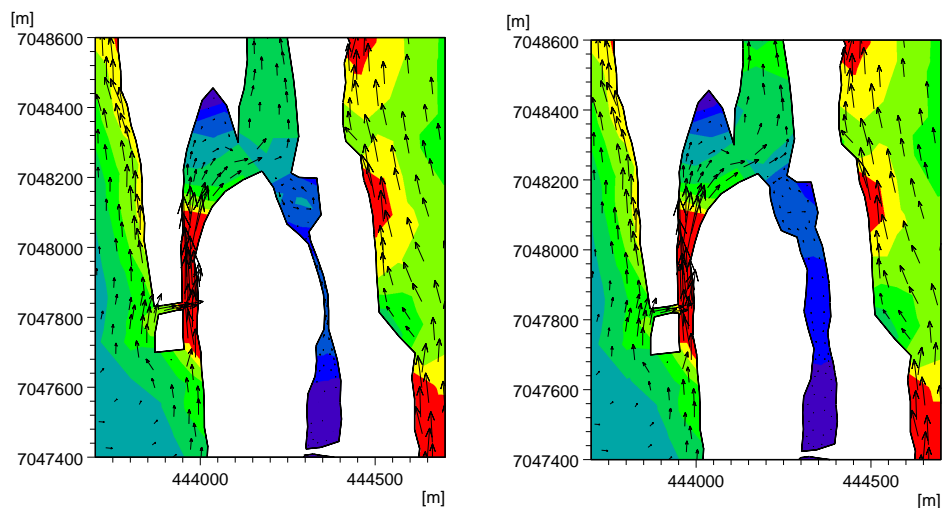
Figur 16. Modellerade strömförhållanden för scenarie 1: Vind från nord 10 m/s.



Figur 17. Modellerade strömförhållanden för scenarie 2: Vind från nord 20 m/s.



Figur 18. Modellerade strömförhållanden för scenarie 3: Vind från syd 10 m/s.



Figur 19. Modellerade strömförhållanden från scenarie 4: Vind från syd 20 m/s.

4.1.5 Påverkan på skeppsvrak

Omedelbart norr om öppningen mellan Långgrundet och Blågrundet ligger ett område med skeppsvrak, vilka är bevarandevärda med avseende på kulturmiljö. Projektets målsättning är att bevara skeppsvraken så opåverkade som möjligt och eventuellt kan anpassningar behöva ske så att påverkan minimeras.

För att kunna bedöma påverkan av förändrade strömmar som orsakas av moräntäkten, visas de modellerade strömhastigheterna i området med skeppsvrak för nuvarande och framtida förhållanden i tabell 4. Skeppsvrakens extraktionspunkt visas i figur 20.



Figur 20. Extraktionspunkt vid skeppsvrak.

Tabell 4. Strömningshastigheter vid skeppsvraken.

Scenarier	Strömningshastighet (m/s) Nuvarande förhållanden	Strömningshastighet (m/s) Framtida förhållanden
1	0,03	0,01
2	0,07	0,03
3	0,03	0,02
4	0,07	0,05

I tabell 4 visas att det kommer att ske en sänkning av strömningshastigheterna vid skeppsvraken i de modellerade strömningsscenarierna. De strömningshastigheter som uppnås är svaga, både under befintliga och i framtida förhållanden.

Det finns inga vägledningar eller generella erfarenheter för hur stora strömningshastigheter som kan förekomma utan att liknande skeppsvrak tar skada. I jämförelse har riktlinjer för strömningshastigheter för fritidsbåtar som ligger vid kaj i ett hav hittats. PIANC riktlinjer, (PIANIC, 2014) ger följande riktlinjer för högsta rekommenderade strömningshastigheter i havet för fritidsbåtar som ligger vid kaj:

- Längs kajen: 1,5 m/s
- Tvärs över kajen: 0,7 m/s

Riktlinjerna anger gränser för passagerarkomfort ombord.

Resultatet av modelleringen visar att strömhastigheterna vid skeppsvraken är mycket lägre än ovan angivna riktlinjer. Riktlinjerna är inte direkt jämförbara med vad som kan skada skeppsvraken i högre omfattning än nuvarande förhållanden, men de visar att förväntade strömhastigheter som täktverksamheten kan medföra normalt inte leder till fartysrörelse.

4.2 **Bedömning av sedimentutsläpp**

I samband med muddring/uppgrävning av områden nära eller i vatten kommer det ge upphov till en sedimenttransport som i sin tur ger upphov till ökad grumlighet och minskad ljusinstrålning i vattenområdet kring muddringsarbetet. Utsläppet kan bero dels på ett direkt utsläpp från en grävmaskin som drar det utgrävda sedimentet genom vattenområdet, och dels via spill från flak som det utgrävda sedimentet lastas på. Vid normalt muddringsarbete sker ett sedimentutsläpp på i storleksordningen 5% av det utgrävda materialet beroende på sedimentsammansättningen och flödes hastigheter mm. Det är främst de fina fraktionerna av sedimentet (silt och lera) som kan ge upphov till ett utsläpp som förs med strömmen, eftersom sand- och gruspartiklar är tunga och snabbt kommer att falla till botten utan att transporteras nämnvärt.

Vid Sågverksområdet, Galvaniseringen och Pråmvarvet kommer schaktning att utföras i vatten eller i strandområde. Vid Sågverksområdet har förorenade sediment konstaterats och därmed finns en risk för spridning av föroreningar i samband med schaktningsarbeten. Schakt och återfyllning kommer att ske skyndsamt för att reducera riskerna.

4.2.1 **Gränser för suspenderat sediment**

Vid bedömning av koncentrationer av suspenderat sediment tas hänsyn till när sedimentutsläppet sker. Vid koncentrationer av suspenderat sediment över 2 mg/l är sedimentutsläppet normalt synligt. Vid högre koncentrationer än så kommer det att finnas en dimma i vattenområdet som kan påverka vattenlevande organismer. En ofta använd gräns för denna påverkan är 10 mg suspenderade partiklar per liter, vilket erfarenhetsmässigt är den koncentration vid vilken fisk börjar fly från området.

4.2.2 **Bedömning av koncentrationer**

Ett antal grävarbeten inom strandlinjen inom Norrbyskär planeras. Potentiellt kan dessa grävarbeten ge sedimentutsläpp till vattnet omkring öarna.

Täktområdet

I täktområdet, se figur 21, förväntas upp till 192 000 ton moränmassor grävas upp, (Ramboll, 2018) med grävmaskin. Det förväntas att man kan gräva ca 500 m³/dag. Om man beräknar att moränen har en densitet på 1 800 kg/m³ blir det ca 900 ton/dag. Med ett antaget 5% spill från det utgrävda materialet kan ett spill på upp till ca 45 ton/dag transporteras bort med strömmen inom täktområdet.



Figur 21. Översiktsskarta omkring täktområdet.

I området mellan Långgrundet och Blågrundet finns inga vattendjup angivna på sjökortet, figur 12. I den smala kanalen är vattendjupet antaget till ca 0,5 m. Om det genomsnittliga vattendjupet antas vara 0,5 m i kanalen, och i de områden som ligger strax intill täktområdet, kan en genomsnittlig koncentration av suspenderat sediment uppskattas.

Strömhastigheterna omkring täktområdet bedöms vara mycket små. Ström- hastighet på 1 cm/s är vanliga i liknande områden och antas även råda här. Vidare antas att ett sedimentutsläpp kommer att sprida sig över bredden och längden i tvärsnittet i de områden som är markerade med N och S i figur 21, beroende på om det finns nordgående eller sydgående ström. Under dessa förhållanden erhålls en genomsnittlig koncentration av 250 mg/l i sedimentplymen som sprids från täktområdet.

Sedimentplymens längd avgörs av sedimentets dropphastighet. Om det antas att sedimentutsläppet huvudsakligen består av silt, kan en dropphastighet av en genomsnittlig siltpartikel bestämmas av Stokes-formel till $d = 0,1$ mm/s. Om vattendjupet är 0,5 m, tar det 5 000 s (1,5 timme) för en sedimentpartikel som släpps i vattenytan att nå havsbotten. Vid en strömhastighet av 1 cm/s transporteras en sedimentpartikel därmed 50 m från utsläppsstället tills den träffar botten. Sedimentplymens genomsnittliga längd från utsläppsstället kommer därmed att vara 50 m. Denna uppskattning har inte tagit hänsyn till vertikal dispersion. Sammantaget bedöms det att koncentrationer av suspenderat sediment kommer att överskrida de värden som kan ge påverkan på vattnet i de områden som ligger strax intill täktområdet (märkt med S och N på figur 21) i samband med utgrävning av morän, förutsatt att detta sker under en period med

öppen vattnet utan skyddsåtgärder. Ett område motsvarande 50 m på vardera sida av täktområdet kan komma att påverkas.

Enligt tidplanen kommer utgrävningen att ske under vintern. Det är osäkert hur ett istäcke och frusna jordar påverkar sedimentutsläppen. Det kan förväntas att utsläppsprocenten minskar under dessa förhållanden, men inga referenser för detta har återfunnits. Enligt ett värsta scenario uppgår utsläppsprocenten under vinterperioden till samma som under isfria förhållanden, trots frusna jordar och eventuellt istäcke. Det mest sannolika bedöms dock vara att det inte sker någon spridning av sediment under vinterförhållanden.

Enligt ett värsta scenario kan sediment transporteras under is inom områdena som ligger i närheten av täktområdet (område märkt med S och N i figur 21). Samma strömningshastigheter (1 cm/s) som används i ovanstående uppskattningar antas då förekomma. Således kan det också antas att samma koncentrationer av suspenderat sediment under isen kan erhållas enligt vad som bedöms ovan. Det mest troliga är dock att det i en situation med lite vatten och frusna omgivning, inte sker någon sedimenttransport i vattnet.

Schaktning i Sågverksområdet

Inom Sågverksområdet kommer totalt 13 930 m³ jord att schaktas, (Ramboll, 2018). En del av schaktningen kommer att utföras i eller i nära anslutning till vatten. I arbeten vid områden närmast strandkanten kan sedimentutsläpp förväntas.

Omkring Sågverksområdet kan strömhastigheten antas vara 10 cm/s. Under samma förutsättningar som vid täktområdet erhålls en genomsnittlig koncentration under de perioder grävning förekommer på omkring 25 mg/l. Den högre strömhastigheten betyder också att sedimentplymen kommer att vara betydligt längre (ca 2000 m) än vid täktområdet. En större dispersion innebär emellertid också att koncentrationen kommer att minska med avståndet från grävarbetet. Koncentrationen kommer då att uppgå till ca 2 mg/l ca 2000 m från området där grävarbeten sker.

Sammanfattningsvis bedöms grävarbetet vid Sågverksområdet ge upphov till koncentrationer av suspenderat sediment som kan påverka vattenområdena, om inga skyddsåtgärder vidtas. Utsläpp av sediment/partiklar förväntas dock ske under en kort period när schaktning under vattenlinjen sker.

Schaktning i övriga områden och övriga aktiviteter

Schaktning av förorenad jord planeras även att utföras vid Galvaniseringen, västra Pråmvarvet och vid Stuguskärs västra strand. Vid Galvaniseringen och Pråmvarvet kommer schakt ned till vattenlinjen att ske. Ett sedimentutsläpp förväntas därmed inträffa. Koncentrationen av suspenderat sediment antas vara av samma storleksordning som vid Sågverksområdet. Vid Stuguskärs västra strand kommer ingen schaktning att ske, och sedimentutsläppet anses därför vara väldigt begränsat.

Vid pråmkajerna där förorenad jord ska lastas på en pråm, kan ett sedimentutsläpp också ske. Mängden av eventuellt utsläpp beror på den jordmängd som ska hanteras samt om det finns en stor mängd fint sediment vid hanteringen.

Övriga aktiviteter som tillfällig förvaring av jord för avvattning mm. på befintlig terräng, anses inte ge upphov till ökade koncentrationer av suspenderat sediment i vattenområdena.

4.3 Skyddsåtgärder

För att begränsa spridningen av sedimentet från täktområdet kommer följande alternativ till skyddsåtgärder föreslås:

- Etablering av siltgardiner
- Etablering av bubbelgardiner
- Användning av miljöskopa
- Frysmuddring
- Etablering av sedimentationsdamm runt utgrävningsställen

Siltgardiner och bubbelgardiner är kända metoder för att begränsa spridningen av sediment. I samband med schakt av förorenade jordar i vatten vid Sågverksområdet kan en miljöskopa användas i muddringsarbetet, vilket ger mindre utsläpp än med en traditionell skopa.

Frysmuddring och etablering av sedimentationsdamm är mycket dyra alternativ vilka endast kan rekommenderas som skyddsåtgärder om ovanstående första handsval inte anses tillräckliga.

Sammanfattningsvis finns det behov av att etablera siltgardiner vid Sågverksområdet, Galvaniseringen och Pråmverket, för att begränsa spridning av suspenderat sediment. Dessutom finns behov att etablera siltgardiner vid de tillfälliga pråmkajerna.

5. Referenser

Envix. 2015. PM Vattenrening, Umeå kommun MEX – Norrbyskär FFU efterbehandlingsåtgärder.

Envix. 2016. PM - Information om miljökontroll. Sanering Norrbyskär, Umeå Kommun.

MIKE Powered by DHI. 2018.
<https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-21>

PIANC. 2014. Harbour Approach Channels and Design Guidelines, Report no. 121.

Ramböll. 2015. Markundersökning Norrbyskär pråmvarvet.

Ramböll. 2017. PM Geoteknik - Teknisk design erosionskydd.

Ramböll. 2017. Åtgärdsutredning Stuguskär.

Ramböll. 2018. Samrådsunderlag miljöprövningar och dispenser inför avhjälpanåtgärder på Norrbyskär, Umeå kommun.

Saha, S., S. Moorthi, H. Pan, X. Wu, J. Wang and Coauthors. 2010. The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*. **91**: 1015–1057.

Saha, S., S. Moorthi, X. Wu, J. Wang, and Coauthors. 2014. The NCEP Climate Forecast System Version 2. *Journal of Climate*. **27**: 2185–2208.

SGU. 2018. Kartvisaren - brunnar. <https://apps.sgu.se/kartvisare/>

Sweco. 2014/2015. Avrapportering Norrbyskär miljöteknisk markundersökning.

Vägverket. 1990. Hydraulisk dimensionering. Diken, trummor, ledningar, magasin. Publ. 1990:11.