CHALMERS

Utformning av masshanteringsplan för utbyggnad av Göteborgs Hamn

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

ANDRÉ DENNHED
MATTIAS WILLIG

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik
Geoteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Examensarbete 2015:100
Göteborg, Sverige 2015

EXAMENSARBETE 2015:100

Utformning av masshanteringsplan för utbyggnad av Göteborgs Hamn

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

ANDRÉ DENNHED

MATTIAS WILLIG

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik
Geoteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2015

Utformning av masshanteringsplan för utbyggnad av Göteborgs Hamn

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

ANDRÉ DENNHED

MATTIAS WILLIG

© ANDRÈ DENNHED & MATTIAS WILLIG, 2015

Examensarbete 2015:100 / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2015

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik
Geoteknik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Vision av projektet. Renderad översiktsbild över Arendal 2 och Risholmen.
(Bildkälla: Göteborgs Hamn AB)

Chalmers reproservice
Göteborg 2015

Utformning av masshanteringsplan för utbyggnad av Göteborgs Hamn

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

ANDRÉ DENNHED
MATTIAS WILLIG
Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik
Geoteknik
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Med bakgrund till den platsbrist som råder i Göteborgs hamn syftar rapporten till att ta fram en masshanteringsplan för byggnationen av två nya hamnterminalområden i hamnen, Arendal 2 samt Risholmen. Rapporten har således skrivits i samarbete med Göteborgs Hamn AB.

För att konstruera dessa två nya hamnterminalområdena, som är lokaliserade där det idag är vatten, anläggs först en vall av sprängsten runt området. Därefter kan området fyllas upp med ett önskvärt fyllnadsmaterial och förses med en överbyggnad som klarar av att fördela de laster som eventuellt kommer verka på densamma. För att fylla upp dessa områden kommer Göteborgs Hamn använda sig av muddermassor i Arendal 2 samt lera från Västlänken i Risholmen.

Göteborgs Hamn har tillgång till stora mängder berg i nära anslutning till de två nya hamnterminalområdena och har för avsikt att utnyttja dessa i projektet. Detta för att slippa köpa in berg ifrån externa bergtäkter men också för att frigöra den yta som bergen idag är belägna på. Utöver det egna berget så kommer Göteborgs Hamn att erhålla sprängsten ifrån Västlänken.

Den masshanteringsplan som tagits fram behandlar hur de nya områdena byggs ut, hur mycket material som kommer gå åt, vilket material de kommer att bestå av, var detta material kommer att hämtas, när detta material kommer att hämtas och hur materialet transporteras till anläggningsplatsen.

Masshanteringsplanen visar att allt berg som Göteborgs Hamn har till sitt förfogande kommer att förbrukas. Utöver det utnyttjas stora mängder sprängsten ifrån Västlänken. Dock så är inte tillgången på det egna bergmaterialet tillräckligt stort utan sprängsten kommer behöva köpas in ifrån en extern bergtäkt. Masshanteringsplanen visar också att tillgången på lera ifrån Västlänken är lägre än behovet för att fylla ut Risholmen, så fyllnadsmaterial kommer att behöva införskaffas från andra projekt i Göteborgsområdet.

Nyckelord: Göteborgs Hamn AB, Arendal 2, Risholmen, Masshanteringsplan

Presentation of mass management plan for the expansion of Port of Gothenburg

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

ANDRÉ DENNHED
MATTIAS WILLIG
Department of Civil and Environmental Engineering
Division of GeoEngineering
Geotechnical Engineering
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

Due to the lack of space that exists in the port of Gothenburg two new port terminal areas will be constructed, Arendal 2 and Risholmen. The report aims to develop a mass management plan for the construction of these two new port terminal areas and the report has been written in cooperation with Port of Gothenburg.

To construct these two new port terminal areas, which are located where it today is just water, the first step is to construct a dyke consisting of rockfill. Then, the area will be filled with a desired filling material and provided with an efficient superstructure. To fill these areas Port of Gothenburg plan to use dredged spoils for Arendal 2 and clay from Västlänken for Risholmen.

Port of Gothenburg has access to large amounts of aggregates in close distance to the two new port terminal areas and intends to utilize these in the project. This is to avoid buying aggregates from the external quarries but also to free up the area where the potential quarries today are located. In addition to its own aggregates Port of Gothenburg will obtain aggregates from the project Västlänken.

The developed mass management plan covers how the new port terminal areas will be constructed, how much material will be needed, what material they will consist of, when and from where the materials will be acquired and how the material will be transported to the construction site.

The mass management plan shows that every potential quarry Port of Gothenburg has available will be used. In addition, large quantities of aggregates will be acquired from Västlänken. However, the availability of aggregates from Port of Gothenburg's own quarries can't fully cover the needed quantity. Therefor aggregates will have to be bought from external quarries. The mass management plan also shows that the availability of clay from Västlänken is lower than the need to fill out Risholmen, so filling material will need to be provided from other infrastructure projects in the Gothenburg area.

Key words: Mass management plan, Port of Gothenburg, Arendal 2, Risholmen

Innehåll

SAMMANFATTNING I
DIPLOMA THESIS IN THE ENGINEERING PROGRAMME II
INNEHÅLL III
FÖRORD V
BEGREPPSFÖRKLARING VI

1 INLEDNING 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Syfte 1
1.3 Avgränsningar 1
1.4 Precisering av frågeställning 2

2 METOD 3

3 GÖTEBORGS HAMN EXPANDERAR 4
3.1 Hamnen då och nu 4
3.2 Arendal 6
3.3 Risholmen 6

4 HAMNTERMINALOMRÅDENAS UPPBYGGNAD 7
4.1 Omslutande vallar 7
4.2 Utfyllnad 7
4.2.1 Stabilisering och solidifiering av muddermassor 8
4.3 Överbyggnad 10
4.3.1 Arendal 2 12
4.3.2 Risholmen 13
4.4 Utbyggnadsordning 13
4.4.1 Arendal 2 13
4.4.2 Risholmen 15

5 GEOTEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR 18
5.1 Materialdata 18
5.1.1 Bergmaterial 19
5.1.2 Fyllnadsmaterial 20
5.1.3 Omräkningsfaktorer 20

6 VOLYMER 22
6.1 Materialtillgång 22
6.1.1 Utomstående bergtäkter 23

6.1.2 Egna bergtäkter 23
6.1.3 Muddermassor 25
6.1.4 Västlänksmaterial 25
6.2 Materialåtgång 26
6.2.1 Omslutande vallar 26
6.2.2 Fyllnadsmaterial 27
6.2.3 Överbyggnadsmaterial 27
6.2.4 Total materialåtgång 28
6.3 Utvärdering av bergtäkter 29
6.4 Tidsramar 29

7 TRANSPORTER 31
7.1 Transportkostnader 32
7.2 Transportvägar 32
7.3 Miljö 34
7.3.1 Natura 2000-område 34

8 MASSHANTERINGSPLAN 35
8.1 Arendal 2 35
8.2 Risholmen 37

9 DISKUSSION 40

10 REFERENSER 42
10.1 Material handahållet från Göteborgs Hamn 44

Förord

Detta examensarbete är skrivet på Chalmers Tekniska Högskola som en avslutande del på byggingenjörsprogrammet. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och är skrivet för Göteborgs Hamn AB på avdelningen Port Development. Projektet avser att ta fram en masshanteringsplan för utbyggnaden av två nya hamnterminalområden i Göteborgs hamn.

Vi vill passa på att tacka Fredrik Ternström, Senior Manager Göteborgs Hamn AB, som varit till stor hjälp med handledning och entusiasm under hela projekttiden.

Vi vill även rikta ett stort tack till:
Mats Karlsson, forskarassistent samt vår handledare på Chalmers Tekniska Högskola
Hans Simonson, Senior Manager Real Estate Göteborgs Hamn AB
Magnus Harrysson, Konsult Hamnteknik Port Engineering Göteborg AB
Mikael Gustafsson, Projektutvecklare Skanska Asfalt och Betong AB
Johan Bengtsson, Konsult Infrastruktur Pontarius AB

Göteborg juni 2015

André Dennhed & Mattias Willig

Begreppsförklaring

Bottenklarning
Fritt avstånd mellan kölen på ett fartyg och havsbotten (Olsson, Jakobsson, Blom, 2008).

Dragliner
En dragliner är en enorm grävmaskin med en stor skopa som styrs med hjälp av vajrar. De har ett stort och brett användningsområde som till exempel vägutgrävning, dagbrott eller hamnarbeten (Afsar, 2012).

Göteborgs lokala höjdsystem GH88
Ett höjdsystem som användes i Göteborg från 80-talet fram till 2013. Nollnivån ligger ca 10 meter under havsnivån. Detta för att alla höjder skulle bli positiva (Göteborgs Stad).

Rikets höjdsystem RH2000
Infördes i Göteborg 2013 för att underlätta höjdmätning då övriga Sverige redan använder sig av detta system. I detta system är det medelhavsnivån som utgör nollnivån. Denna nivå ligger 9,953 meter över det gamla systemet GH88 (Göteborgs Stad).

In-situ
Material som ligger orört i sitt ursprungliga läge (på plats)[1].

Ramfritt djup
En benämning på det djup som måste hållas för att fartyg ska kunna passera obehindrat. Detta kontrolleras med hjälp av att en ram förs fram över bottnen. Om ramen kommer i kontakt med bottnen måste området muddras[2].

Ro/ro-hamn
Hamn som anlöps av ro/ro- fartyg (från engelskans roll on, roll off) där det gods som transporteras är lastat på lastbärare med hjul och körs oftast ombord med hjälp av dragbilar. En variant av ro/ro-fartyg är till exempel bilfärjor (Ulfvarson, 2015).

Samkross
Ett krossat material vilket innehåller mycket småmaterial vilket fungerar som ett bindemedel. Samkross är inte dränerande om det packas hårt och används ofta som underlag till grusvägar eller uppfarter (Släryds Grus, 2010).

Siltgardin
Används ofta vid muddringsarbeten och har som uppgift att inte släppa ut förorenade massor till kringliggande områden. En siltgardin består av en stor duk av geotextil vilken hålls upp med flytande bojar eller liknande. Duken släpper endast igenom mycket små partiklar och vatten (Winther-Larsen, 2013).

[1] Magnus Harrysson (Konsult Hamnteknik, Port Engineering Göteborg AB) intervjuad av författarna 7 maj 2015
[2] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad via mail av författarna 10 april 2015

1 Inledning

Göteborgs Hamn är Skandinaviens största hamn och hanterar bland annat olja, bilar, containrar med mera. I dagsläget passerar nästan 30 % av Sveriges utrikeshandel genom hamnen.

1.1 Bakgrund

För att klara av omvärldens ökande efterfrågan om hamnens nyttjande står den nu inför en omfattande expansion. Målet är att hamnens kapacitet ska fördubblas fram till år 2035.

För att en sådan expansion ska kunna ske krävs att det finns yta att expandera på. Då det inte funnits någon tillgång till ytterligare yta gränsande vattnet har andra åtgärder därför behövts undersökas. En idé om att anlägga nya markområden, där det idag är vatten, anammades. Tanken är att därefter utvidga hamnterminalen på den nyanlagda marken. Två nya hamnterminalområden kommer därför att anläggas i anknytning till befintliga terminalområden. Den ena hamnterminalen kommer byggas i Arendalsområdet, medan den andra kan ses som en utbyggnad av Risholmen.

1.2 Syfte

Syftet med projektet om utvidgning av hamnen är att utifrån problemen med platsbristen i hamnområdet utreda, utveckla och framföra en masshanteringsplan för anläggning av två nya hamnterminalområden. Denna masshanteringsplan är tänkt att omfatta vilken kvalitet och kvantitet materialet, som ska användas för att bygga upp de nya områdena, ska innefatta. Masshanteringsplanen ska även inkludera varifrån materialen ska hämtas och hur de ska transporteras till anläggningsplatsen. Dessa framtagna data jämförs sedan mot varandra med avseende på ekonomi, miljö och transportmöjligheter.

1.3 Avgränsningar

Projektet avser endast uppförandet av de två nya hamnterminalområdena och där ingår inte muddring av intilliggande områden även om massor som muddras i hamnen kan komma att användas som fyllnadsmaterial inom området.

I rapporten beaktas endast bergtäkter som ligger i närhet av anläggningsområdet. Detta då andra tänkbara alternativ hade bidragit med större miljöpåverkan samt att det värnar om det lokala näringslivet.

Transporter som avser material utvunnet ur de bergtäkter som är lokaliserade inom byggnationsområdena beaktas ej då de förväntas läggas på entreprenaden. Transporter av bitumenbundna material beaktas ej.

Kostnader som används i rapporten utgår ifrån Göteborgs Hamns tidigare avtal, alternativt schablonmässiga värden ifrån utomstående aktörer. Detta används för att så rättvist som möjligt kunna jämföra olika alternativ. När avtal om köp av produkter och tjänster ingås kan priserna eventuellt förändras då större projekt ofta kan medföra att priser sänks. Dessutom beaktas endast rena material- och transportkostnader.

1.4 Precisering av frågeställning

- Hur kommer de nya hamnterminalerna konstrueras?
- Vilken är den totala mängden material som krävs för att skapa de nya hamnterminalområdena?
- Vilken är den totala mängd material som finns i Göteborgs hamns egen ägo?
- Vilken är den totala mängd material som finns att tillgå genom utomstående aktörer?
- Vilka material är mest fördelaktiga att använda för att skapa de nya hamnterminalområdena?
- Hur ska materialen transporteras till anläggningsplatsen på ett optimalt sätt?
- När ska materialen transporteras till anläggningsplatsen?

Valen som görs i rapporten baseras främst på kostnader och tekniskt möjliga lösningar men även med avseende på miljöpåverkan.

2 Metod

Mycket data har tillhandahållits ifrån Göteborgs Hamn. Dessa data har sedan legat till grund för vidare studier. Insamling av ytterligare information har skett genom litteraturstudier, såväl tryckt som digital, samt möten med flertalet personer med nära kontakt till projektet.

Kontakt med personer ansvariga för bergtäkter i närliggande områden har gett kunskap och information om:

- Bergmaterial
- Volymer
- Tidsramar för utvinning och förädling av bergmaterial
- Transportmöjligheter

Utvärdering och sammanställning av data har sedan lett fram till en slutgiltig masshanteringsplan.

3 Göteborgs Hamn expanderar

Handeln i världen utvecklas hela tiden och ställer hela tiden krav på högre godsvolymer vilket i sin tur fraktas med större och större fartyg. Göteborgs hamn planerar därför att expandera sin hamn genom att bygga två nya hamnterminalområden för att behålla sin position som det ledande godsnavet i norden.

Det ena nya området Arendal kommer att anläggas i anslutning till den befintliga ro/ro-hamnen som finns i området och har för avsikt att hantera container- och ro/ro-fartyg (En ny hamn i Arendal, 2015).

Det andra nya området kommer att anläggas vid Risholmen och kommer att bli ett tillskott till Göteborgs energihamn när den nuvarande energihamnen Skarvik har nått sin produktionsgräns (Ramböll Sverige AB, 2015).

3.1 Hamnen då och nu

Den första hamnen i Göteborg anlades på 1620-talet och bestod endast av ett antal stenkajer. Dessa kajer var emellertid för grunda för den tidens största båtar vilket ledde till att dessa fick ankra ute på djupare vatten. Lasten fick då flyttas över på prånmar för transport in till kajen (Göteborgs Hamn (1), 2013).

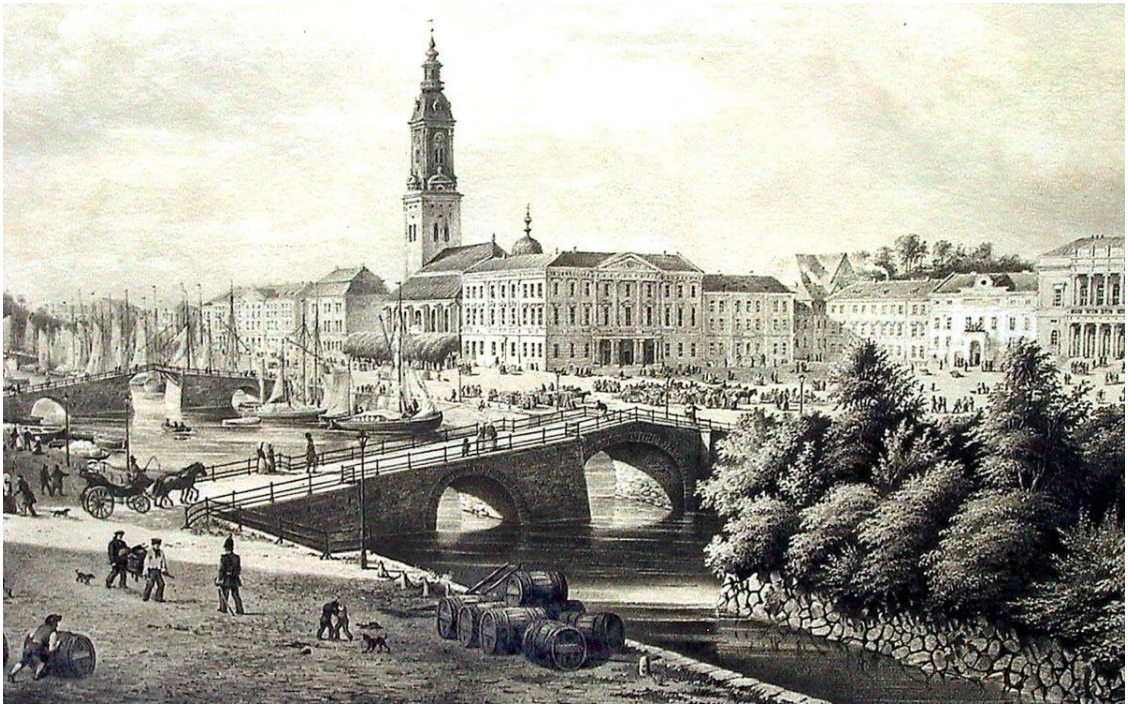


Bild 1: Innerhamnen Södra. Stora Hamnen sedd från Brunnsparken, 1850-tal. (Bildkälla: goteborgshamn.se)

Hamnen har sedan dess byggts ut med tiden och anlöps varje år av ca 11 000 fartyg (Göteborgs Hamn (1), 2014). Från att, när den första hamnen byggdes på 1620-talet, endast kunnat ta emot små fraktbåtar i trä kan hamnen idag ta emot några av världens största containerfartyg som till exempel Mærsk Mc-Kinney Møller, ett fartyg som ingår i klassen Triple E. Dessa fartyg går även under kategorin Super post panamax vilket innebär att fartygen är för stora för att kunna passera genom Panamakanalen (Göteborgs Hamn (2), 2013).

Hamnens kontinuerliga utbyggnad och fartygens ökande storlek har lett till att hamnen år 2014 kunde ta emot 836 631 containrar, 548 081 ro/ro-enheter, 166 369 nya bilar, 19 230 000 ton olja, 1 820 000 passagerare och 37 100 000 ton gods (Göteborgs Hamn, 2015).

Bild 2: Mærsk Mc-Kinney Møller, ett av fartygen som ingår i Triple E-klassen, av Slawos (CC BY-SA 3.0)

Skandiahamnen är ett exempel på hur Göteborgs Hamn tidigare har utvidgat hamnen genom att anlägga ny mark intill vattnet. För att konstruera detta område ramades området in med en stor stenvall medan resten av området fylldes upp med diverse utfyllnadsmaterial (Berndtsson, G. Kroona, P. Moström, I., 2006).

Bild 3: Göteborgs Hamn år 1960. (Bildkälla: lantmateriet.se)

Bild 4: Göteborgs Hamn år 2012 med de tänkta utbyggnaderna. (Bildkälla: lantmateriet.se)

3.2 Arendal

Bygget av det nya området i Arendal är beräknat att starta 2016 och tros vara klart 2025[1]. Området kommer att bli totalt 210 000 m^2 stort och får en helt asfalterad yta. Den färdiga markytan kommer ligga på +12.80 meter (GH88) med ett djup på 11 meter vid kaj. Norra delen av området kommer att användas för ro/ro-hantering och blir 115 000 m^2 stor medan den södra delen blir 95 000 m^2 stor och kommer att utrustas med kranar och användas för containerhantering (M10-202, 2013).

3.3 Risholmen

I utbyggnaden av området Risholmen planeras 5 nya kajplatser (Risholmen, 2015) och byggnationen beräknas starta 2018 och stå klart 2028[1]. Området beräknas bli 510 000 m^2 stort med en markyta på +12.80 meter (GH88) vilket medför ett vattendjup på 17 meter vid den inre östra kajen samt 20,5 meter vid södra/östra kajen. Den nya hamnen kommer kunna erbjuda lagringsmöjligheter för nya energikällor samt att den kommer kunna ta emot de allra största fartygen (VLCC och Suezmax) vilket den nuvarande hamnen inte är kapabel till. Området kommer främst att bebyggas med cisterner och silos för de nya bränslena men här behövs även kontor, servicebyggnader samt gator och pipelines för att skapa en bra infrastruktur (Ramböll Sverige AB, 2015).

Bild 5: Vision av projektet. Renderad översiktsbild över Arendal 2 och Risholmen. (Bildkälla: Göteborgs Hamn AB)

[1] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 16 februari 2015

4 Hamnterminalområdenas uppbyggnad

Vid konstruktionen av de nya markområdena vid Arendal och Risholmen kommer det, likt utbyggnaden i Skandiahamnen, att anläggas en vall av sprängsten som omsluter hela området. Detta görs för att de massor som sedan kommer användas för att fylla upp området inte ska sjunka undan ut i havet. Resterande volym fylls sedan upp med det material som anses mest fördelaktigt (Harrysson, 2013). På grund av den stora kvantiteten fyllnadsmaterial som behövs anses ett billigt material ofta mest fördelaktigt även om bättre material finns att tillgå[1].

4.1 Omslutande vallar

För att bygga upp de vallar som omsluter området kommer sprängsten att användas. När vallens kärna konstrueras så ställs det inga specifika krav på vilka fraktioner som används. Vanlig sprängsten, med alla de fraktioner som fås direkt vid sprängning, kommer därför att användas. Dock kommer de större stenarna att sorteras ut då dessa anses vara en tillgång när erosionsskydd behöver konstrueras och därför bör de ej användas vid uppbyggnad av vallens kärna[1].

Det yttersta lagret på vallen ska bestå av stora stenar som ska ha en vikt emellan 200 och 1000 kg, där hälften av stenarna bör väga minst 500 kg. Detta för att ge ett bra skydd mot erosion. Sten som Granit och Gnejs, vilka det finns gott om i Göteborgsområdet, går bra att använda. Dock får inte stenen ha en stor yta i förhållande till sin vikt utan bör vara kompakta[2].

För att inte vallen ska sjunka ner i leran kommer bottnen under vallen och även en bit innanför att bankpålas med kohesionspålar av trä (Harrysson, 2013). För att öka stabiliteten kommer ett lastfördelande lager av sand placeras ovanpå pålarna i området Arendal 2 (Sweco Infrastructure AB (2), 2013). Vallen byggs sedan upp ovanpå det pålade området. Därefter placeras en geotextil på insidan av vallen för att förhindra finare material från utfyllningsmaterialet att tränga in i vallen och eventuellt ut i havet (Harrysson, 2013). För figur av tvärsnitt se ritning (M10-201, 2013).

För att ge extra stöd åt kranar och dylikt vid den förlängda kajplats 750 och den nya containerhamnen vid Arendal 2 kommer vallarna i detta område att pålas ytterligare med betongpålar. Då kommer stenar med en diameter på över 100 mm att behöva sorteras ut och läggas på ställen som inte ska pålas. Detta görs eftersom att stora stenblock försvårar pålningen och för att undvika att behöva borra innan pålningen görs en bedömning att det är enklare att sålla bort dem[2]. Då de stora stenarna sorteras ut ifrån det yttersta lagret behövs ett annat erosionsskydd vid vallarna. Här kommer erosionsskyddet att bildas av en stålspont som sätt i fronten på kajen (Harrysson, 2013). För figur av tvärsnitt se ritning (M10-204, 2013)

4.2 Utfyllnad

Sprängsten anses även vara det bästa materialet att fylla upp resterande volym i området med. Dels för att det har bra bärighet i förhållande till sin vikt men även för

[1] Magnus Harrysson (Konsult Hamnteknik, Port Engineering Göteborg AB) intervjuad av författarna 7 maj 2015
[2] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad via mail av författarna 19 februari 2015

att det är billigare än krossmaterial[1]. Dock får Göteborgs hamn stora mängder muddermassor över från att de muddrar farlederna i hamnområdet. Dessa muddermassor anses i allmänhet vara för lösa för att använda som utfyllnadsmaterial och kräver i så fall att de solidifieras om de används som utfyllning. Detta gör att sprängsten anses vara ett billigare alternativ. Dock kommer hamnen behöva göra sig av med muddermassorna på annat sätt, något som då medför en ytterligare kostnad. Det slås då fast att solidifiering och användning av muddermassorna ger den mest ekonomiskt gynnsamma lösningen (Harrysson, 2013).

Samtidigt som utbyggnaden av de nya hamnterminalområdena sker pågår även projektet Västlänken. Västlänken är ett projekt där tre nya underjordiska tågstationer ska byggas i Göteborg. I och med att västlänken ska gå under marken kommer ca 6 km tunnel att byggas (Trafikverket, 2014). Vid byggnationen av tunneln kommer stora mängder av lera och berg att fås. Dessa material kommer Göteborgs Hamn att använda i sitt projekt istället för att låta dessa massor bli en restprodukt vilket kan ses som samhällsekonomiskt[2].

4.2.1 Stabilisering och solidifiering av muddermassor

Göteborgs Hamn genomför muddring av sina farleder med tre till fem års mellanrum för att kunna bibehålla det djup som fartygen som anlöper hamnen kräver[2]. Då detta material innehåller varierande mängder föroreningar måste muddringsmassorna efter muddring läggas på deponi. Rena muddermassor från Göteborgs Hamn läggs på deponi ute i öppet hav men om muddermassorna innehåller stora mängder föroreningar måste det deponeras inom ett invallat område (Fossenstrand, 2014).

Massor från muddring av nya områden innehåller i allmänhet små mängder föroreningar och kan deponeras ute till havs. Massor som fås från underhållsmuddring av farlederna i hamnen har oftast höga halter av föroreningar och läggs då på deponi inom ett slutet område för att inte föroreningarna ska läcka ut[1]. Göteborgs Hamn har inte längre ett utpekat område för deponi av förorenade muddermassor och för att inte dessa ska bli en typ av restprodukt vill Göteborgs Hamn använda sig av massorna i konstruktionen av de två nya hamnterminalområdena[2]. Detta har lett fram till att en lösning har valts där de förorenade massorna från underhållsmuddringen används i utbyggnaden av de nya områdena vilka då kan ses som en deponi i och med att de placeras inom ett slutet område[1]. Detta bidrar även som sagt till en bättre totalekonomisk lösning.

För att ge muddermassorna en bra hållfasthet kommer dessa att solidifieras[2]. För att förbättra egenskaperna i muddermassorna finns det två olika metoder. Dessa metoder kallas stabilisering av muddermassor eller solidifiering av muddermassor. Skillnaden på solidifiering och stabilisering är att när muddermassor stabiliseras binds föroreningarna i massorna för att göra dessa mindre mobila och förhindrar dessa att läcka ut till kringliggande områden, samtidigt som materialet får en ökad bärighet. Med solidifiering, som kommer användas i detta projekt, menas att massorna blandas med cement men även ibland med flygaska, kalk och granulerad masugnsslagg. Detta

[1] Magnus Harrysson (Konsult Hamnteknik, Port Engineering Göteborg AB) intervjuad av författarna 7 maj 2015
[2] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 16 februari, 30 mars och 22 april 2015

görs för att skapa en helt solid kropp med hög bärighet och minskad hydraulisk konduktivitet (Bendz, 2011).

Metoden för att solidifiera muddermassorna i detta projekt innebär att muddermassorna grävs upp och läggs på en pråm. Massorna transporteras sedantill anläggningsområdet och flyttas över till en silo där det blandas med bindemedel vars uppgift är att göra materialet fast vid utläggning. Massorna pumpas sedan ut till området och för att förhindra att luftbubblor bildas kommer området fyllas från botten och uppåt[1].

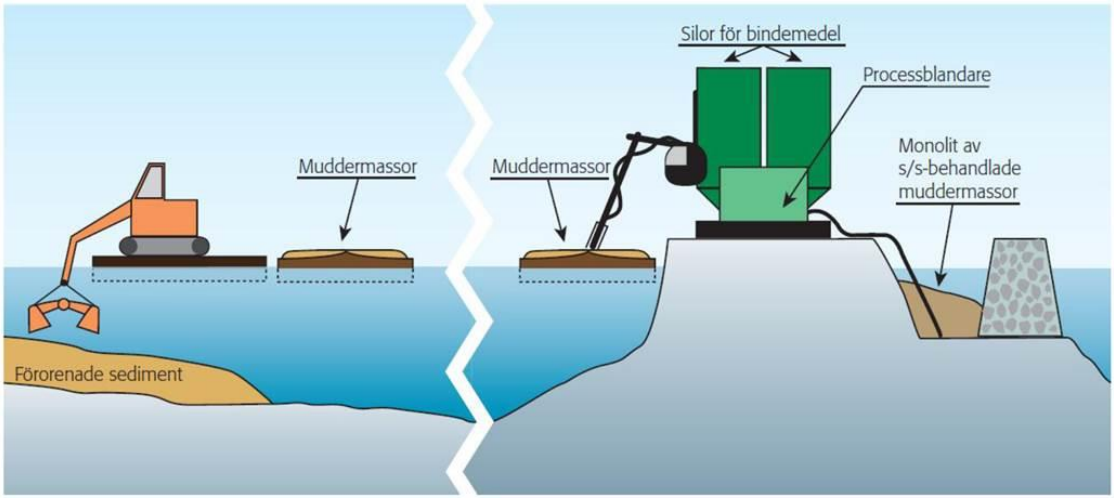


Bild 6: Översikt av primär solidifieringsteknik. (Bildkälla: Göteborgs Hamn AB)

Om den metod som beskrevs ovan inte kan användas av någon anledning, till exempel maskinhaveri eller liknande, kan detta göras på annat sätt. Då kommer muddermassorna direkt att placeras ut i området och för att blanda i bindemedlet kommer en massolidifieringsmaskin användas. Denna maskin använder en stor visp för att blanda bindemedlet direkt ner i massorna (Källa: Bilaga Utbyggnadsordning A2 och Risholmen). Nackdelen med denna metod är att alla delar av området kanske inte får lika mycket bindemedel som andra, eller om vissa delar helt missas, påverkas hållfastheten negativt[1] (Fredrik Ternström).

[1] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 22 april 2015

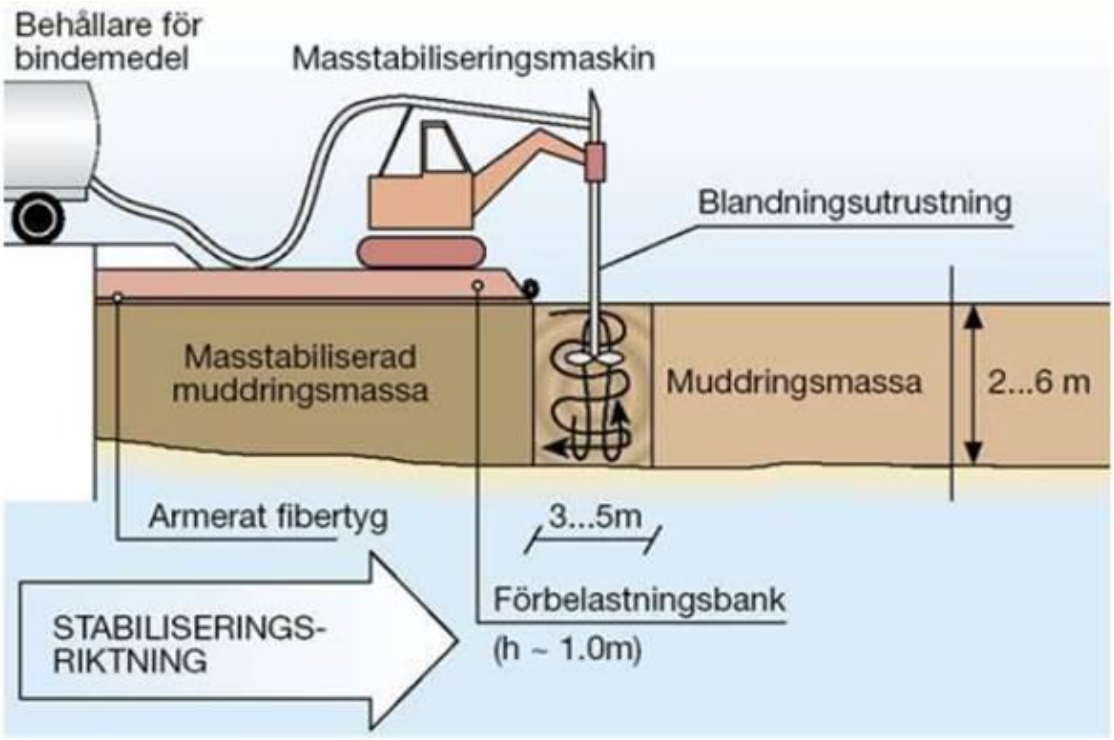


Bild 7: Översikt av sekundär solidifieringsteknik. (Bildkälla: Göteborgs Hamn AB)

Om projektet hamnar under tidspress kan konventionell sprängsten användas för att fylla ut området istället eftersom detta är mycket mer tidseffektivt[1]. I så fall går dock tillfället att nyttja de förorenade muddermassorna förlorat.

4.3 Överbyggnad

En överbyggnad byggs för att ta upp de laster som genereras av den verksamhet som bedrivs, och föra dessa nedåt i marken. Överbyggnaden består ofta av flera olika lager med olika egenskaper där störst krav ställs på de översta lagren där belastningen är som störst. För att undvika deformationer bör överbyggnaden ha en bra vattengenomsläpplighet samt att underbyggnaden ska ha tillräckligt hög bärighet. Om bärigheten i underbyggnaden är undermålig bör den grundförstärkas (Granhage, 2009).

[1] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 22 april 2015

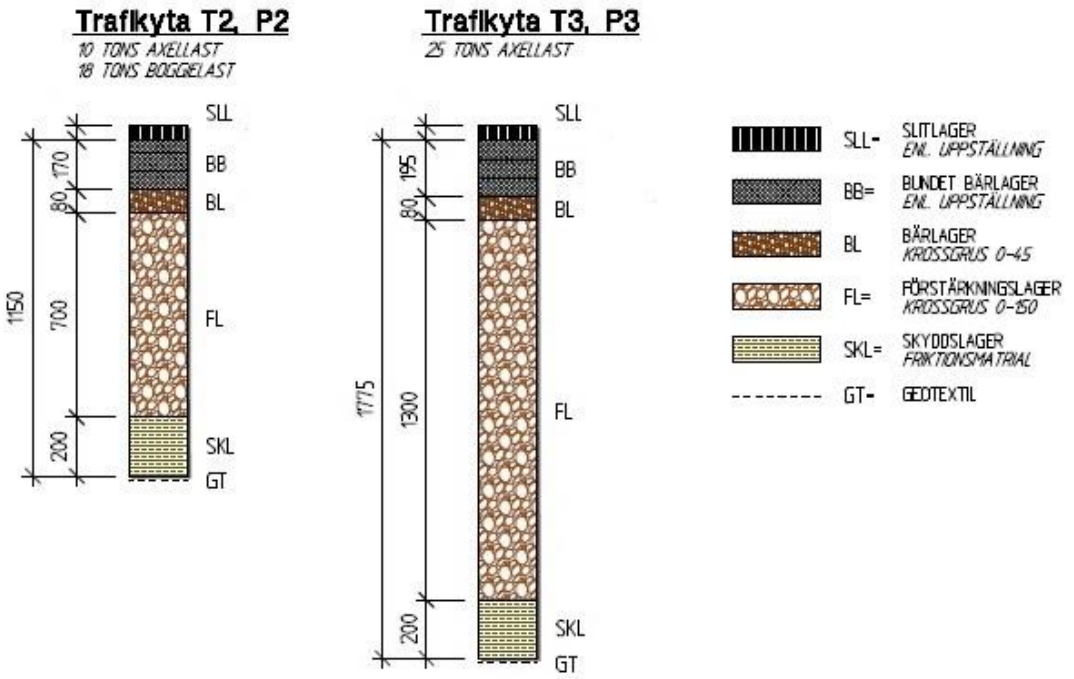


Bild 8: Tvärsnitt av överbyggnaderna. (Bildkälla: Göteborgs Hamn AB)

Slitlager
Överbyggnadens översta lager är slitlagret, eller beläggningen. Slitlagret ska fungera som ett skydd för hela överbyggnadskonstruktionen, men också som ett bra underlag för den verksamhet som ska bedrivas på området. Det ställs krav på att det ska hålla rätt kvalitet med avseende på hållfasthet, deformation, jämnhet, friktion etc. (Granhage, 2009).

De vanligaste beläggningarna består av asfaltsmassa (bitumenbundna beläggningar), som är flexibel, fogfri och ljuddämpande. Ibland ställs det dock större krav på hållfastheten, och då används ofta betong som slitlager. Fördelen med betong är att den har hög belastningskapacitet och har hög resistans mot slitage (NCC, Densiphalt).

Bärlager
För att ta upp och fördela belastningar på överbyggnaden konstrueras ett bärlager. Det ställs stora krav på materialegenskaperna då bärlagrets struktur och hållfasthet ska vara den samma över en lång tid. Normalt sätt så är bärlagret uppdelat i separata lager, med olika sammansättning och egenskaper (Granhage, 2009).

Bundet bärlager
Det översta av de två bärlagren är ett bundet bärlager. Om överbyggnaden ska vara elastisk och flexibel så används ett bitumenbundet bärlager. Ibland används cementbundna bärlager, då blir bärlagret mer trycktåligt och styvare (Granhage, 2009).

Obundet bärlager
Det obundna bärlagret består till störst del av bergkross eller krossat naturgrus. På grund av krav på hållfastheten så måste andelen okrossat material vara mindre än 30 procent (Granhage, 2009).

Förstärkningslager
Syftet med ett förstärkningslager är, precis som för bärlagret, att fördela lasten genom konstruktionen. Dock så är kravet på hållfastheten lägre då lasten är mer utbredd efter att ha fördelats av bärlagret. Detta gör att förstärkningslagret ofta går att göra billigare än bärlagret (Granhage, 2009).

Skyddslager
Skyddslagrets uppgift är att göra överbyggnaden tillräckligt hög och att skydda förstärkningslagret från terrassmaterialet (underbyggnaden). Underbyggnadens material har ofta hög kapillaritet vilket gör det tjälfarligt, därför är det viktigt att överbyggnaden görs tillräckligt tjock så att skyddslagret ligger på tjälfritt djup (Granhage, 2009).

4.3.1 Arendal 2

Ytan på Arendal 2 kommer användas på två olika sätt där den inre delen kommer användas som ro/ro-hamn och den yttre som containerhantering (Harrysson, 2013). De olika användningsområdena leder till att den dimensionerande lasten på de två ytorna skiljer sig åt. Ro/ro-hamnen har en dimensionerande axellast på 10 ton vilket leder till att överbyggnaden på denna del kommer vara 1,2 meter tjock. Vid containerhamnen antas det skapas en belastning motsvarande 25 tons axellast, för att klara av en sådan belastning beräknas att överbyggnaden behöver vara 1,8 meter tjock (AnTy902, 2010).

Området kommer ha en medelnivå på +11,5 meter (GH88) efter att utfyllnaden med muddermassor är genomförd. På detta läggs det ett 1 meter tjockt lager överlast. Om överlasten byggs av överbyggnadsmaterial kommer denna inte att behöva bytas ut när den slutliga överbyggnaden ska konstrueras utan kommer då ingå i förstärkningslagret. Då sättningar för områdena beräknas uppgå till mellan 1 och 1.5 meter kommer inte den slutliga överbyggnaden att konstrueras för än efter fem år. Sättningshastigheten antas då ha avtagit och hälften av sättningarna beräknas ha uppkommit. Målet är att efter fem år så ska överytans nivå (bortsett överlast) vara +11,0 meter (GH88) för containerhamnen och +11,6 meter (GH88) för ro/ro-hamnen (Harrysson, 2013).

De två olika överbyggnaderna kommer att byggas upp på samma sätt, fast med olika tjocka lager. Först läggs en geotextil ut för att skilja överbyggnaden från underbyggnaden. Därefter läggs ett 200 mm tjock skyddslager över hela området. Förstärkningslagret kommer bestå av krossgrus med fraktionen 0/150 och kommer göras 700 mm tjockt för ro/ro-hanteringen och 1300 mm tjockt för containerhamnen. Det obundna bärlagret görs 80 mm tjockt över hela området och här används krossgrus i fraktionen 0/45. Det bundna bärlagret kommer till stor del att vara cementbundet och görs 170 respektive 195 mm tjockt, där den tjockare delen läggs ut vid containerhamnen (AnTy902, 2010). Beslut om vilket material som ska användas som slitlager är ännu ej tagit[1]. Efter att överbyggnaderna är konstruerade så ska nivån för hela området vara +12,8 meter (GH88) (Harrysson, 2013).

[1] Magnus Harrysson (Konsult Hamnteknik, Port Engineering Göteborg AB) intervjuad av författarna 7 maj 2015

4.3.2 Risholmen

Överbyggnaden på Risholmen kommer likt containerhamnen på Arendal 2 att göras 1,8 meter tjock och byggas upp på samma sätt, då den dimensionerande lasten beräknas vara densamma. Då området är stort så kommer dock inte något bundet bärlager eller slitlager av bitumen/cement att göras, utan överbyggnaden kommer beläggas med ett lager samkross. Vägar kommer att dras i ett organiserat rutnät för att dela in Risholmen i mindre områden. I takt med att de små områdena successivt hyrs ut eller på annat sätt behöver exploateras så kommer de att beläggas med en ändamålsenlig ytbeläggning[1].

4.4 Utbyggnadsordning

För att byggnationen av områdena ska kunna genomföras på ett smidigt sätt, och för att göra byggnationen tekniskt möjlig, kommer denna att ske i flera steg. De olika stegen har anpassats för att kunna använda de olika utfyllnadsmaterialen som ska användas samt att ge de solidifierade muddermassorna tid att stelna[2].

4.4.1 Arendal 2

Utbyggnaden av Arendal 2 kommer ske i antingen 4 eller 5 steg. Antalet steg kommer bero på om det anses att delar av området kan komma att behövas som arbetsyta innan området är helt färdigställt[2].

2015/2016 - Rosa
I det första steget, vilket påbörjas under 2015 eller 2016, kommer ett etableringsområde anläggas väster om ön Lilla Aspholmen, samtidigt som en sedimentationsdamm byggs i östra delen av området. Detta görs med den sprängsten som fås vid sprängningen av den bergskulle som ligger i anknytning med områdets norra del. Denna bergtäkt kommer definitivt att användas då planen är att nyttja det område där berget står idag[2].

Dammens uppgift är att låta partiklarna i vattnet från muddermassorna sedimentera för att de inte ska spridas ut i kringliggande områden[1].

Samtidigt görs ett storskaligt försök med solidifierade muddermassor i norra delen av området för att säkerställa att tekniken fungerar och att resultatet blir godkänt[2].

2018/2019 – Grön och ljusblå
Under 2018/19 kommer den norra delen börja fyllas upp solidifierade muddermassor. Samtidigt kommer farleden och botten intill kajen att muddras för att tillräckligt djup ska uppnås[2].

I samma steg kommer ön Lilla Aspholmen att sprängas ner och den sprängsten som då fås kommer att användas för att konstruera de resterande vallarna som ska omsluta området[2].

[1] Magnus Harrysson (Konsult Hamnteknik, Port Engineering Göteborg AB) intervjuad av författarna 7 maj 2015
[2] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 22 april 2015

2020/2021 (preliminärt)
När muddermassorna i den norra delen av området har härdat till en fast massa kan överbyggnaden byggas. Detta beräknas starta 2020/21 och anledningen till att en överbyggnad anläggs redan i detta skede är för att avlasta de intilliggande kajplatserna och förse dessa med en ytterligare uppställningsyta[1].

Detta steg är emellertid inte fastställt, eftersom överbyggnaden vanligtvis anläggs som sista steg, dock kan detta anses nödvändigt att göra för att avlasta närliggande hamnverksamhet[1].

2022/2023 - Lila
Med början 2022/23 kommer resterande område, där sedimentationsdammen ingår, att fyllas med muddermassor[1].

2024/2025
Sista momentet kommer kunna starta 2024/25 och innefattar att anlägga resterande områden med överbyggnad och att färdigställa de kajer som ska bekläda vissa delar av området[1]. De vallar som saknar spontad kaj förses även med erosionsskydd.

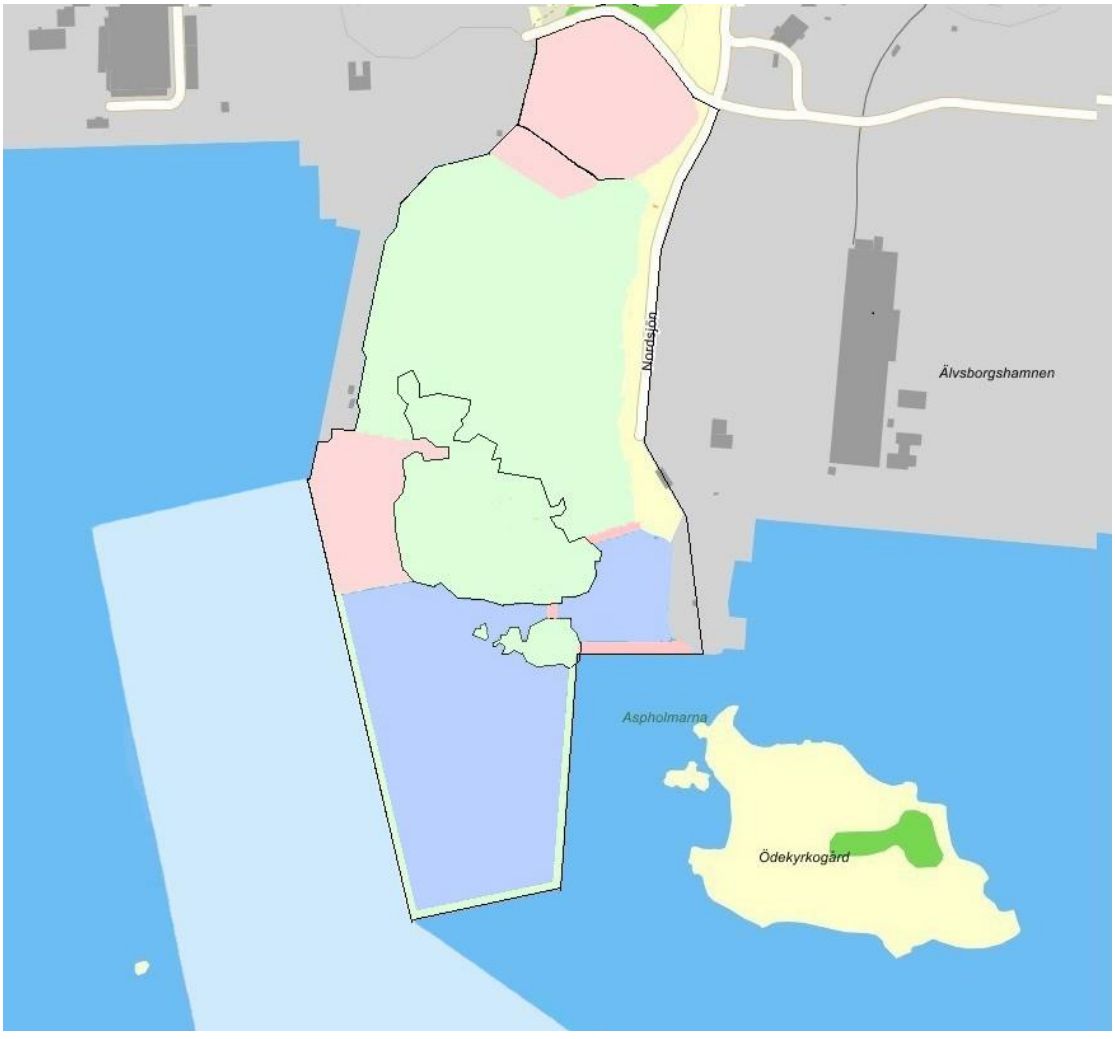


Bild 9: Utbyggnadsordning för Arendal 2. (Bildkälla: André Dennhed)

[1] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 22 april 2015

4.4.2 Risholmen

Utbyggnaden av Risholmen antas kunna starta år 2018 och beräknas pågå i drygt 10 år. Då detta ligger aningen senare i tiden, på grund av utbyggnaden av Arendal 2, finns en utarbetad arbetsordning, men dock ingen detaljerad tidsplan för de olika momenten som kommer ingå i byggnationen[1].

Steg 1: 2018 - Röd
Muddring av området där norra samt södra vallen ska anläggas. Vallen får samma djup som kajen, det vill säga -20,5 meter (RH2000) i södra respektive -17 meter (RH2000) i norra vallen. Därefter pålas de områden under vallen där underlaget anses undermåligt (Franzén, G. Garin, H., 2015).

Steg 2: 2018 - Grön
Bergtäkten Knippelholmen förbereds för utvinning (Franzén, G. Garin, H., 2015) genom att all växtlighet och liknande tas bort från ön[2].

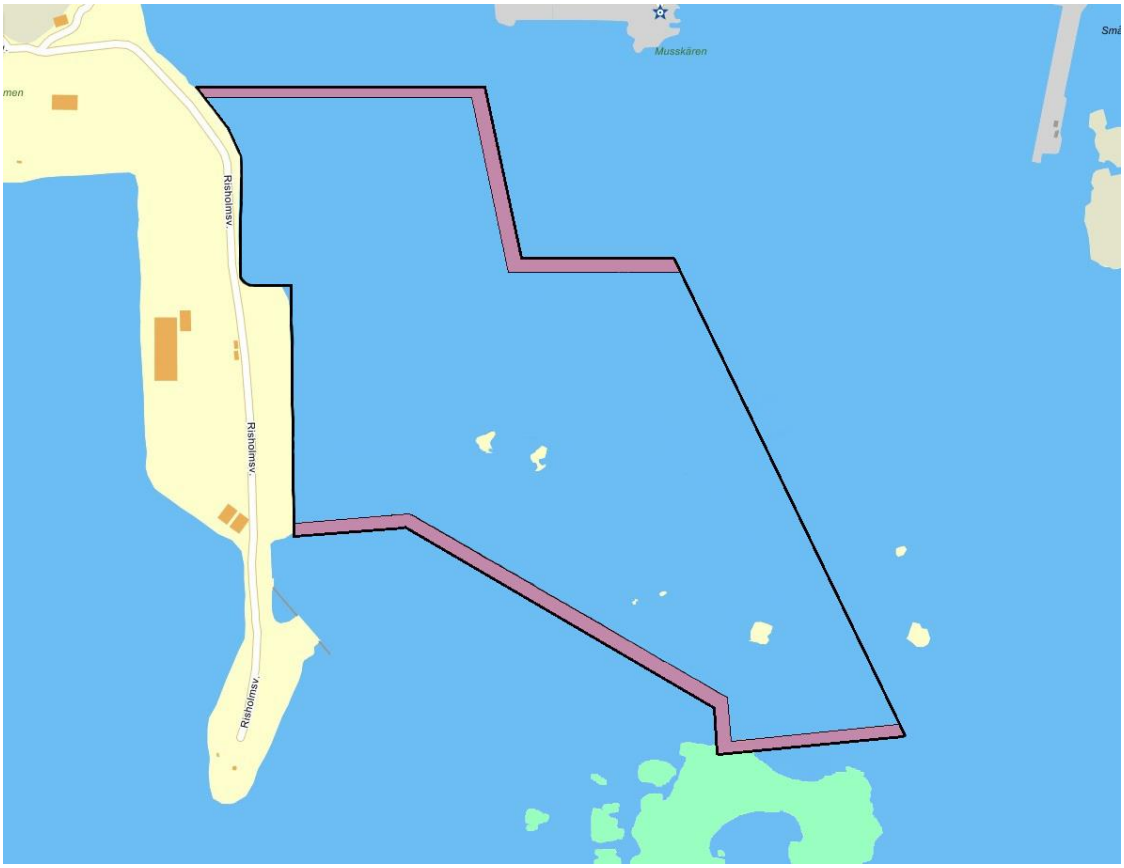


Bild 10: Utbyggnadsordning för Risholmen, steg 1 – 2. (Bildkälla: André Dennhed)

Steg 3: 2018-2019 - Orange
Anläggning av södra och norra vallen till nivån +1.5 meter (RH2000) (Franzén, G. Garin, H., 2015).

[1] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 22 april 2015
[2] Magnus Harrysson (Konsult Hamnteknik, Port Engineering Göteborg AB) intervjuad av författarna 7 maj 2015

Steg 4: 2019 - Lila
En siltgardin appliceras där områdets östra vall senare kommer byggas (Franzén, G. Garin, H., 2015). I siltgardinen görs en öppning som gör det möjligt för de prålmar, som ska frakta in fyllnadsmaterialet, att kunna ta sig in och ut ur området[1].

Steg 5: 2019 - Blå
Muddring av det område i den norra delen av området där vall för mudderdeponi ska anläggas. Vallen grundläggs sedan med sprängsten och byggs upp av lera. Därefter tätas området med lera och en dräneringsbädd placeras på botten. Detta gör det möjligt att pumpa ut vatten ur den lera som ska läggas i området (Franzén, G. Garin, H., 2015). Genom att vatten förs bort från materialet bidrar detta till en ökad hållfasthet (Statens geotekniska institut, 2015).

Steg 6: 2019 - Röd
Knippelholmen sprängs ner till -24 meter (RH2000), då det i detta område ska anläggas en kaj där fartygen som lägger till kräver ett djup på -20,5 meter (RH2000)[2]. Kobbar och skär inom området schaktas av till en höjd på +0,5 meter (RH2000) (Franzén, G. Garin, H., 2015).

Steg 7: 2019 - Gul
Tätning och justering av vallarnas insida. Sedan muddras två strängar i området för att anlägga två stycken arbetspirar varpå så kallade dragliners ska placeras (Franzén, G. Garin, H., 2015). Dessa har till uppgift att jämna ut det fyllnadsmaterial som deponeras i området så att prålmarna som transporterar fyllnadsmaterialen kan äntra området[1].

Steg 8: 2019-2023 - Rosa
Området fylls upp med lera från Västlänken fram till en bit innanför den östra vallen. Därefter muddras botten där den östra vallen skal placeras och vallen byggs upp. (Franzén, G. Garin, H., 2015).

[1] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 22 april 2015
[2] Magnus Harrysson (Konsult Hamnteknik, Port Engineering Göteborg AB) intervjuad av författarna 7 maj 2015

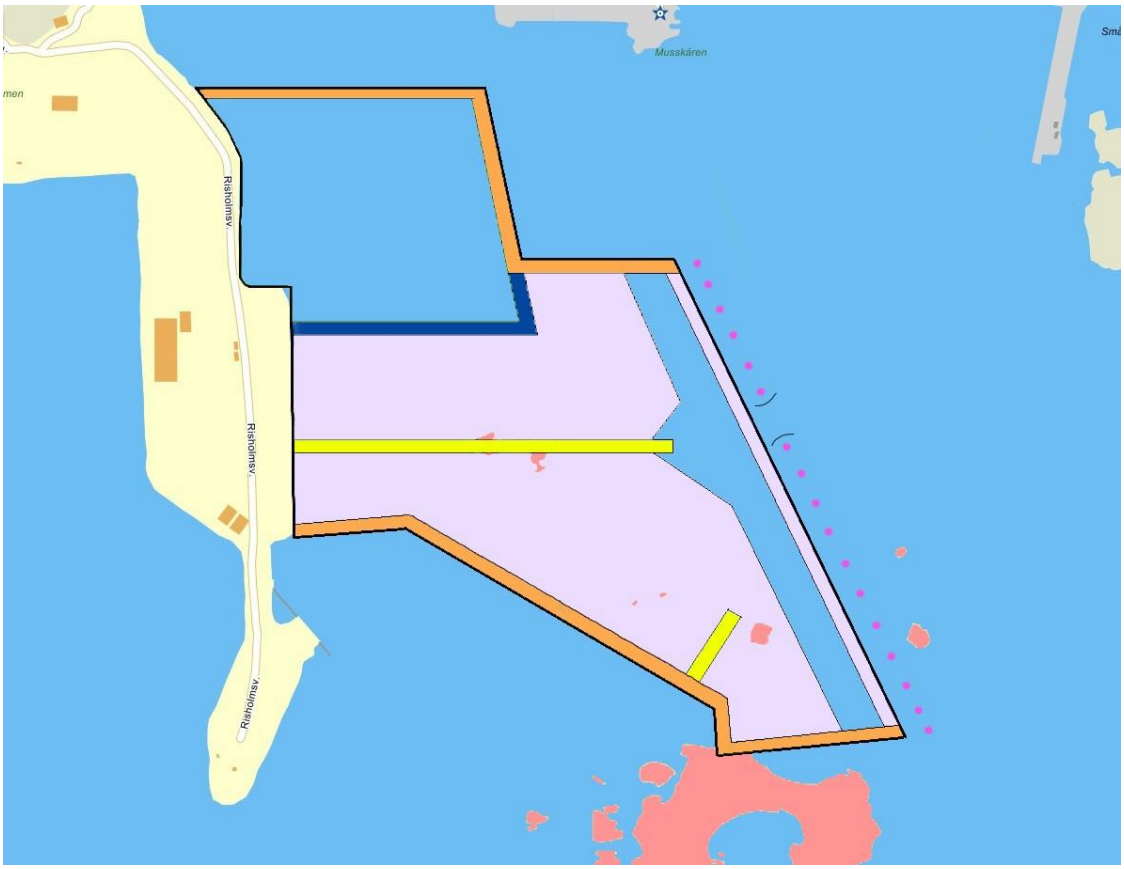


Bild 11: Utbyggnadsordning för Risholmen, steg 3 – 8. (Bildkälla: André Dennhed)

Steg 9: 2024
I detta skede är alla vallar klara och de justeras och förses med erosionsskydd. Därefter fylls området, exklusive mudderdeponiområdet, upp med överbyggnadsmaterial till slutgiltig nivå, +2 meter (RH2000) (Franzén, G. Garin, H., 2015).

Steg 10: 2025-2028
Området färdigställs med kaj- och pirbyggnation samt att de största sättningarna väntas ut. Därefter färdigställs överbyggnaden (Franzén, G. Garin, H., 2015) och området förses med ett lager samkross[1].

Steg 11: 2026-2034
Mudderdeponin i nordvästra delen fylls upp med muddermassor där 200 000 m^3 per gång erhålls från underhållsmuddringen som sker i hamnen runt 2026, 2030 samt 2034[2].

Steg 12: 2035
Överbyggnaden över mudderdeponin färdigställs[2] samt förses med ett lager samkross[1].

[1] Magnus Harrysson (Konsult Hamnteknik, Port Engineering Göteborg AB) intervjuad av författarna 7 maj 2015
[2] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 22 april 2015

5 Geotekniska förutsättningar

För att undersöka den befintliga stabiliteten i området, samt hur den kommer att påverkas av byggnationen, har det gjorts ett flertal stabilitetsanalyser. Kajplats 712 är uppbyggd av en sprängstensvall som vilar direkt på berget och kajplats 713 är pålad till fast botten, därför har inga stabilitetsanalyser gjorts över detta område (Sweco Infrastructure AB (1), 2013).

Piren vid kajplats 750 är delvis grundlagd med kohesionspålar av trä ner till en nivå på -18 meter (GH88), och har sedan byggnationen 2001 satt sig ungefär 0,5 meter. Kajkonstruktionen är pålad med betongpålar som går ner till fast botten och har därför inte påverkats av sättningar. Kajen är även spontad med djupgående spontar i framkant, vilket verkar som ett visst mothåll mot piren (Sweco Infrastructure AB (1), 2013). Kajplats 750 är inte dimensionerad för att klara de extra laster som uppstår när Arendal 2 fylls ut, därför krävs pålning innanför kajen för att den inte ska tryckas utåt (Harrysson, 2013).

Vid både Arendal 2 och Risholmen är det översta lagret sediment omkring 3 meter djupt och löst packat, detta leder till att stora momentana sättningar kommer att uppstå vid belastning. Dessa massor kommer således att muddras innan grundläggning för vallarna genomförs. Den underliggande leran har betydligt högre bärighet. Sprängstensvallarna kommer att pålas till fast botten, därför beräknas det bli väldigt små sättningar i leran under vallarna. Däremot kommer det att bli egensättningar i själva vallarna, men då dessa antas ske relativt snart efter byggnationen kan det fyllas ut innan ytbeläggningen läggs på (Franzén, G. Garin, H., 2015).

Det löst packade sedimentet innanför vallarna i Arendal 2 muddras inte bort innan de solidifierade massorna läggs ut. Det gör att det kommer uppstå stora sättningar i området men då det tar lång tid att fylla upp hela området förväntas den större delen av sättningarna att ha uppkommit innan området tas i bruk. Dock så kommer det vara stora sättningsskillnader i området. Detta beror på de minimala sättningarna för de pålade sprängstensvallarna samt att inga sättningar beräknas uppkomma i mitten av området där ön Lilla Aspholmen är belägen (Sweco Infrastructure AB (1), 2013).

Även vid Risholmen så kommer det lösa sedimentet att lämnas kvar när fyllnadsmassorna deponeras. Lermaterialet som ska användas kommer att ha svällt då det schaktats och fraktats till plats. Därav kommer det att uppkomma sättningar i leran efter att den är dumpad på anläggningsplatsen (Franzén, G. Garin, H., 2015). För att påskynda sättningarna kommer vertikaldränering i form av sandpelare att borras ner i leran. Detta görs för att öka den hydrauliska konduktiviteten så att vatten lättare pressas ut. På så viss sätter sig leran snabbare[1].

5.1 Materialdata

För att kunna räkna på och jämföra de material som kan komma att ingå i projektet kommer nödvändig data att tas fram för respektive material. Data som finns kan även komma att behöva räknas om för att anpassas till enheter som används på arbetsmarknaden.

[1] Magnus Harrysson (Konsult Hamnteknik, Port Engineering Göteborg AB) intervjuad av författarna 7 maj 2015

5.1.1 Bergmaterial

Allt det bergmaterial som kommer att användas i projektet hämtas från Göteborgsregionen vilket medför att majoriteten av bergmaterialet kommer bestå av granit eller gnejs vilket anses vara ett bra material[1].

Granit har en densitet på 2660 kg/m^3 (Naturstenskompaniet (1), 2015) och Gnejs har en densitet på 2670 kg/m^3 (Naturstenskompaniet (2), 2015). Densiteten på de olika bergmaterial som kommer användas kan variera, därav kommer ett medelvärde på densiteten, för varje fraktion, att användas.

För att ge vallarna ett bra skydd mot erosion kommer sprängsten att användas där ingående stenar ska väga mellan 200 och 1000 kg, och hälften av stenarna ska väga minst 500 kg. Detta motsvarar ungefär en fraktion på 400-700 mm på stenblocken[2].

När Skanska utvinner bergmaterial i Halvorsäng fås fraktionen ca 0-700 mm direkt vid sprängning[3]. Stenarna som är mindre än 400 mm sållas bort och används vid byggnation av vallens kärna. Stenarna som är större än 400 mm kommer således att användas som erosionsskydd, alltså kommer hela fraktionen 0-700 mm att användas[2].

Samtliga material som innehåller fraktioner ända ner till 0 mm får ungefär samma densitet. Detta beror på att det mellanrum som blir mellan större stenar fylls ut med de mycket mindre kornen som då ingår i materialet. Detta leder till att luftrummen fylls med mindre stenar och detta driver då upp densiteten[4].

Samkross 0/32
Samkross har en densitet på 1600 kg/m^3 (Märsta förenade).

Krossgrus 0/45
Krossgrus med fraktionen 0-45 mm har i packat tillstånd en densitet på 2000 kg/m^3 samt en densitet på 1650 kg/m^3 i löst tillstånd[2].

Krossgrus 0/150
Krossgrus med fraktionen 0-150 mm har i packat tillstånd en densitet på 2000 kg/m^3 samt en densitet på 1550 kg/m^3 i löst tillstånd[2].

Sprängsten 0/400
Sprängsten med fraktionen 0-400 mm har en densitet på 2000 kg/m^3 i packat tillstånd samt en densitet på 1750 kg/m^3 i löst tillstånd[4].

Sprängsten 400/700
Sprängsten med fraktionen 400-700 mm har en densitet på 1500 kg/m^3. Densiteten på detta material är relativt låg eftersom mycket luft lägger sig mellan stenarna och på så

[1] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad via mail av författarna 19 februari 2015
[2] Magnus Harrysson (Konsult Hamnteknik, Port Engineering Göteborg AB) intervjuad av författarna 7 maj 2015
[3] Mikael Gustafsson (Projektutvecklare Skanska Asfalt och Betong AB) intervjuad av författarna 15 april 2015
[4] Paul Haumann (Skanska Asfalt och Betong AB) intervjuad av författarna 29 april 2015

sätt minskar densiteten. Dessutom kommer den packade densiteten vara ungefär samma som den lösa då fraktionerna är så pass stora att det är svårt att packa[1].

Bergmaterial från Västlänken
Vid byggnationen av Västlänken erhålls stora mängder berg[2]. Fraktionen på bergmaterialet som fås när tunneln sprängs ut blir mindre än fraktionen på den sprängsten som erhålls från vanliga bergtäkter. Detta beror på att de sprängladdningar som används inte kan vara lika kraftiga då det både finns risk för ras och skador på omkringliggande byggnader samt att kraftiga vibrationer kan orsaka stora störningar i staden. Fraktionerna varierar beroende på storleken på sprängladdningen och är emellertid svåra att avgöra på förhand. Dessa fraktioner är dock så små att de inte kommer kunna användas som erosionsskydd[3].

Fraktionen som fås beräknas dock till 200-400 mm och volymen på bergmaterialet väntas svälla men en faktor på 1,5. Det medför en densitetminskning från 2665 kg/m^3 i fast till 1767 kg/m^3 i löst tillstånd[4].

5.1.2 Fyllnadsmaterial

De muddermassor som Göteborgs Hamn får vid muddring av farleden antas ha en densitet på 1 550 kg/m^3 (Vinga och Hakefjorden 2013).

De lermassor som Göteborgs Hamn får vid från Västlänken antas ha en densitet på 1 650 kg/m^3 (Franzén, G. Garin, H., 2015).

5.1.3 Omräkningsfaktorer

För att göra de beräkningar som krävs har följande omräkningsfaktorer använts. Faktorerna kan appliceras på både densitet och volym.

Krossgrus 0/45
Fast → löst: 2665 kg/m^3/1650 kg/m^3 = 1,62
Löst → packat: 1650 kg/m^3/ 2000 kg/m^3 = 0,825
Fast → packat: 2665 kg/m^3/ 2000 kg/m^3 = 1,33

Krossgrus 0/150
Fast → löst: 2665 kg/m^3/1550 kg/m^3 = 1,72
Löst → packat: 1550 kg/m^3/ 2000 kg/m^3 = 0,775
Fast → packat: 2665 kg/m^3/ 2000 kg/m^3 = 1,33

Sprängsten 0/400
Fast → löst: 2665 kg/m^3/ 1750 kg/m^3 = 1,52
Löst →packat: 1750 kg/m^3/ 2000 kg/m^3 = 0,875
Fast → packat: 2665 kg/m^3/2000 kg/m^3 = 1,33

[1] Paul Haumann (Skanska Asfalt och Betong AB) intervjuad av författarna 29 april 2015
[2] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 16 februari 2015
[3] Magnus Harrysson (Konsult Hamnteknik, Port Engineering Göteborg AB) intervjuad av författarna 7 maj 2015
[4] Johan Bengtsson (Konsult Infrastruktur Pontarius AB) intervjuad av författarna 2 juni 2015

Sprängsten 200/400
Vid utsprängning av berg i Västlänken sväller materialet med en faktor på 1.5[1]. Detta gör att densiteten minskar från 2665 kg/m^3 till 1767 kg/m^3.

Fast → lös: 2665 kg/m^3/1767 kg/m^3 =1.5

Sprängsten 400/700
Fast → lös: 2665 kg/m^3/1500 kg/m^3 = 1,78

Muddermassor
Fast → löst: svällfaktor 20 %.
Den största svällningen sker direkt vid uppgrävning (från *in-situ* till löst).

Lera
Fast → löst: Svällfaktor 10 %.
När leran sedan läggs på plats kommer den gå tillbaks till sin ursprungliga volym relativt omgående.

[1] Johan Bengtsson (Konsult Infrastruktur Pontarius AB) intervjuad av författarna 2 juni 2015

6 Volymer

I projektet kommer många olika material att användas och de kommer även behövas i stora kvantiteter. I detta kapitel redogörs för vilka mängder material som kommer krävas i projektet samt vilka mängder av de olika materialen som finns att tillgå. Vidare beskrivs vilken typ av material det är samt när materialet finns tillgängligt för transport till anläggningsplatsen.

6.1 Materialtillgång

För att konstruera de vallar som kommer omsluta områdena samt det bärlager som ska läggas på ytan kommer sprängsten att användas. I nära anslutning till anläggningsplatserna finns flertalet bergtäkter som kan komma att användas. Där finns bland annat Skanskas bergtäkter Vikan och Halvorsäng, Swerocks bergtäkt vid Ardalsberget samt en del egna mindre områden med berg inom hamnområdet som kan utnyttjas[1].

Det finns även andra alternativ för köp och transport av material till anläggningsområdet som ur ett ekonomiskt perspektiv hade kunnat vara möjliga att genomföra. Dessa har dock inte tagits med i beaktning då dessa alternativ hade bidragit till en avsevärt större påverkan på miljön med de ökande transportavstånden[1].

Bild 12: Karta över materialtillgång. (Bildkälla: André Dennhed)

[1] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 16 februari och 30 mars 2015

6.1.1 Utomstående bergtäkter

I närheten av de områden som ska anläggas finns tre olika utomstående bergtäkter. Dessa tre anses vara de alternativ som Göteborgs Hamn vill ta med i beaktning på grund av sina geografiskt fördelaktiga placeringar[1].

Skanska Halvorsäng
I området Halvorsäng bryter Skanska idag berg med en brytningstakt på 1 300 000 ton bergmaterial per år. I täkten finns det 5 050 000 ton berg kvar att bryta och täkten är beräknad att vara helt avvecklad vid halvårsskiftet 2019. Skanska går då över till brytning av bergmaterial vid området Vikan[1].

Göteborgs Hamn har ingått avtal med Skanska för att låta dessa bryta det berg som Göteborgs Hamn äger i Halvorsäng. Detta eftersom Göteborgs Hamn inte har något eget intresse i berget i sig utan endast att i framtiden kunna nyttja marken för andra ändamål. Genom att då låta Skanska utvinna och sälja vidare allt material som går att utvinna här har en bra lösning skapats. I detta avtal har Göteborgs Hamn förtur till att köpa 1 000 000 ton berg, och avtalet sträcker sig till 2018. Alltså anses det fördelaktigt att kunna utnyttja denna mängd tidigt i projektet[2].

Skanska Vikan
Efter att bergtäkten vid Halvorsäng avvecklats övergår Skanska med produktionen till Vikan som ligger i nära anslutning till den gamla bergtäkten. I Vikan finns en maxbegränsning på 20 000 000 ton som kan utvinnas och heller inget slutdatum för produktion. Dock kommer utvinningstakten vara densamma som för utvinningen vid Halvorsäng, det vill säga 1 300 000 ton per år[1].

Swerock Ardalsberget
I området vid Ardalsberget kommer Swerock att starta upp en bergtäkt, med en start som planeras till 2016. Här har det fastställts att den totala mängden berg som får utvinnas inte får överstiga 12 900 000 ton samt att den årliga produktionen inte får överskrida 750 000 ton per år. Swerock har fått tillstånd att bryta berget fram till 31 december 2032[1].

6.1.2 Egna bergtäkter

De bergtäkter som finns i Göteborgs hamns egen ägo kan också komma att användas. Dock sker ingen brytning av bergmaterial vid någon av dessa bergtäkter idag och kostnaderna för att utvinna detta berg är väldigt osäkra. Dock kommer en schablonmässig kostnad för dessa bergtäkter att tas fram och jämföras med kostnader för inköp av bergmaterial från utomstående bergtäkter.

Uppstart av bergtäkt behöver ske ungefär ett år innan material behövs i projektet då det beräknas ta denna tid innan material kan utvinnas i normal takt[3].

[1] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 16 februari och 30 mars 2015 samt intervju via mail 10 mars 2015
[2] Hans Simonson (Senior Manager Real Estate, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 23 april 2015
[3] Mikael Gustafsson (Projektutvecklare Skanska Asfalt och Betong AB) intervjuad av författarna 15 april 2015

Sveas Kulle
Berget Sveas Kulle har totalt 400 000 ton berg som skulle kunna brytas. Brytning av detta berg skulle kunna starta 2016[1].

Arken 1
Berget Arken 1 har en mängd berg som kan brytas som uppgår till 1 600 000 ton[1] och brytningen skulle kunna starta 2022.

På bergtäkten Arken 1 ligger hotellet och konferensanläggningen Arken Hotel & Garden Spa. Hotellet och Göteborgs Hamn har för tillfället ett avtal vilket säger att de har rätt att bedriva sin verksamhet i detta område fram till år 2021. Om Göteborgs Hamn vill utnyttja det område där Arken Hotel & Garden Spa har sin verksamhet innan 2021 är Göteborgs Hamn skyldiga att ersätta verksamheten för uteblivna intäkter eller hitta en fastighet med motsvarande marknadsvärde där hotellet kan fortsätta att bedriva sin verksamhet[2].

Om Göteborgs Hamn vill ha tillgång till området innan 2021 kommer de tvingas betala en väldigt stor summa pengar. Därför är det mer troligt att kontraktstiden väntas ut och verksamheten tvingas då flytta utan att kunna kräva pengar av Göteborgs Hamn. Därefter kommer en uppstartstid för täkten på ca ett år och täkten blir tillgänglig tidigast 2022[2].

Arken 2
Berget Arken 2 har en mängd berg som kan brytas som uppgår till 266 500 ton[3] och brytningen skulle kunna starta 2016. Denna bergtäkt ligger i det området Arendal 2 och på mark som kommer att användas i hamnens verksamhet. Detta innebär att denna bergtäkt kommer att användas till anläggningen av Arendal 2 oberoende kostnad för utvinning och transporter med mera[1].

Lilla Aspholmen
Området Lilla Aspholmen ligger även det i området där det nya hamnterminalområdet Arendal ska anläggas. Detta gör att oavsett kostnad kommer detta berg att sprängas bort. För att ta tillvara på detta på bästa sätt kommer den sten som sprängs bort att användas i någon del av byggnationen. Den totala volym berg som kommer behöva sprängas bort beräknas till 266 500 ton[3]. Utvinningen av detta bergmaterial antas starta samtidigt som området Arendal börjar byggas, alltså år 2016[1].

Berg i nya farleden
I och med byggnationen av de två nya hamnterminalområdena kommer den befintliga farleden att behöva flyttas. Där den nya farleden planeras finns dock berg som måste sprängas bort för att fartygen ska ha tillräcklig bottenklarning. I och med att även detta sker oavsett kostnad kommer också dessa massor att användas till någon del av byggnationen av de nya områdena. Här måste berget sprängas ner till en nivå på -1,7 m/-1,5 m (GH88, Göteborgs lokala höjdsystem) vilket ger 190 000 ton berg. Detta

[1] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 22 april 2015 samt intervju via mail 10 mars 2015
[2] Hans Simonson (Senior Manager Real Estate, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 23 april 2015
[3] Magnus Harrysson (Konsult Hamnteknik, Port Engineering Göteborg AB) intervjuad av författarna 7 maj 2015

bergmaterial kan börja utvinnas samtidigt som området Arendal börjar byggas 2016 (Harrysson, 2013). Troligtvis utvinns berget runt 2018[1].

Knippelholmen
Knippelholmen ligger i anslutning till Risholmen och kommer förmodligen att sprängas ner till -20,5 meters ramfritt djup (RH2000). Det är endast berget som är beläget söder om den planerade kajen som kommer sprängas bort och brytningen skulle kunna starta 2018[1]. Denna holme hindrar fartyg från att anlöpa kajen vid hamnens sydöstra del. Därför kommer denna bergtäkt oavsett kostnad att utvinnas och användas i byggnationen av området[2]. Dock kommer endast berget som fås när det sprängs ner till omkring -4 meter (RH2000) att användas då det efter detta djup blir olönsamt att utnyttja bergmaterialet som byggnadsmaterial i projektet. Knippelholmen har därför en mängd användningsbart berg som uppgår till 475 500 ton[2].

6.1.3 Muddermassor

Göteborgs Hamn underhållsmuddrar sina farleder en gång var tredje till femte år och kommer då att generera omkring 200 000 m^3 mudder per gång[1]. Senaste gången hamnen muddrades var 2014 vilket innebär att nästa muddring kommer ske 2018 (Göteborgs Hamn (2), 2014). Skulle behovet av muddermassor bli något högre än dessa 200 000 m^3 kan en övermuddring göras, vilket betyder att mer material än vad som är behövligt muddras.

Exploatering i området kräver att farleden läggs om vilket leder till att 700 000 m^3 muddermassor behöver muddras utöver underhållsmuddringen (Harrysson, 2013).

Mellan år 2019 och 2026 kommer stora områden runt Risholmen att muddras på totalt 7 800 000 m^3 muddermassor (Franzén, G. Garin, H., 2015).

6.1.4 Västlänksmaterial

På grund av att projekteringen av Västlänken befinner sig i ett relativt tidigt skede kan dessa volymer vara lite missvisande. I nuläget beräknas 4 500 000 ton berg och 2 090 000 m^3 (3 448 500 ton) lera erhållas från konstruktionen av Västlänksprojektet. Då en del av leran, mellan 100 000 m^3 och 300 000 m^3, antas vara förorenad kommer inte Göteborgs Hamn kunna tillgodogöra hela mängden lera. Ett antagande görs då att ungefär 1 900 000 m^3 (3 135 000 ton) står till hamnens förfogande. Mängden material från Västlänken är osäker då det är beräknat utan optimering. Optimering görs för att få en optimal utformning på tunnschaktet vilket kan leda till att mängden massor från Västlänken kan komma att ändras varefter projektet fortskrider[3]. Material från Västlänken beräknas tillgängligt från och med januari 2018[3] och antas levereras kontinuerligt fram till ca 2023[1].

Mängden berg som kan erhållas från Västlänken beräknas till ca 1 233 000 ton/år mellan 2018 och 2020. Efter detta minskar materialöverskottet till 600 000 ton 2021 och 250 000 ton 2022 och en väldigt liten mängd, kanske inte något alls, år 2023.

[1] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 22 april 2015 samt intervju via mail 10 mars 2015
[2] Magnus Harrysson (Konsult Hamnteknik, Port Engineering Göteborg AB) intervjuad av författarna 7 maj och 4 juni 2015
[3] Johan Bengtsson (Konsult Infrastruktur Pontarius AB) intervjuad av författarna 2 juni 2015

Tabell 1: Totala mängder tillgängligt berg.

Bergtäkt	Total massa (ton)	Prod./år (ton)	Prod. start	Prod. slut
Sveas Kulle	400 000	-	-	-
Arken 1	1 600 000	-	-	-
Arken 2	266 500	-	-	-
Lilla Aspholmen	266 500	-	-	-
Berg i nya farleden	190 000	-	-	-
Knippelholmen	475 500	-	-	-
Ardalsberget (Swerock)	12 900 000	750 000	2016	2032
Skanska Halvorsäng	5 050 000	1 300 000	Pågående	2019
Skanska Vikan	20 000 000	1 300 000	2019	2035
Berg från Västlänken	4 550 000	Se 6.1.4	2018	2023
Totalt	**45 510 000**	**-**	**-**	**-**

6.2 Materialåtgång

För att lättare få en överblick över vilka material som behövs samt totala volymer delas områdena in i tre delar, material för omslutande vallar, fyllnadsmaterial och överbyggnadsmaterial.

Volymerna beräknas med hjälp av (Franzén, G. Garin, H., 2015), (Harrysson, 2013) samt (AnTy902, 2010) och redovisas som packad volym.

De initiala ritningarna visar inte de vallar som ska anläggas för att innesluta den sedimentationsdamm som ska byggas samt för att anlägga ett etableringsområde väster om Lilla Aspholmen. Detta redovisas i följande tabeller som valltyp E. På grund av detta görs ett antagande om att 35 000 m^3 muddermassor ersätts med packad sprängsten.

6.2.1 Omslutande vallar

Bergmaterialet från Västlänken som har fraktionen 200/400 kommer användas i vallarna tillsammans med den sprängsten som har fraktionen 0/400 och redovisas här i samma kategori.

Volymen material till erosionsskydd för Arendal 2 räknas fram schematiskt med hjälp av förhållandet mellan (volym erosionsskydd)/(volym total) för området Risholmen.

Valltyperna hämtas från (M10-201, 2013) och (Harrysson, 2013).

Valltyp A och B saknar erosionsskydd i form av sprängsten eftersom dessa kommer utrustas med en kaj där framkanten spåntas.

$n = V_{erosionsskydd}/V_{total} = 165\ 000 /(715\ 000 + 450\ 000 + 165\ 000) = 0.124$

V_{total} = (fyllning sprängsten) + (300 mm sprängsten på geotextil)
$V_{erosionsskydd} = V_{total} * n$
$V_{sprängsten} = V_{total} - V_{erosionsskydd}$

Tabell 2: Materialåtgång vallar Arendal 2.

Valltyp	Sprängsten 0/400 (m^3)	Erosionsskydd 400/700 (m^3)
A	44 792	-
B	116 622	-
C	30 922	4 377
D	9 350	1 323
Kajplats 750	450	-
E	35 000	-
Totalt	**237 000**	**5 700**

Tabell 3: Materialåtgång vallar Risholmen.

Materialtyp	Volym (m^3)
Sprängsten 0/400 (200/400), ovan botten	715 000
Sprängsten 0/400 (200/400), under botten	450 000
Erosionsskydd 400/700	165 000

För enbart norra samt södra vallen i Risholmen krävs 730 000 m^3 sprängsten 0/400.

6.2.2 Fyllnadsmaterial

För att fylla upp området Arendal 2 till den valda nivån kommer 495 000 m^3 solidifierade muddermassor att behövas. Processen med att massorna grävs upp, solidifieras och läggs i området medför en svällning på 20 %. Detta leder till att endast 412 500 m^3 *in-situ* kommer behöva muddras.

Tabell 4: Materialåtgång fyllnadsmaterial för Risholmen.

Materialtyp	Volym (m^3)
Muddermassor	600 000
Lera Västlänken	1 740 000
Extra lera pga. sättningar	510 000

Eventuellt kommer det att anläggas två arbetspirar i Risholmen, om detta görs kommer 360 000 m^3 lera (594 000 ton) att bytas ut mot lika mycket sprängsten 0/400 (720 000 ton).

6.2.3 Överbyggnadsmaterial

Beräkningarna baseras på att skyddslagret har samma material som förstärkningslagret. Om geotextilduken anses olämplig att lägga under krossgrus kan ett finare material användas i skyddslagret[1].

[1] Magnus Harrysson (Konsult Hamnteknik, Port Engineering Göteborg AB) intervjuad av författarna 7 maj 2015

Här görs ett antagande om att den överlast som läggs på området inte byts ut utan ingår sedan i förstärkningslagret. Denna volym beräknas uppgå till 210 000 m^3.

Tabell 5: Materialåtgång överbyggnadsmaterial för Arendal 2.

Materialtyp	**Volym (m^3)**
Bundet bärlager	38 000
Bärlager, krossgrus 0/45	16 800
Förstärkningslager + skyddslager, krossgrus 0/150	246 000

För Risholmen görs ett antagande att samkross till en början läggs i ett 200 mm tjockt lager över hela området vilket motsvarar 102 000 m^3 (163 000 ton).

Överbyggnaden över mudderdeponin, som är ca 120 000 m^2 stor, kommer behöva vänta på att mudderdeponin är helt fylld vilket den beräknas vara 2034. Det betyder att 23,5 % av överbyggnadsmaterialet behövs tidigast 2035.

Tabell 6: Materialåtgång överbyggnadsmaterial för Risholmen.

Materialtyp	**Volym (m^3)**
Bundet bärlager	-
Bärlager, krossgrus 0/45	40 800
Förstärkningslager + skyddslager, krossgrus 0/150	765 000

6.2.4 Total materialåtgång

Tabell 7: Total materialåtgång för Arendal 2.

Materialtyp	**Volym (m^3)**	**Massa (ton)**
Muddermassor	495 000	767 000
Lera Västlänken	-	-
Bundet bärlager	38 000	-
Krossgrus 0/45	16 800	33 600
Krossgrus 0/150	246 000	492 000
Sprängsten 0/400	237 000	474 000
Sprängsten 400/700	5 700	8 550

Tabell 8: Total materialåtgång för Risholmen.

Materialtyp	**Volym (m^3)**	**Massa (ton)**
Muddermassor	600 000	930 000
Lera Västlänken	2 250 000	3 712 500
Bundet bärlager	-	-
Krossgrus 0/45	40 800	81 600
Krossgrus 0/150	765 000	1 530 000
Sprängsten 0/400 (200/400)	1 165 000	2 330 000
Sprängsten 400/700	165 000	247 500

Efter omräkning av den totala materialåtgången beräknas omkring 5 200 000 ton berg gå åt.

6.3 Utvärdering av bergtäkter

Valet om varifrån material ska köpas eller utvinnas baseras främst på kostnaden. Då många av de företag som berörs av denna rapport inte vill ge ut exakta priser, för att undvika ökad konkurrens med mera, är de priser som redovisas endast en ungefärlig kostnad för att påvisa storleksordningen för kostnaderna for olika varor och tjänster.

Inköp av sprängsten 0/700 kostar 35 kr/ton. En ytterligare kostnad på 40 – 70 kr/ton tillkommer sedan för att sortera ut 0/400 från 400/700 fraktionerna[1].

Krossgrus 0/45 samt 0/150 ingår allt som oftast i bergtäkternas normala utbud[2]. Krossgrus 0/45 kostar 78 kr/ton och krossgrus 0/150 kostar 55 kr/ton[1].

När bergmaterial utvinns på Vikans kross används sprängning för att lösgöra bergmassor från det fasta berget. För att skapa lönsamhet i detta krävs det att det finns stora mängder berg att utvinna samt att tillräckligt stora mängder, omkring 200 000 ton, sprängs loss vid varje salva. Detta medför att utvinning av de egna mindre bergtäkterna, som finns inom Göteborgs Hamn och inte innehåller så stora mängder, får en ökad utvinningskostnad för varje ton utvunnet berg. På grund av olika förutsättningar och volymer blir det svårare att avgöra vad kostnaden för att utvinna berg från de egna täkterna blir men kostnaden blir ca 2,5 till 5 gånger större, alltså mellan 87 till 175 kr/ton, än att köpa bergmaterial från en aktiv bergtäkt[2].

Genom att utvinna de egna bergtäkterna frigörs yta som Göteborgs Hamn kan nyttja eller hyra ut till andra aktörer. Att köpa mark i området uppskattas kosta omkring 1000 kr/m^2 och att hyra ut mark i en integrerad hamn ger en lönsamhet på 100 kr/m^2 och år. På så sätt skapas lönsamhet i utvinning och användning av dessa bergtäkter och dess material. Om bergen sprängs ner i tidigt skede frigörs ytan tidigare och ger därav avkastning tidigare[1].

6.4 Tidsramar

Här redogörs för när de material som är aktuella finns tillgängliga för användning i projektet.

Skanska och Swerock har begränsade datum för brytning av berg i sina bergtäkter enligt de tillståndsansökningar de gjort för att få nyttja täkterna. Dessa tidsintervall påverkar inte Göteborgs Hamns projekt i och med att dessa tillstånd sträcker sig längre än hamnens projekt[3].

Ett antal av de egna bergtäkterna är lokaliserade inom de områden som ska konstrueras. Detta innebär att dessa bergtäkter kommer behöva utvinnas innan hamnområdena ska vara klara. Detta berör bland annat Arken 2, Lilla Aspholmen, berg i nya farleden samt Knippelholmen.

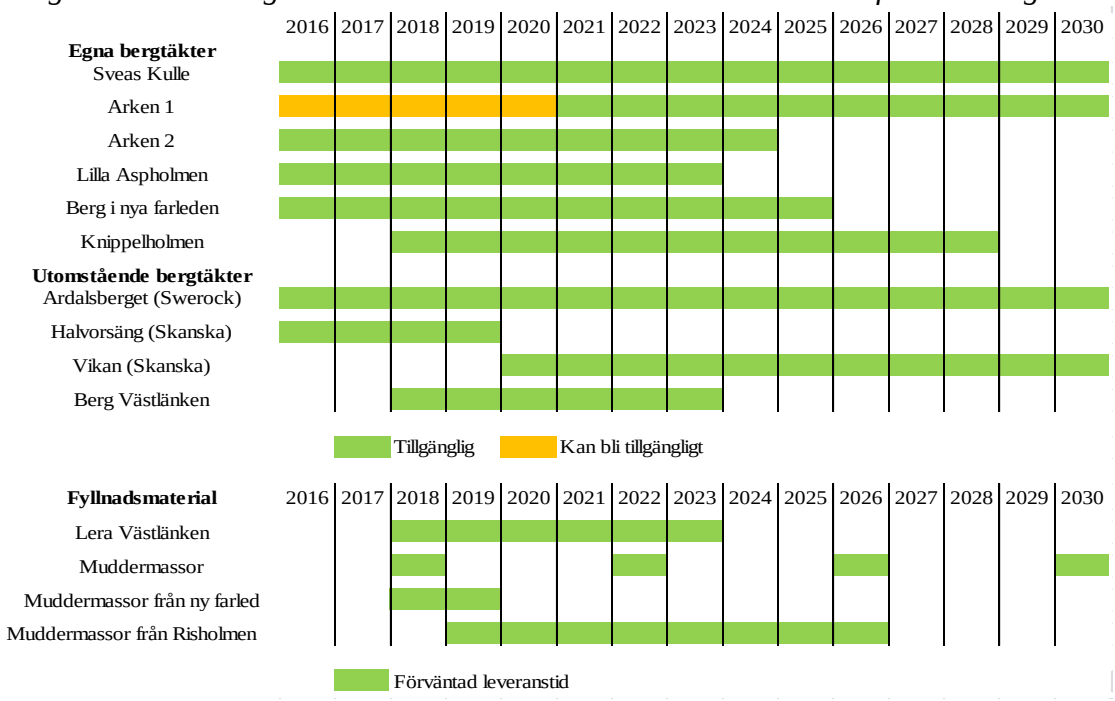
[1] Hans Simonson (Senior Manager Real Estate, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 23 april 2015 samt via mail 29 maj 2015
[2] Mikael Gustafsson (Projektutvecklare Skanska Asfalt och Betong AB) intervjuad av författarna 15 april 2015
[3] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 30 mars 2015

Muddermassornas leveransperiod kan förändras något, i och med att hamnen muddras var tredje till var femte år, därför approximeras intervallet till var fjärde år.

Transport av berg och lera från Västlänken sker parallellt och på grund av detta kan en betydande mängd lera som fås i början av projektet inte tillgodogöras eftersom leran behöver vallar runt sig för att ligga kvar, vallar som då inte hunnit anläggas ännu[1].

I diagrammet nedan går att utläsa när de olika materialen finns att tillgå.

Diagram 1: Gantdiagram över tidsintervall när de olika materialen finns att tillgå.



[1] Johan Bengtsson (Konsult Infrastruktur Pontarius AB) intervjuad av författarna 2 juni 2015

7 Transporter

För att transportera de olika materialen är pråmar att föredra. Detta eftersom de klarar av att transportera stora mängder material och att de med lätthet kan tippa materialet på rätt plats med hjälp av luckor i prånens botten. Dessa pråmar kräver dock ett djup på 3-4 meter för att kunna öppna sina luckor. Vid mindre djup måste resterande massor transporteras med lastbil eller lastas från prånen in i området med en grävmaskin[1].

Pråmar kan användas för alla de olika material som kan komma att användas med undantaget för de större block som kan förekomma i bergmassorna. Dessa block kan skada luckorna på prånen och kommer då att behöva sorteras ut och transporteras med lastbil. Transport med pråm kommer dock endast ske för de material som fås från Västlänken[1].

En pråm har även fördelen att den kan fördela stenmaterialet i vallarna så att inga branta sluttningar bildas när materialen tippas på i vattnet. Detta minskar då risken för att skred uppkommer[1].

De pråmar som kommer användas är så kallade självgående Split Barge. Med självgående menas att prånen ej behöver bogseras utan kör för egen maskin. De pråmar som kommer användas har en kapacitet på 300 m^3 [1]. Dock förväntas de endast lastas till 270 m^3 och omloppstiden för en pråm med lastning, transport samt tippning beräknas till ca 4 timmar[2].

Transporter som kommer från Västlänken har ingen ekonomisk utan endast en byggnadsteknisk betydelse för Göteborgs Hamn och således denna rapport. Detta på grund av att Trafikverket förväntas stå för kostnaderna då materialet från Västlänken deponeras i det nya hamnområdet[3].

Ett annat transportmedel är lastbil där så stora lastbilar som möjligt är att föredra. Dessa är i de allra flesta fall de mest lönsamma. Lastbilar kommer att användas för alla material när djupet blivit för litet och pråmarna inte längre kommer in i området[1].

De vanligaste typerna av lastbilar som används för att transportera stora mängder material är lastbil med släp eller lastbil med trailer. En lastbil med släp har en kapacitet på 33-35 ton medan en med trailer har en kapacitet på 30-32 ton. Med avseende på kapacitet är en lastbil med släp att föredra men då blir också avlastningsmomentet vid anläggningen av vallar mer komplicerat[4]. Detta beror på att med släp ökar antalet moment vid avlastning eftersom lastbilen backar ut på vallen och tippar materialet och behöver då göra denna procedur två gånger.

[1] Magnus Harrysson (Konsult Hamnteknik, Port Engineering Göteborg AB) intervjuad av författarna 7 maj 2015
[2] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad via mail av författarna 27 maj 2015
[3] Hans Simonson (Senior Manager Real Estate, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 23 april 2015
[4] Tina Bergman (HML) intervjuad 14 maj 2015

Bild 13: Till vänster: Sisu dump truck in Finland. Lastbil med släp, av Erkki Piirainen. (CC-BY-SA-3.0). Till höger: Scania R500 Kippsattelzug. Lastbil med trailer, av okänd fotograf. (CC-BY-SA-3.0-migrated)

7.1 Transportkostnader

När transport sker med lastbil i ett projekt med stora volymer material är det vanligast att lastbilar hyrs in med en kostnad per timma. Att hyra en lastbil kostar då ungefär 900-1000 kr/tim. Om en lastbil istället hyrs in för mindre jobb kan kostnaden istället baseras på hur mycket material som transporteras och vilken sträcka som ska köras. Baserat på att avståndet är ca 5 km från de bergtäkter som finns i området till anläggningsområdena, främst Risholmen som kräver mest materialtransporter, kostar ett lass på 33-35 ton omkring 700 kr/lass (20 kr/ton). I detta fall skulle en lastbil ungefär klara 2 lass i timman och då blir kostnaden 1400 kr/tim[1].

På grund av pågående förhandlingar mellan Göteborgs Hamn och Trafikverket, om vem som ska stå för kostnaderna för transporten av Västlänksmassorna ut till Risholmen, är denna kostnad osäker. I nuläget lutar det åt att Trafikverket kommer stå för kostnaderna av transporten och därmed utgår Göteborgs Hamns kostnader för detta moment[2].

Skanska Vikan och Skanska Halvorsäng är lokaliserade i samma område och transporter härifrån räknas då från samma ställe.

7.2 Transportvägar

Skanska Vikan och Halvorsäng, Ardalsberget (Swerock), Sveas Kulle samt Arken 1 är de områden varifrån transporter med lastbil kommer krävas. Transporter till Arendal 2 kommer gå till infarten vid området som med största sannolikhet kommer placeras i områdets nordöstra hörn medan transporter till Risholmen kommer gå fram till där Risholmsvägen går in i utbyggnadsområdets nordvästra hörn. Prålmarna som transporterar Västlänksmassorna går från Stora Bommen till Risholmen[3].

[1] Tina Bergman (HML) intervjuad 14 maj 2015
[2] Hans Simonson (Senior Manager Real Estate, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 23 april 2015
[3] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad via mail av författarna 27 maj 2015

Tabell 9: Körsträcka och körtid (enkel väg) enligt hitta.se.

Transport från	Transport till	Körsträcka (km)	Körtid (min)
Skanska Vikan/Halvorsäng	Arendal 2	2,5	6
	Risholmen	5,1	8
Ardalsberget (Swerock)	Arendal 2	1,5	6
	Risholmen	5,2	10
Arken 1	Arendal 2	0,5	3
	Risholmen	4,4	8
Sveas Kulle	Arendal 2	1,3	5
	Risholmen	5,5	10
Stora Bommen (pråm) (Fredrik Ternström)	Risholmen	9,7	48,5

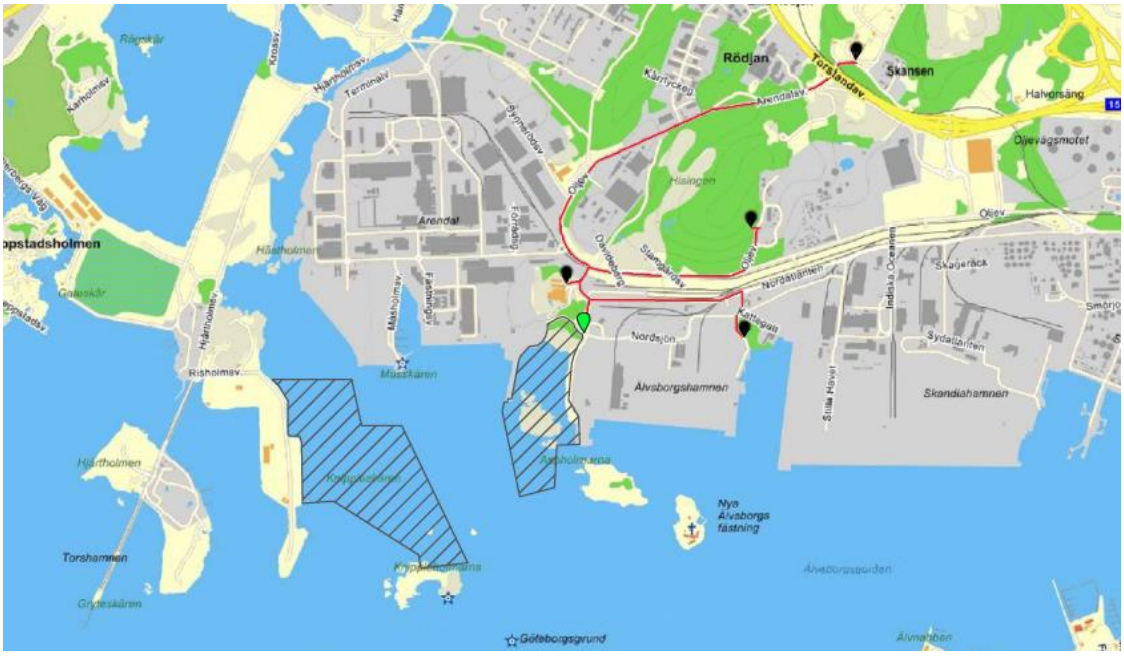


Bild 14: Transportvägar till Arendal 2. (Bildkälla: André Dennhed)

Bild 15: Transportvägar till Risholmen. (Bildkälla: André Dennhed)

7.3 Miljö

Transporter med pråm anses vara att föredra då dessa ger en bättre teknisk lösning för projektet. Genom att transportera så mycket massor som möjligt med prämar fås även ytterligare fördelar. Detta genererar till exempel mindre utsläpp av växthusgaser per volymenhet transporterat material samt genom att flytta över många transporter från lastbil till pråm kan vägnätet avlastas från en del av den tunga trafiken (Infrasverige.se, 2014).

7.3.1 Natura 2000-område

I Torsviken nordväst om Risholmen ligger ett Natura 2000-område. Ett sådant område är till för att skydda och bevara hotade djurarter (Olsson, 2015). Natura 2000-områden är en del av ett ”ekologiskt nätverk” som grundas i EU-direktiv och innefattar alla EU-länder. Just området i Torshamnen har för uppgift att långsiktigt skydda fågelarter så som brushane, salskrake och sångsvan (Sahlén, 2005) samt ytterligare ett 20-tal rödlistade fågelarter (Lundberg, 2008).

Området kring Torshamnen var tidigare bestående av betade strandängar men har under hela 1900-talet förvandlats och påverkats från de hamn-och industriverksamheter som har etablerat sig i området. En stor del av detta område har även använts som deponi för muddermassor. Trots detta har området ett rikt fågelliv som vill bevaras (Sahlén, 2005).

Hjärtholmsvägen är den enda väg som leder ut Risholmen där det nya området ska anläggas. Det är även samma väg som leder till energiterminalen på Hjärtholmen. För att inte störa djurlivet i området har en maxnivå för buller satts. Denna nivå har bestämts till samma nivå som den som var år 2000. Detta innebär att det inte finns någon gräns för antal transporter genom området, utan endast en bullernivå. Dock leder detta indirekt till att transporterna begränsas[1].

Den maximala bullernivån från Hjärtholmsvägen motsvarar ungefär 100 passager med tung lastbil per dag. Idag passerar ungefär 400 lastbilar här per dag vilket kan göra det problematiskt med de transporter som kan komma att behövas vid utbyggnaden av Risholmen. Göteborgs Hamn räknar ändå med att kunna köra ca 100 lastbilar per dag denna väg, dock i utbyte mot 100 lastbilar som trafikerar vägen idag[1].

[1] Fredrik Ternström (Senior Manager, Göteborgs Hamn AB) intervjuad av författarna 22 april 2015

8 Masshanteringsplan

En separat masshanteringsplan tas fram för respektive område. Dessa kommer redogöra för:

- Var och när material ska hämtas
- Hur mycket samt vilket material som ska transporteras
- Hur materialet ska transporteras
- Totalkostnad för material samt transporter

På grund av att lastbil med släp kostar lika mycket att hyra som trailer kan det vara fördelaktigt att köra med en lastbil med släp då dess kapacitet är ca 2 ton högre. Här görs då ett antagande om att alla transporter sker med denna typ av lastbil med reservation för att detta kan ändras om omständigheterna kräver.

Med bakgrund av de data som redogjorts för i rapporten redovisas följande masshanteringsplaner. Detta är alltså ingen entydig lösning på de utmaningar som projektet står inför utan en, enligt oss, möjlig lösning.

8.1 Arendal 2

Med start 2016 kommer Arken 2 att utvinnas och bergmaterialet användas för etableringsområdet samt sedimentationsdammen, där ingår även Valltyp D. Här krävs 50 000 m^3 (87 500 ton) sprängsten 0/400. Under första året, när Arken 2 fortfarande är i uppstartsfasen, köps berg in från Skanska Halvorsäng. Denna mängd uppgår till 25 000 m^3 (43 750 ton) och kräver 1 370 transporter med trailer. Resterande 25 000 m^3 (43 750 ton) fås 2017 från Arken 2. Eftersom Arken 2 ligger inom området räknas inga transporter. Samtidigt sker storskaligt försök med solidifierade muddermassor i områdets norra del. Detta antas pågå i ca 2 år.

Under 2018/2019 anläggs resterande vallar vilket kräver 216 000 m^3 (378 000 ton) sprängsten 0/400 och tas först från det berg som fås från farleden, dvs. 190 000 ton. Sedan hämtas resten av materialet, 188 000 ton, från Lilla Aspholmen. Då dessa täkter ligger inom området räknas inte heller här med några transporter.

Samtidigt fylls den norra delen av området upp med solidifierade muddermassor som transporteras till området med pråm. Till denna del krävs 250 000 m^3 solidifierade muddermassor, vilket motsvarar 210 000 m^3 (325 500 ton) muddermassor *in-situ*. Dessa tas från de 200 000 m^3 (310 000 ton) muddermassor hamnen får från underhållsmuddringen och det eventuella underskottet täcks av övermuddring på 10 000 m^3 (15 500 ton).

Vallarna är i detta skede färdigkonstruerade. I Arken 2 samt Lilla Aspholmen finns dock 179 000 ton respektive 78 500 ton berg kvar. Här finns två möjliga alternativ. Täkterna utvinns och materialet krossas till lämpliga fraktioner för användning i överbyggnaderna. Detta medför en extra kostnad då materialet kräver förädling för att få de önskade fraktionerna. Alternativt utvinns berget och säljs vidare när möjlighet ges samt att material till överbyggnaderna då köps in externt. Det kan dock vara svårt att hitta köpare till bergmaterialet på kort tid och då krävs yta för förvaring samt att tillgångar låses. Här görs valet att utnyttja de egna bergtäkterna för överbyggnadsmaterial.

Under 2020/2021 anläggs en provisorisk överbyggnad för ro/ro-hamnområdet för att kunna nyttja denna yta under byggtiden. Detta görs med ett 1 meter tjock lager överlast av krossgrus 0/150. Materialåtgången beräknas till 115 000 m^3 (230 000 ton). 78 500 ton tas ifrån Lilla Aspholmen och resterande 151 500 ton tas ifrån Arken 2.

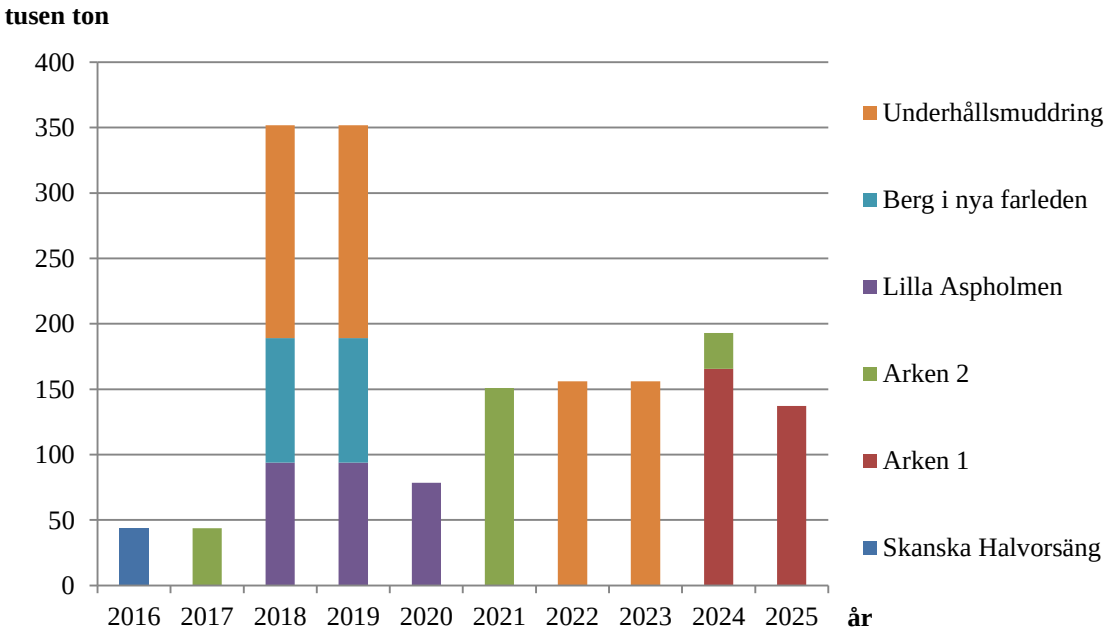
Under 2022/2023 fylls södra området upp med solidifierade muddermassor. Här beräknas 245 000 m^3 solidifierade muddermassor behövas vilket motsvarar 204 000 m^3 (316 200 ton) muddermassor *in-situ*. 200 000 m^3 (310 000 ton) av dessa fås från underhållsmuddringen som sker år 2022. Även här underskottet på 4 000 m^3 (6 000 ton) täcks av övermuddring.

Under 2024 läggs ett lager krossgrus 0/150 över södra området som verkar som överlast i ca ett år innan hela området får en slutgiltig överbyggnad. För överlasten krävs 95 000 m^3 (190 000 ton) krossgrus. 71 250 ton tas ifrån Arken 2 och resterande mängd, 118 750 ton, hämtas ifrån Arken 1. Då det är överbyggnadsmaterial som transporteras väljs en lastbil med släp och då beräknas antal transporter till 3 400 stycken.

Den slutgiltiga överbyggnaden anläggs 2025 och innefattar 0,5 meter förstärkningslager över södra delen av området samt bärlager och bundet bärlagret över hela Arendal 2. Till förstärkningslagret går det åt 47 500 m^3 (95 000 ton) krossgrus 0/150 och hämtas från Arken 1. Detta kräver 2 700 transporter med lastbil med släp. För bärlagret går det åt 16 800 m^3 (33 600 ton) krossgrus 0/45. Även detta hämtas från Arken 1 och kommer då kräva 960 lastbilstransporter med lastbil med släp. Sedan läggs 38 000 m^3 bundet bärlager samt ett slitlager ut över hela området.

Till sist läggs erosionsskydd motsvarande 5 700 m^3 (8 550 ton) sprängsten 400/700 på de ställen som saknar spontad kaj. Detta tas ifrån Arken 1 och kräver 250 transporter med lastbil med släp.

Diagram 2: Masshanteringsdiagram för Arendal 2.



Tabell 10: Översikt av transportbehov för Arendal 2.

År	Erhålls från	Mängd (ton)	Material	Transportmedel	Antal transporter (st)
2016-2017	Skanska Halvorsäng	43 750	0/400	Trailer	1 370
2017-2018	Arken 2	43 750	0/400	-	-
2018-2019	Ny farled	190 000	0/400	Pråm	-
2018-2019	Lilla Aspholmen	188 000	0/400	-	-
2018-2019	Underhållsmuddring	325 500	Muddermassor	Pråm	-
2020-2021	Lilla Aspholmen	78 500	0/150	-	-
2020-2021	Arken 2	151 500	0/150	-	-
2022	Underhållsmuddring	316 000	Muddermassor	Pråm	-
2024	Arken 2	71 250	0/150	-	-
2024	Arken 1	118 750	0/150	Lastbil med släp	3 400
2025	Arken 1	95 000	0/150	Lastbil med släp	2 700
2025	Arken 1	33 600	0/45	Lastbil med släp	960
2025	Arken 1	8 550	400/700	Lastbil med släp	250

8.2 Risholmen

Med start 2018 påbörjas byggnationen av Risholmen. Initialt muddras området för södra och norra vallen. Därefter pålas rännorna där underlaget kräver varpå sprängstensvallarna kan konstrueras. Detta sker löpande fram till och med 2019 och kommer kräva 730 000 m^3 (1 290 000 ton) sprängsten 0/400. Materialet erhålls från Västlänken, egentligen då 200/400, och uppskattningsvis transporteras 90 % (1 161 000 ton) med pråm och resterande material körs med trailer. Under denna tvåårsperiod beräknas transporter med pråm uppgå till 2 430 stycken samt med trailer till 4 030 stycken.

Under 2019 grundläggs vallen till mudderdeponin med 50 000 m^3 (100 000 ton) sprängsten 0/400. Samtidigt anläggs två arbetspirer motsvarande totalt 360 000 m^3 sprängsten 0/400 (720 000 ton). 475 500 ton tas ifrån Knippelholmen och resterande mängd, 344 500 ton 200/400, erhålls från Västlänken. Från Västlänken krävs 720 transporter med pråm men inga transporter från Knippelholmen då denna delvis är lokaliserad inom området.

Mellan 2019 och 2023 kommer området att fyllas upp med lera ifrån Västlänken. På grund av att 360 000 m^3 lera byts ut mot sprängsten uppgår behovet av lera till 1 890 000 m^3 (3 118 500 ton). Här uppstår då ett underskott då den tillgängliga volymen lera från Västlänken under denna period endast uppgår till 1 585 000 m^3 (2 615 000 ton). Transport sker med pråm och kräver över 5 år totalt 5 870 körningar.

2022 anläggs den östra vallen med totalt 360 000 m^3 (720 000 ton) sprängsten 0/400. 141 500 m^3 (250 000 ton 200/400) erhålls från Västlänken och resterande 268 500 m^3 (470 000 ton) tas från Arken 1. Från Västlänken krävs 525 transporter med pråm och från Arken 1 krävs 14 690 transporter med trailer.

Erosionsskydd läggs ut vid alla vallar när den östra vallen är klar, detta beräknas ske 2023 och det kommer kräva 165 000 m^3 (247 500 ton) sprängsten 400/700. Materialet hämtas från Arken 1 och körs med trailer. Totalt krävs då 7 750 lastbilstransporter.

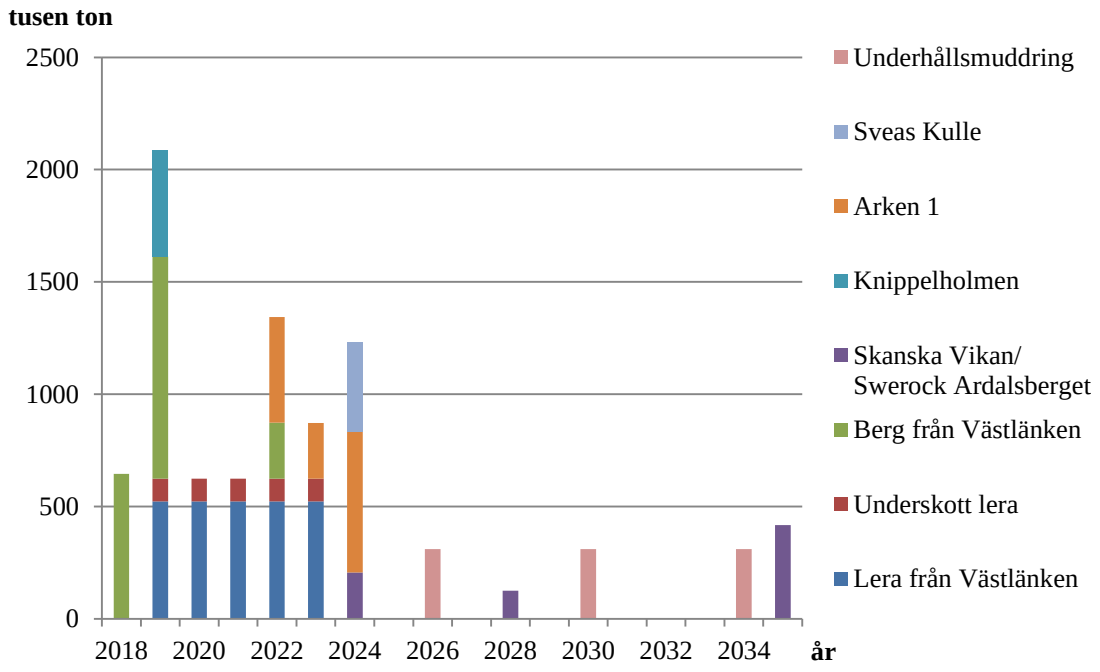
År 2024 förses hela området, exklusive mudderdeponin, med överbyggnadsmaterial motsvarande 585 200 m^3 (1 170 400 ton) krossgrus 0/150 och 31 200 m^3 (62 450 ton) krossgrus 0/45. Förstärkningslagret kräver att 626 000 ton krossgrus 0/150 hämtas ifrån Arken 1, 400 000 ton från Sveas Kulle och resterande 504 000 ton köps in från Skanska Vikan eller Swerock Ardalsberget. Från Arken 1 krävs 17 890 transporter, från Sveas Kulle 11 430 transporter samt 4 110 transporter från Skanska Vikan/Swerock Ardalsberget med lastbil med släp. Krossgrus 0/45 till det obundna bärlagret köps in från Skanska Vikan/Swerock Ardalsberget och kräver 1 780 transporter med lastbil med släp. Efter att överbyggnaden lagts på får området sättningstid fram till 2027. Samtidigt konstrueras kajer och pirer.

År 2028 färdigställs överbyggnaden med ett lager samkross 0/32 över hela området, exklusive mudderdeponin, motsvarande 78 000 m^3 (124 800 ton). Detta köps in från Skanska Vikan/Swerock Ardalsberget och kräver 3 560 transporter med lastbil med släp.

Mudderdeponin fylls upp med muddermassor som erhålls från underhållsmuddringen som sker åren 2026, 2030 och 2034 vilket motsvarar 600 000 m^3 (930 00 ton). Detta beräknas vara färdigt 2034 vilket gör att en överbyggnad kan anläggas tidigast 2035.

År 2035 färdigställs även överbyggnaden på mudderdeponin med 179 800 m^3 (359 600 ton) krossgrus 0/150 och 9 600 m^3 (19 200 ton) krossgrus 0/45. Allt material köps in från Skanska Vikan eller Swerock Ardalsberget och krossgrus 0/150 kräver 10 274 transporter med lastbil med släp medan det krossgrus 0/45 kräver 550 transporter med lastbil med släp. Efter detta läggs ett lager samkross 0/32 ut, motsvarande 24 000 m^3 (38 400 ton). Detta köps in från Skanska Vikan eller Swerock Ardalsberget och kräver 1 100 transporter med lastbil med släp.

Diagram 3: Masshanteringsdiagram för Risholmen.



Tabell 11: Översikt av transportbehov för Risholmen.

År	Erhålls från	Mängd (ton)	Material	Transportmedel	Antal transporter (st)
2018-2019	Västlänken	1 161 000	200/400	Pråm	2 430
2018-2019	Västlänken	129 000	200/400	Trailer	4 030
2019	Knippelholmen	475 000	0/400	-	-
2019	Västlänken	344 500	200/400	Pråm	720
2019-2023	Västlänken	2 615 000	Lera	Pråm	5 870
2022	Västlänken	250 000	200/400	Pråm	525
2022	Arken 1	470 000	0/400	Trailer	14 690
2023	Arken 1	247 500	400/700	Trailer	7 750
2024	Arken 1	626 000	0/150	Lastbil med släp	17 890
2024	Sveas Kulle	400 000	0/150	Lastbil med släp	11 430
2024	Skanska Vikan/Swerock Ardalsberget	144 000	0/150	Lastbil med släp	4 110
2024	Skanska Vikan/Swerock Ardalsberget	62 400	0/45	Lastbil med släp	1 780
2026	Underhållsmuddring	310 000	Muddermassor	Pråm	-
2028	Skanska Vikan/Swerock Ardalsberget	124 700	Samkross 0/32	Lastbil med släp	3 560
2030	Underhållsmuddring	310 000	Muddermassor	Pråm	-
2034	Underhållsmuddring	310 000	Muddermassor	Pråm	-
2035	Skanska Vikan/Swerock Ardalsberget	360 000	0/150	Lastbil med släp	10 285
2035	Skanska Vikan/Swerock Ardalsberget	19 200	0/45	Lastbil med släp	550
2035	Skanska Vikan/Swerock Ardalsberget	38 300	Samkross 0/32	Lastbil med släp	1 090

9 Diskussion

Då både Arendal 2 och Risholmen är utbyggda kommer alla de egna bergtäkter som Göteborgs Hamn har till sitt förfogande vara förbrukade. Detta är ett mål som har eftersträvats då marken där bergtäkterna är belägna är attraktiv för vidare exploatering.

Mycket av det material som inte täcks av de egna bergtäkterna kommer kunna levereras ifrån Västlänken. Det är bara i början och i slutet av projekttiden som material behöver köpas in då de egna bergtäkterna eller Västlänken inte är redo att leverera vid denna tidpunkt. Vid slutfasen av Risholmsprojektet har allt det egna materialet förbrukats och materialet som behövs för att konstruera överbyggnaden kan ej erhållas ifrån Västlänken, därav krävs även vid denna tidpunkt att material köps in ifrån en extern bergtäkt. Att köpa in material ifrån extern bergtäkt tidigt i Arendalsprojektet motiveras genom att allt berg som är Göteborgs Hamns egna ändå utnyttjas innan projektslut.

Skanska Vikan och Swerock Ardalsberget har i princip samma transportsträcka till Risholmen. Vilken av bergtäkterna som då väljs beror således endast på priset de kan erbjuda på bergmaterialet.

I masshanteringsplanen för Risholmen framgår att ett stort underskott på lera från Västlänken uppstår vilket leder till att andra material för fyllning av området krävs. Vilket eller vilka material som kan tänkas användas är i nuläget oklart men ett alternativ skulle kunna vara att material hämtas från andra infrastrukturprojekt som kommer påbörjas i Göteborgsområdet. Om inget bra alternativ hittas kan området alltid fyllas upp med sprängsten vilket finns i stora mängder men kan anses som ett exklusivt fyllnadsmaterial. Alternativt kan det bergmaterialöverskott som uppstår då allt berg från Västlänken inte utnyttjas istället användas som fyllnadsmaterial i Risholmen.

År 2024 kommer det bli stora belastningar på Hjärtholmsvägen då stora massor ska fraktas med lastbil eller trailer. Om det endast är möjligt att köra 100 transporter om dagen denna väg så kommer det att bli förseningar. Dock är det inte ett kritiskt läge för vidare byggnation då överbyggnaden ska ligga orörd och hjälpa till med att ta ut sättningar ur den underliggande leran. En försening i detta skede kan således leda till att sättningarna inte har uppstått fullt ut när överbyggnaden ska färdigställas och slitlager appliceras vilket i sin tur kan leda till en ojämnhet i ytan som kommer behöva jämnas ut. Alternativs låts sättningstiden fortlöpa och ger då en försenad sluttid.

Massflödesdiagrammen visar att det inte är ett jämnt flöde med byggmaterial som fraktas till platsen varje år, utan vissa processer är mer materialkrävande. För att få en jämn arbetsbelastning brukar det ofta vara fördelaktigt att försöka jämna ut dessa ojämnheter.

Alla volymer och vikter som redovisas i rapporten är ungefärliga och i stor utsträckning uppskattade. Även de beräknade transporterna är ungefärliga. Det är många faktorer som påverkar den totala materialåtgången och det anses omöjligt att på förhand exakt kunna avgöra hur stor materialåtgången kommer bli. Några av de

faktorer som är svårbedömda är hur stor massundanträngningen kommer att bli och hur stora sättningar som kommer att uppträda.
Mycket av det material som kommer att användas för att bygga ut Arendal 2 och Risholmen kommer ifrån andra projekt vilket leder till att det inte bara är omständigheterna kring utbyggnadsområdena som spelar in. Skulle det bli förseningar, eller det motsatta, vid exempelvis västlänken kommer detta då att påverka förloppstiden på Risholmen.

Avståndet från bergtäkt till anläggningsplats är viktig ur flera aspekter. Det är många lastbilslass som kommer att krävas för att färdigställa utbyggnaderna och det kommer att vara fördelaktigt att få så korta transporter som möjligt då detta i längden ger stora utslag på kostnader och tidsåtgång. Dessutom blir den miljöpåverkan som lastbilarna orsakar mycket större ifall avstånden är stora, då lastbilarna kommer få köra sträckningen många gånger.

10 Referenser

(2010) Våra Produkter. *Släryds Grus.* http://www.slarydsgrus.se/produkter.php. (2015-05-26)

(2013) 1600-talet. *Göteborgs Hamn (1).* http://www.goteborgshamn.se/Om-hamnen/Historia/HIstorik/. (2015-04-27)

(2013) Göteborgs Hamn välkomnar världens största containerfartyg. *Göteborgs Hamn (2).* http://www.goteborgshamn.se/Nyhetsrummet/Pressreleaser/Goteborgs-Hamn-valkomnar-varldens-storsta-containerfartyg/. (2014-07-24)

(2014) CMP sjösätter containerskyttel i Öresund. *Infrasverige.se.* http://www.infrasverige.se/cmp-sjosatter-containerskyttel-i-oresund. (2015-05-12)

(2014) Ny generalplan pekar ut framtiden i Göteborgs Hamn. *Göteborgs Hamn (1).* http://www.goteborgshamn.se/Nyhetsrummet/Nyhetsartiklar/Ny-generalplan-pekar-ut-framtiden-i-Goteborgs-Hamn/. (2015-04-27)

(2014) Om Västlänken. *Trafikverket.* http://www.trafikverket.se/Privat/Projekt/Vastra-Gotaland/Vastlanken---smidigare-pendling-och-effektivare-trafik/Om-Vastlanken/. (2015-05-08)

(2014) Underhållsmuddring i Göta Alv. *Göteborgs Hamn (2).* http://www.goteborgshamn.se/Om-hamnen/Utveckling/Infrastruktur/Underhallsmuddring-i-Gota-Alv/. (2015-05-27)

(2015) *Framtidens hållbara hamn - Risholmen: Ansökan om tillstånd till anläggning av hamn och hamnverksamhet.* Ramböll Sverige AB på uppdrag av Göteborgs Hamn. http://www.goteborgshamn.se/Global/Gbg_Hamn_samr%C3%A5dsrapport_medium.pdf?epslanguage=sv.

(2015) Grå bohusgranit, polerad. *Naturstenskompaniet (1).* http://www.naturstenskompaniet.se/material/gra-bohusgranit-polerad/. (2015-04-17)

(2015) Hallandia, polerad. *Naturstenskompaniet (2).* http://www.naturstenskompaniet.se/material/hallandia-polerad/. (2015-04-17)

(2015) Kort om Göteborgs Hamn. *Göteborgs Hamn.* http://www.goteborgshamn.se/Om-hamnen/Kort-om-Goteborgs-Hamn/. (2015-04-27)

(2015) Varför inträffar skred?. *Statens geotekniska institut.* http://www.swedgeo.se/templates/SGIStandardPage____1062.aspx?epslanguage=SV. (2015-04-28)

Afsar, J. (2012) Dragline Excavator. *Engineering intro.* *http://www.engineeringintro.com/all-about-construction-equipments/dragline-excavator/*. (2015-04-28)

Bendz, D. (2011) *Stabilisering och solidifiering av muddermassor.* Linköping: Statens geologiska institut. (Uppdragsnummer: 14404)

Berndtsson, G. Kroona, P. Moström, I. (2006) Hamna rätt. I *Grund prix: Grundläggningsdagen 9 mars 2006.* Ss. 101-121.

Densiphalt Hård och flexibel oljeresistent beläggning. NCC. http://www.ncc.se/documents/broschyr%20-%20densiphalt.pdf

En ny hamn i Arendal. *Göteborgs Hamn.* http://www.goteborgshamn.se/Om-hamnen/Hamnen-vaxer/Arendal-II/. (2015-03-18)

Fossenstrand, I. (2014) *Miljörapport år 2013: Tippning av muddermassor SSV Vinga och Hakefjorden.* Göteborg. Göteborgs Hamn AB

Granhage, L. (2009) *Kompendium i vägbyggnad.* Chalmers Tekniska Högskola (Institutionen for bygg-och miljöteknik, Avdelningen för geologi och geoteknik, Grupp Väg och trafik)

Lundberg, C. (2008) *Bedömning av påverkan på Torsvikens Natura 2000.* Göteborg: Norconsult AB (Uppdragsnr: 101 09 32)

Olsson, J. (2015) Natura 2000. *Naturvårdsverket.* http://www.naturvardsverket.se/natura2000. (2015-04-29)

Olsson, U. Jakobsson, L. Blom, J. (2008) *Inmätning och kontroll av fartygs dynamiska rörelser och djupgående med stör av RTK.* Norrköping. (Sjöfartsverkets rapportserie C 2008-1)

Rikets höjdsystem RH2000 infört i Göteborg, infoblad. Göteborgs Stad: Stadsbyggnadskontoret. (V.4 130503)

Risholmen. *Göteborgs hamn.* http://www.goteborgshamn.se/Om-hamnen/Hamnen-vaxer/Risholmen/. (2015-03-18)

Sahlén, F. (2005) *Bevarandeplan för Natura 2000-område.* Länsstyrelsen Västra Götaland: Naturvårdsenheten. (Diarienr: 511-57834-2003)

Ulfvarson, A. (2015) Ro/ro-fartyg. *Nationalencyklopedin.* http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/rorofartyg. (2015-04-14)

Våra material. *Märsta förenade.* http://www.marstaforenade.se/sidor/vara-material.aspx. (2015-06-04)

Vägbeskrivning. *Hitta.se.* *http://www.hitta.se/kartan?rsh=1&usergeo=*. (2015-06-01)

Winther-Larsen, T. (2013) *Siltgardiner.* Statens vegvesen: Trafikksikkerhet, miljö-og teknologiavdelningen. (Rapport nr. 205)

10.1 Material handahållet från Göteborgs Hamn

(2013) *Lilla Aspholmen. Geoteknisk utredning för detaljplan.* Sweco Infrastructure AB (1): Geoteknik Göteborg. (Uppdragsnr: 2305 466)

(2013) *Lilla Aspholmen, Göteborg: Vattenverksamhet – Tillståndsprövning enligt miljöbalken.* Sweco Infrastructure AB (2): Geoteknik. (Uppdragsnr: 2305 466)

AnTy902 (2010) Ytor för tung trafik, marköverbyggnader, typritning. Akos Arkitekter & Ingenjörer AB (AnTy902).

Franzén, G. Garin, H (2015) *Projektering PM – Geoteknik/Utförande och arbetsordning: Risholmen – Framtidens hållbara hamn.* GeoVerkstan Sverige AB. (Uppdragsnr: 14-1149)

Harryson, M. (2013) *Utbyggnad av Arendal 2, Kostnadskalkyl.* Göteborgs Hamn AB. (Projektid: 12-029-M)

Ritningsnr: M10-201 (2013) Arendal – Utformning Arendal 2. Port Engineering Göteborg AB. (Uppdragsnr: 12-029)

Ritningsnr: M10-202 (2013) *Arendal: Utformning Arendal 2.* Port Engineering Göteborg AB. (Uppdragsnr: 12-029)

Ritningsnr: M10-204 (2013) *Arendal: Utformning Arendal 2.* Port Engineering Göteborg AB. (Uppdragsnr: 12-029)