

TORSÅS KOMMUN

# HYDROGEOLOGISK UTREDNING

BERGKVARA HAMNOMRÅDE

2020-11-06



# HYDROGEOLOGISK UTREDNING

## Bergkvara hamnområde

### KUND

Torsås kommun

### KONSULT

WSP Environmental Sverige  
Box 13033  
WSP Sverige AB  
402 51 Göteborg  
Besök: Ullevigatan 19  
Tel: +46 10 7225000  
wsp.com

### KONTAKTPERSONER

Patrik Lissel, WSP      010-72 252 66    [patrik.lissel@wsp.com](mailto:patrik.lissel@wsp.com)  
Ingmar Geuze, WSP      010-72 107 58    [ingmar.geuze@wsp.com](mailto:ingmar.geuze@wsp.com)

PROJEKT

UPPDRAGSNAMN  
Bergkvara Hamn Hydrogeologi

UPPDRAGSNUMMER  
10308703

FÖRFATTARE  
Ingmar Geuze

DATUM  
2020-11-06

Granskad av  
Patrik Lissel

## INNEHÅLL

|       |                                                    |    |
|-------|----------------------------------------------------|----|
| 1     | BAKGRUND OCH SYFTE                                 | 4  |
| 2     | PLAN- OCH HÖJDSYSTEM                               | 4  |
| 3     | METOD                                              | 4  |
| 4     | OMRÅDESBESKRIVNING                                 | 5  |
| 4.1   | TOPOGRAFI                                          | 7  |
| 4.2   | BEFINTLIG VA-INFRASTRUKTUR                         | 8  |
| 4.3   | GEOLOGI                                            | 10 |
| 4.4   | HYDROLOGI OCH HYDROGEOLOGI                         | 12 |
| 4.5   | KLIMATOLOGISK VATTENBALANS OCH GRUNDVATTENBILDNING | 14 |
| 5     | MODELLER                                           | 15 |
| 5.1   | KONCEPTUELL MODELL                                 | 15 |
| 5.1.1 | Principiella skyddskonstruktioner                  | 15 |
| 5.2   | NUMERISK MODELL                                    | 16 |
| 5.3   | BERÄKNINGSFALL                                     | 18 |
| 5.3.1 | Skyddsvall – hydraulisk konstruktion               | 18 |
| 5.3.2 | Skyddsvall – kritiska förutsättningar              | 19 |
| 6     | SLUTSATSER                                         | 22 |
|       | REFERENSER                                         | 23 |

## BILAGOR

BILAGA 1 Modellbeskrivning

# 1 BAKGRUND OCH SYFTE

Torsås kommun planerar för möjliggörande av en framtida exploatering inom nuvarande hamnområde i Bergkvara. Som lågt belägen kustort kan planområdet i Bergkvara påverkas av klimatförändringar och framtida havsnivåhöjningar. Inom den planerade detaljplanen<sup>1</sup> ingår därför anläggande av en skyddsvall som syftar till att skydda lågområden inom detaljplanområdet från framtida havsnivåförändringar.

Beräkning av dimensionerande flöden för nya dagvattenssystem inom planområdet gjordes i genomförd dagvattenutredning (WSP, 2020a). I utredningen har dock inte tagits hänsyn till mängden grundvattentillrinning som ett dräneringssystem innanför planerad skyddskonstruktion kommer bli utsatt för vid framtida havsnivåer.

WSP har på uppdrag av Torsås kommun genomfört här redovisad utredning rörande fråga om huruvida en skyddskonstruktion inom detaljplanområdet är tekniskt genomförbar med beaktande av de hydrogeologiska förutsättningarna. Fokus i denna utredning har varit att studera vilken utformning en skyddskonstruktion lämpligen bör ha med avseende på hydrauliska aspekter (tillrinning av grundvatten till invallat område jämte eventuella dämningseffekter). Detta har utretts för fall med framtida medelhavsnivå samt framtida högsta högvattenstånd.

# 2 PLAN- OCH HÖJDSYSTEM

Rikets koordinatsystem SWEREF 99 TM har använts i plan samt höjdsystem RH2000. Höjder betecknas som plushöjder enligt +0.00 m.

# 3 METOD

Utredningen består av att sammanställa kart- och utredningsmaterial i en GIS-databas för att skapa underlag till en konceptuell modell samt för att visualisera erhållna resultat.

För att beräkna och visualisera strömningsvägar och grundvattennivåer kring detaljplanområdet upprättades en tredimensionell numerisk grundvattenmodell i programmet Visual MODFLOW (VMF).

Beräkningsresultaten användes för kartläggning av grundvattnets strömningsväg vid förändrade havsnivåer. Vidare studerades dämningseffekt samt belastning på avvattningsystem inom planområdet vid olika framtida dimensionerande scenarier vid olika utformning av olika skyddsvall.

---

<sup>1</sup> <https://www.torsas.se/bo-miljo-trafik/planarbete/detaljplaner/program-for-bergkvara-21-244-m-fl-hamnen/> (hämtad 2020-10-30)

## 4 OMRÅDESBESKRIVNING

Orten Bergkvara är lokaliserad längs Smålands sydöstra kuststräcka och tillhör Torsås kommun, se Figur 1 och Figur 2. För översiktlig områdesbeskrivning samt beskrivning av planområdet hänvisas till tidigare utredningar<sup>2,3</sup>.



**Figur 1** – Ortofoto över Bergkvara. Detaljplanområdet för hamnområdet markerat i lila. Ortofoto från Lantmäteriet ©.

<sup>2</sup> Dagvattenutredning samt tekniska lösningar för genomföring, Bergkvara hamn. 2020-04-23 (WSP, 2020a).

<sup>3</sup> Bergkvara Hamn – Översiktlig geoteknisk undersökning och utredning (WSP 2020b)

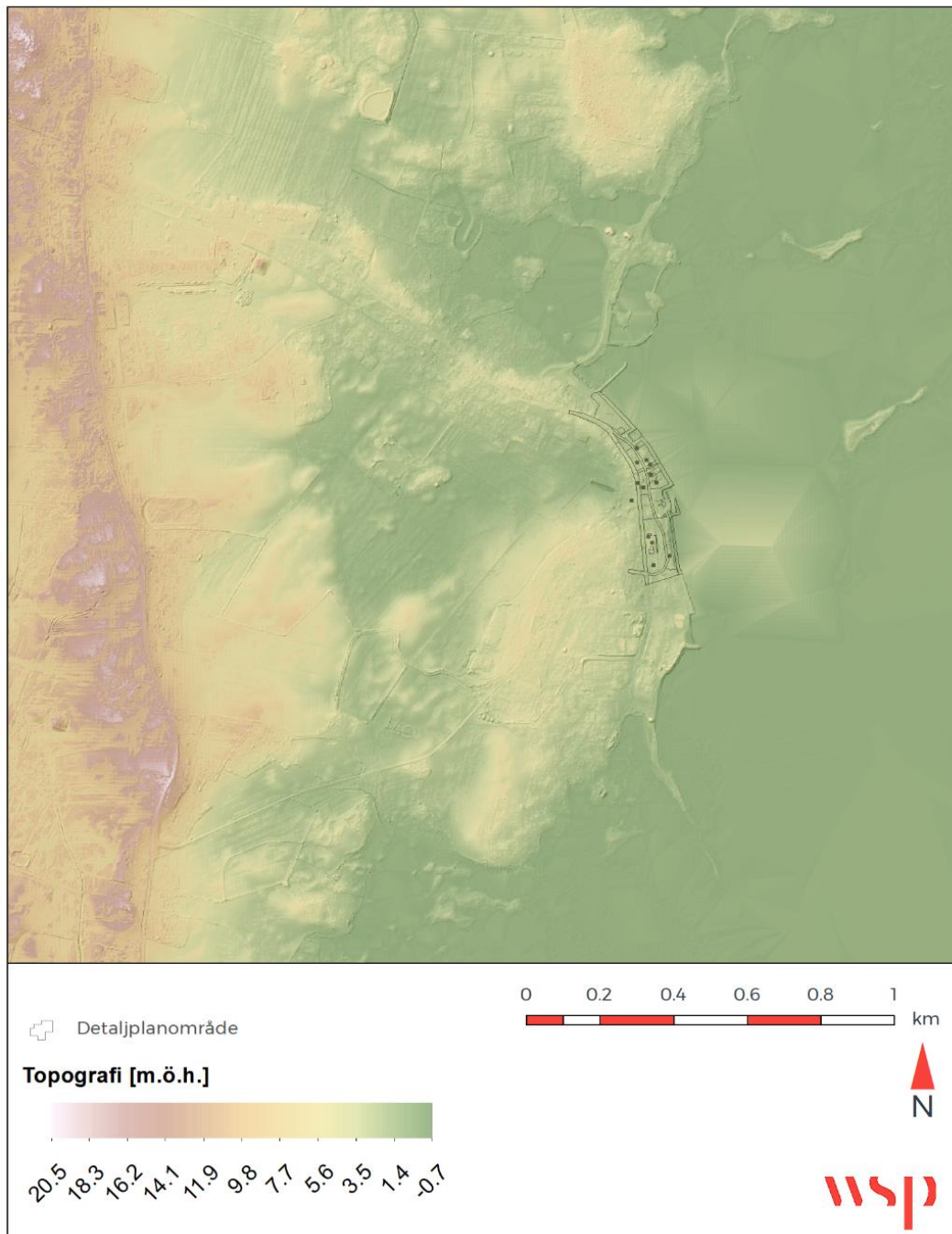




**Figur 2** – Översiktskarta, detaljplanområdet för Bergkvaras hamnområde markerat i lila. Fastighetskartan från Lantmäteriet ©.

## 4.1 TOPOGRAFI

Detaljplanområdet ingår i ett relativt flackt område med lutning från väst mot Kalmarsund i öst. Området är beläget på en åsrygg av isälvsmaterial vilken har planats ur med fyllnadsmaterial. Inom aktuellt detaljplanområde finns endast mindre höjdskillnader med en ungefärlig variation inom +1,2 m till +2,8 m. Ett naturligt lågområde som utgörs av jordbruksmark breder ut sig västerut från hamnområdet. Den låglänta jordbruksmarken har en lågpunkt på -0,7 m strax väster om detaljplanområdet, som utgörs av en dagvattendamm.



**Figur 3** – Topografisk översikt för området kring Bergkvara. detaljplanområdet för hamnområdet markerat i svart.

## 4.2 BEFINTLIG VA-INFRASTRUKTUR

Bergkvara har ett befintligt drän- och dagvattensystem där både markavvattningsystem från jordbruksmark och dagvatten från bostadsområden avrinner till en befintlig dagvattendamm (Figur 4 och Figur 5). Enligt uppgift från VA-huvudmannen länshålls dagvattendammen via en pumpstation som pumpar ut vatten till recipienten Kalmarsund, se Figur 4. Utloppsledningen från dammen genomkorsar aktuellt detaljplanområde. Vattennivån i dammen är okänd, men bedöms ha en medelnivå kring +0.1 m, dvs ungefär som dagens havsnivå. Vidare finns det ett antal dagvattenledningar som avvattnar bostadsområden i norra respektive södra Bergkvara. Även dessa har sitt utlopp i Kalmarsund.

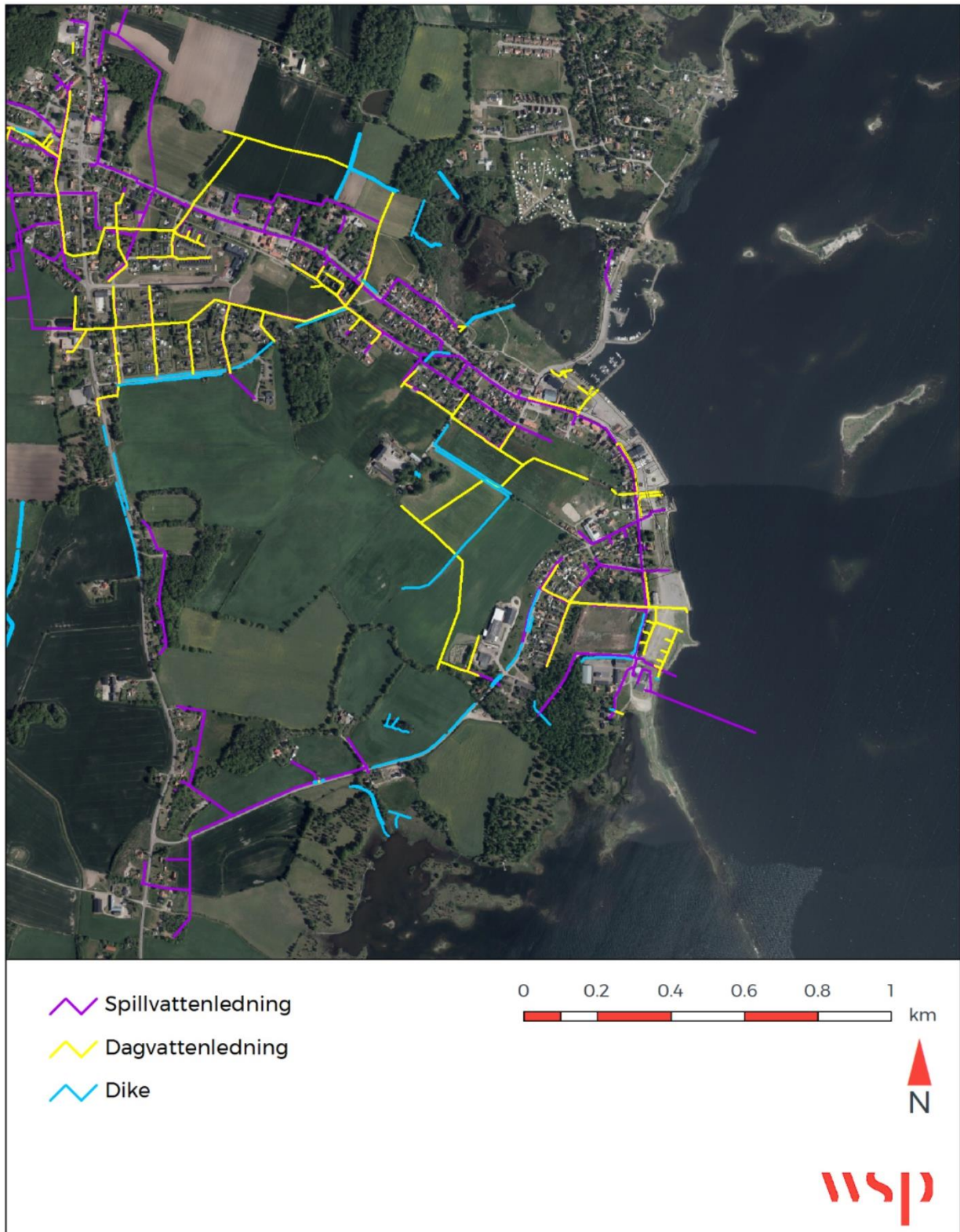
Den jordbruksmark som ingår i dikesföretag ingår inte i VA-huvudmannens ledningskarta och redovisas endast delvis i figurerna. Aktuell status på dikesföretaget är något oklart då det har justerats över tid och dagvattnets avledning har förändrats i läge. Dikesföretaget ska dock vara sammankopplade med VA-huvudmannens ledningssystem.

Okulär tolkning av senaste ortofoto och högupplöst höjddata över området, möjliggör en bedömning om avvattningsområdena. Utifrån denna tolkning bedöms att dessa, och därmed (grund)vattenströmningens riktning, bör vara oförändrade från det som ritningarna anger.



**Figur 4** – Befintliga dagvattensystem i detaljplanens närområde. Bild från tidigare utredning (WSP, 2020a).





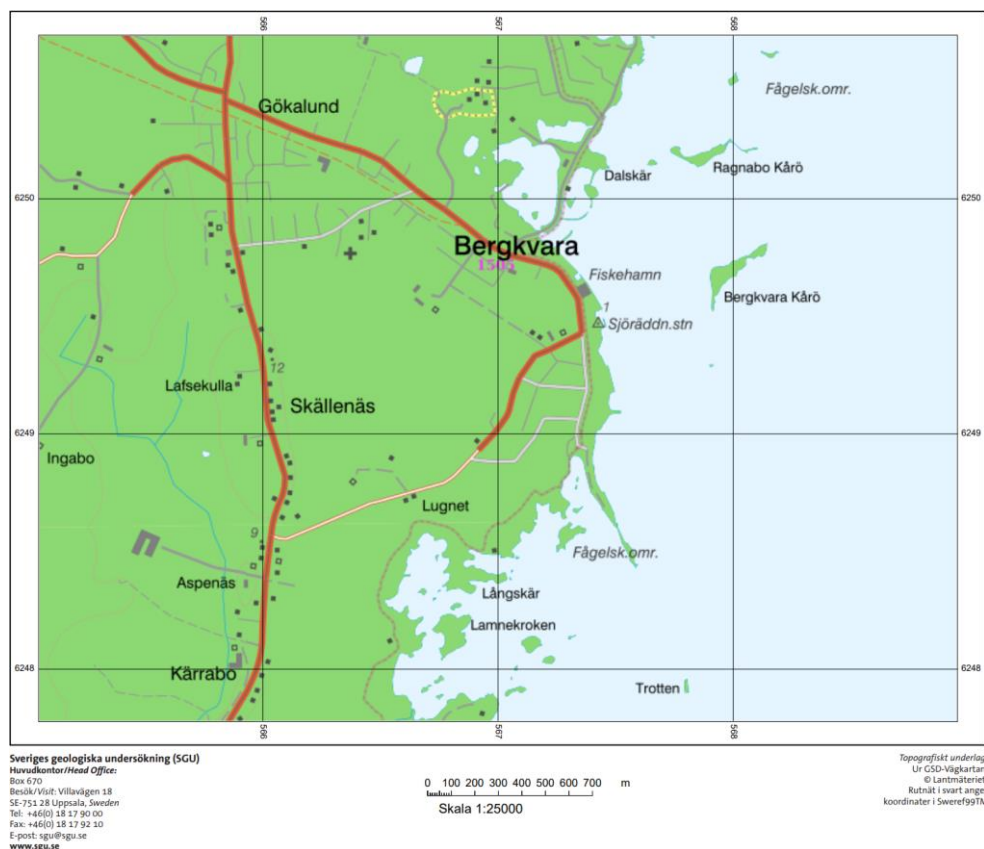
**Figur 5** – Karta över befintlig markinfrastruktur i Bergkvara. Ortofoto från Lantmäteriet ©.

## 4.3 GEOLOGI

Jordarter inom kring Bergkvara utgörs huvudsakligen av morän och postglacial sand enligt SGU:s jordartskartan, se figur 7. Området präglas av en åsrygg som utgörs av isälvsavlagringar som sträcker sig i en nordväst-sydöstlig riktning genom Bergkvara. Inslag av svallsediment, glacial lera och gyttjelera förekommer punktvis inom området. Enligt karteringen har hamnområdet fyllts upp med fyllningsmaterial, dock visar äldre kartmaterial från SGU att isälvsavlagringen sträcker sig genom hamnområdet och sannolikt en bit ut i Kalmarsund. Genomförd översiktlig geoteknisk undersökning<sup>4</sup> inom detaljplanområdet redovisar att fyllningens mäktighet varierar mellan ca 1,5 – 4,0 meter, och utgörs huvudsakligen av en stenig grusig sand, men att även finare skikt med hög mullhalt förekommer. Det redovisas även att fyllningen överlagrar den naturliga friktionsjorden, vilken i sin tur täcker bergövertytan.

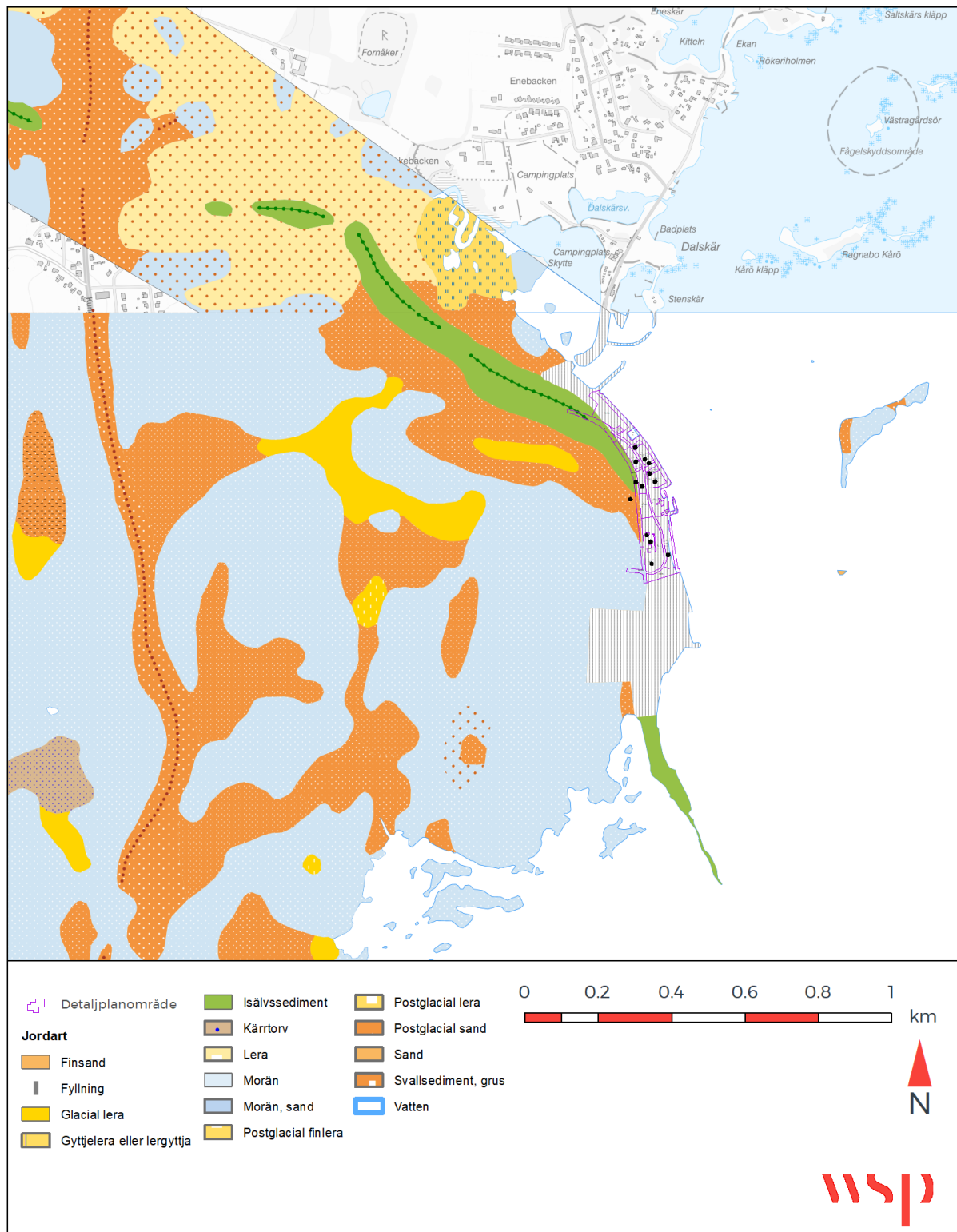
Jorddjupet är av varierande mäktighet, men bedöms enligt SGU:s kartering uppgå till ca 12 meter inom Bergkvaras hamnområde, se figur 8.

Den ytliga berggrunden i området utgörs av sandsten, ca 0,542 – 0,521 miljarder år gamla. Sandstenens mäktighet bedöms uppgå till ca 30 meter, vilket framgår av några borrhöjningar som redovisas på äldre tryckta kartor hämtade ifrån SGU:s GeoLagret. Under sandstensformationen förekommer kristallin berggrund.



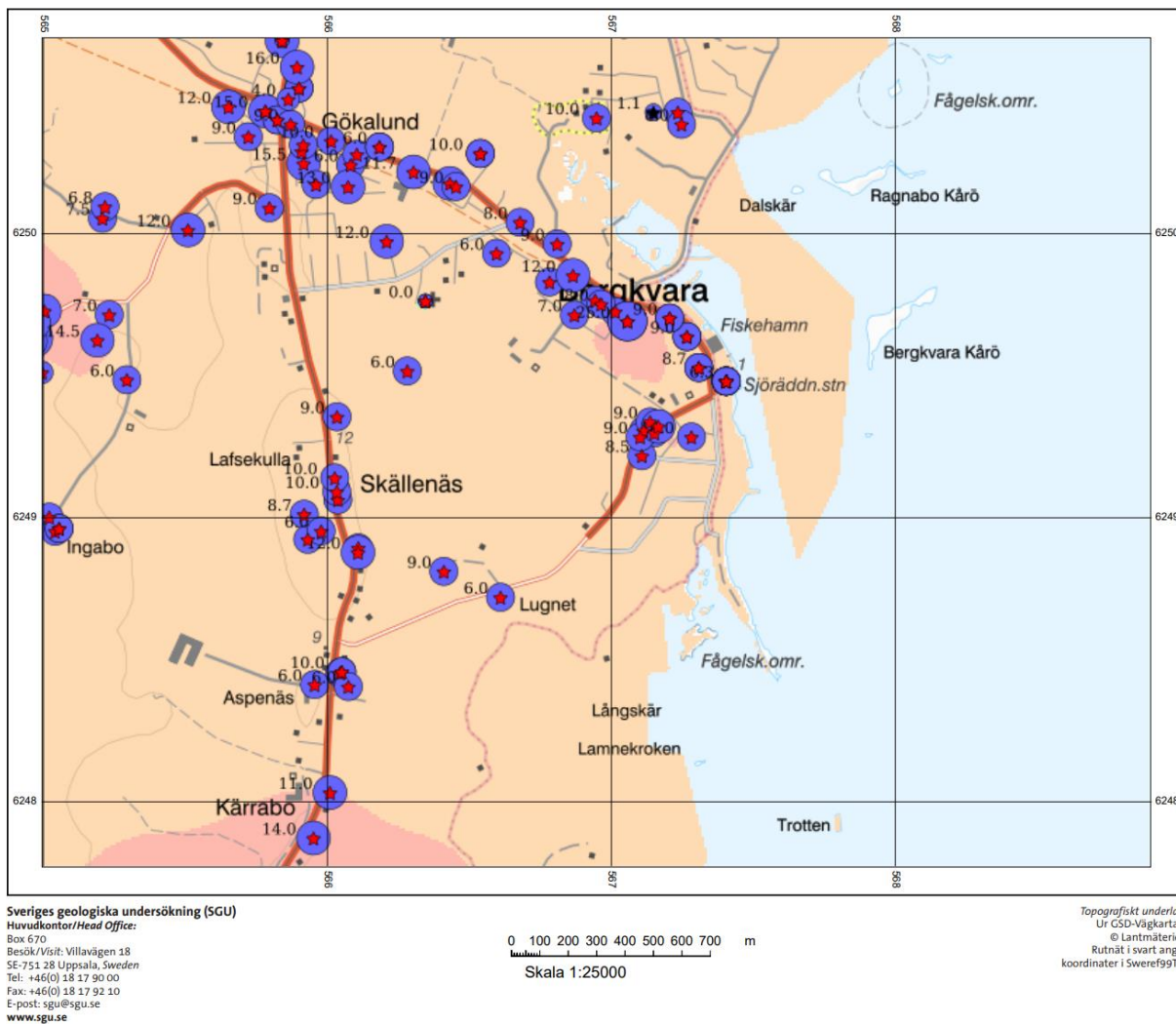
**Figur 6** – Berggrundskarta över området enligt SGU ©. Grönt markerade områden avser sandsten.

<sup>4</sup> Bergkvara Hamn – Översiktlig geoteknisk undersökning och utredning (WSP 2020b)



**Figur 7** – Jordartskarta enligt SGU ©. detaljplanområdet för Bergkvaras hamnområde markerat i lila.





**Figur 8** – Bedömt jorddjup enligt SGU ©. Orangea områden avser jorddjup 5 – 10 m, röda områden avser jorddjup 10 – 20 m. Uppmätta jorddjup visas med siffror på kartan.

#### 4.4 HYDROLOGI OCH HYDROGEOLOGI

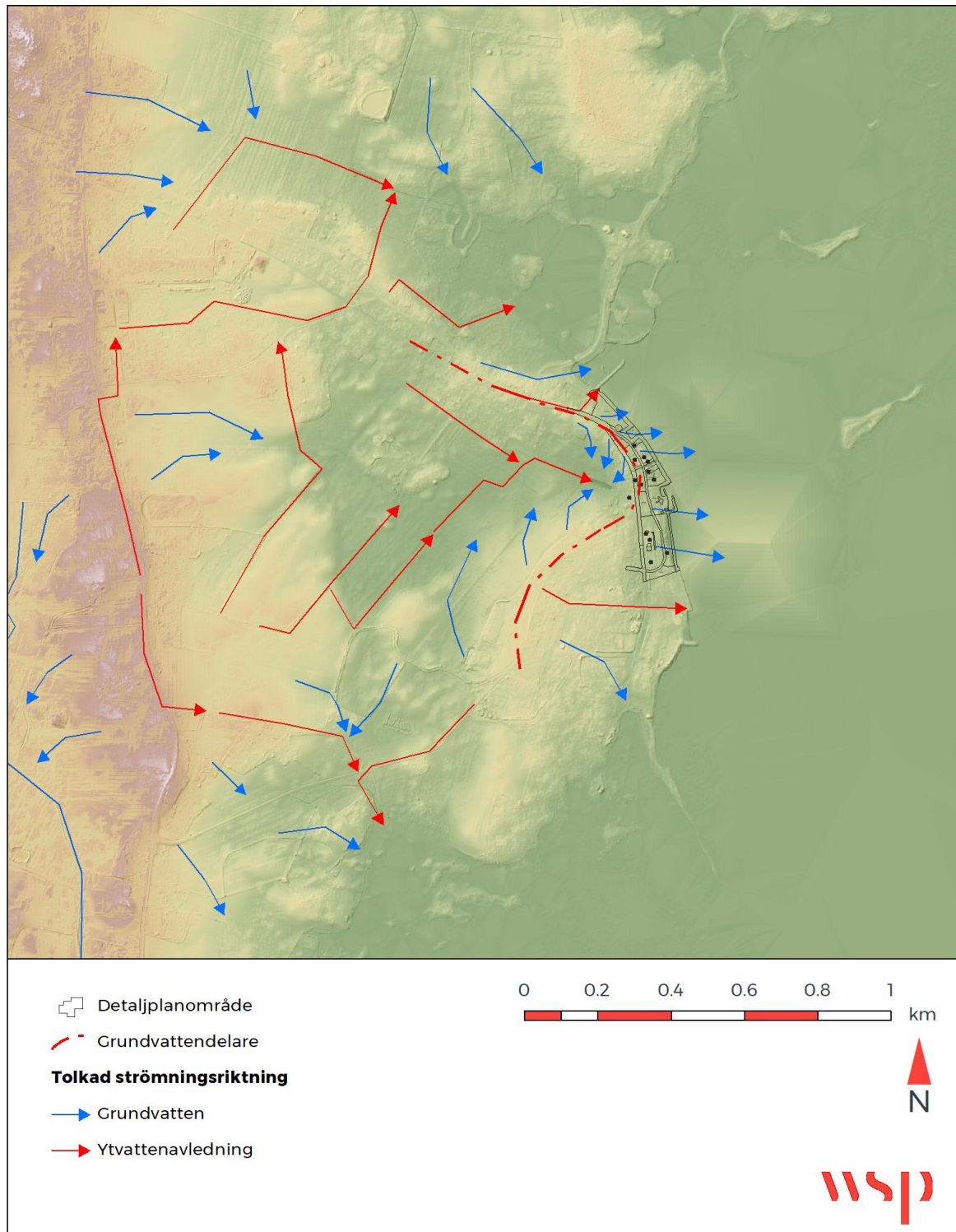
Grundvattnet i öppna magasin bedöms, baserat på jordart och jorddjup, återfinnas tämligen nära markytan. Grundvattenströmningens gradient bedöms i huvudsak följa topografin, se figur 9. En grundvattendelare bedöms återfinnas längs med åsryggen som sträcker sig genom detaljplanområdet i Bergkvaras hamnområde. Den tolkade grundvattendelaren som framgår av figuren bedöms utbildas främst till följd av länshållningen av lågområdet väster om planområdet. Avvattningen av jordbruksmarken väster om planområdet sänker grundvattnets nivå vilket påverkar strömningsriktningen.

I länsstyrelsens rekommendationer för strandnära byggnationer framgår medelvattenståndet (MW), med hänsyn till områdets landhöjning, antas stiga till + 0,826 m fram till år 2100<sup>5</sup>. Detta styrks även av

<sup>5</sup> Fysisk planering i kalmar län med hänsyn till ett förändrat klimat - Rekommendationer för strandnära byggnationer. Diariet: 424-4085-15. Länsstyrelsen Kalmar län.



beräknade nettovärden för Kalmars kustzon (SMHI, 2012). Genom att lägga till 1,47 meter för extremvattenstånd samt 0,5 meter som säkerhetsmarginal konstateras att rekommenderad säkerhetsnivå för bostäder och samhällsviktiga funktioner blir 2,8 meter ovan dagens medelvattennivå (RH2000) för Torsås kommun.



**Figur 9** – Hydrogeologiska förutsättningar för området runt Bergkvara. Detaljplanområdet för Bergkvaras hamnområde markerat i svart.

## 4.5 KLIMATOLOGISK VATTENBALANS OCH GRUNDVATTENBILDNING

Vattenbalansen för området kan beräknas enligt ekvation 1:

$$P_k - ET = P_n \quad (\text{Ekvation 1})$$

$P_k$  = korrigerad nederbörd

$ET$  = evatranspiration (total avdunstning)

$P_n$  = nettonederbörd

Enligt SMHI:s översiktliga kartering för ovanstående parametrar kan följande årsmedelvärden ansättas:

- $P_k$  = 600 mm/år
- $ET$  = 400 mm/år
- $P_n$  = 200 mm/år

Värdena avser medelvärden för referensnormalperioden 1961–1990. Idag regnar det generellt mer över stora delar av Sverige, och även temperaturen har ökat något. Med hjälp av SMHI:s mätstationsdata<sup>6</sup> kan denna ökning och därmed medelvärden för en nutida situation beräknas. En ökning om ca 5 % för såväl nederbörd som avdunstning bestämdes varvid avrinningen från naturmark kan beräknas ha ökat från ca 200 mm/år till ca 210 mm/år från gällande till kommande (1991–2020) referensnormalperiod (tabell 1).

**Tabell 1** – Sammanställning över vattenbalanser för olika ytor

| Vattenbalans       | [mm/år] | 1961–1990 | 1991–2020 |
|--------------------|---------|-----------|-----------|
| Naturmark          | $P_k$ : | 600       | 630       |
|                    | $ET$ :  | 400       | 420       |
|                    | $P_n$ : | 200       | 210       |
| Öppen vattenspegel | $P_k$ : | 600       | 630       |
|                    | $ET$ :  | 520       | 545       |
|                    | $P_n$ : | 80        | 85        |

Infiltrationskapaciteten i förekommande yttjorarter är normalt sådan att all nederbörd kan tillåtas infiltrera, d.v.s. att direkt ytavrinning från området kan anses vara försumbar. Lokal ytavrinning från exempelvis en berghäll kan förekomma, men denna avrinning infiltrerar då normalt nedanför hällen. Således kan i princip hela avrinningen från området antas ha varit grundvatten en kortare eller längre tid innan den nått en ytvattenrecipient. Nybildningen av grundvatten i dessa typområden kan därmed antas vara i princip densamma som nettonederbörden över området.

För urbana områden såsom Bergkvara tätort kan infiltration av nederbörd begränsas av hårdgjorda ytor såsom vägar och hustak. Vattnet som faller på dessa ytor leds bort av det befintliga dagvattensystemet. Vidare kan läckage från trycksatta VA-system bidra till ökad nybildning av grundvatten.

<sup>6</sup><https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer>

## 5 MODELLER

### 5.1 KONCEPTUELL MODELL

Utifrån framtaget underlag upprättades en konceptuell modell med avseende på de hydrogeologiska förutsättningarna kring detaljplanområdet för Bergkvara hamn.

Framtagen konceptuell modell redovisas i **Bilaga 1 – Modellbeskrivning**.

Den konceptuella modellen har legat till grund för upprättande av en tredimensionell numerisk grundvattenmodell med vilken prediktion av flöden och effekter av skyddsvall kan simuleras.

#### 5.1.1 Principiella skyddskonstruktioner

För planområdet tänks skyddsanordningen bestå i första hand av en skyddsvall som byggs upp från nuvarande markyta upp till en viss nivå. Denna valla kan kompletteras med en tätkonstruktion nedåt till olika djup för att förhindra vatteninströmning under vallen mot lågområden väster om densamma.

Möjliga principiella konstruktioner som har studerats framgår av Tabell 2. Utformningar som här valts för studier av vattenflöden och dämningar är de som bedöms som relevanta för att belysa vilka principlösningar som är förutsebart lämpliga/mindre lämpliga. Motivering bakom de principiella konstruktionerna utgår främst utifrån områdets geologiska förutsättningar. Materialet som hamnområdet har fylls ut med är troligt så pass heterogent att det är svårt (omöjligt) att prediktera dess hydrauliska egenskaper. Skyddskonstruktion S2 representerar alltså ett scenario där man bortser ifrån den osäkerheten genom att täta en konstruktion ner till naturlig friktionsjord. De övriga principiella konstruktionerna studerades för att jämföra vilken effekt installationsdjupet har på mängden grundvattentillrinning till ett dräneringssystem innanför skyddskonstruktionen.

Marknivån väster om planerad skyddsanordning varierar mellan +2,5 m och +1,2 m, vilket betyder att området är lägre beläget än det beräknade framtida högsta högvattenstånd  $HHW_{2100} = + 2,8$  m. Detta medför att ett avvattningssystem för planområdet inte kommer att kunna bortleda drän- och dagvatten med självfall vid extremvattenstånd. Således erfordras att drän- och dagvatten kan lyftas ut från planområdet via en pumpstation vid ett sådant scenario. För denna utredning förutsätts att denna möjlighet tillskapas.

Olika utformningar på skyddsanordning medför olika stora tillskott av grundvatten som belastar avvattningssystemet vid framtida havsnivåer. Detta kan vara en viktig faktor rörande frågan om miljöbelastningen som ett dräneringssystem med pumpstation inom planområdet kan komma att erfordras.

**Tabell 2** – Principiella skyddskonstruktioner

| Skyddskonstruktion | Beskrivning                                                                                                                                                                                     |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| S1                 | Skyddsvall + Tätskärm. Tätskärmen penetrerar fyllnaden ofullständig. Bottennivå ansatt till ca -1,0 m vid norra sidan ner till ca -1,5 m vid södra ändan av skyddsvallen.                       |
| S2                 | Skyddsvall + Tätskärm. Tätskärmen installerad ner till gränsen mot naturlig friktionsjord. Bottennivå ansatt till ca -3,5 m vid norra sidan ner till ca -4,5 m vid södra ändan av skyddsvallen. |
| S3                 | Skyddsvall + Tätskärm. Tätskärmen installerad en bit ner i naturlig friktionsjord. Bottennivå ansatt till ca -7,0 m i norr och -8,0 m vid södra ändan av skyddsvallen.                          |
| S4                 | Skyddsvall + Tätskärm installerad ner till bergöverytan. Bottennivå ansatt till ca -10,0 m vid norra sidan ner till ca -11,0 m vid södra ändan av skyddsvallen.                                 |

## 5.2 NUMERISK MODELL

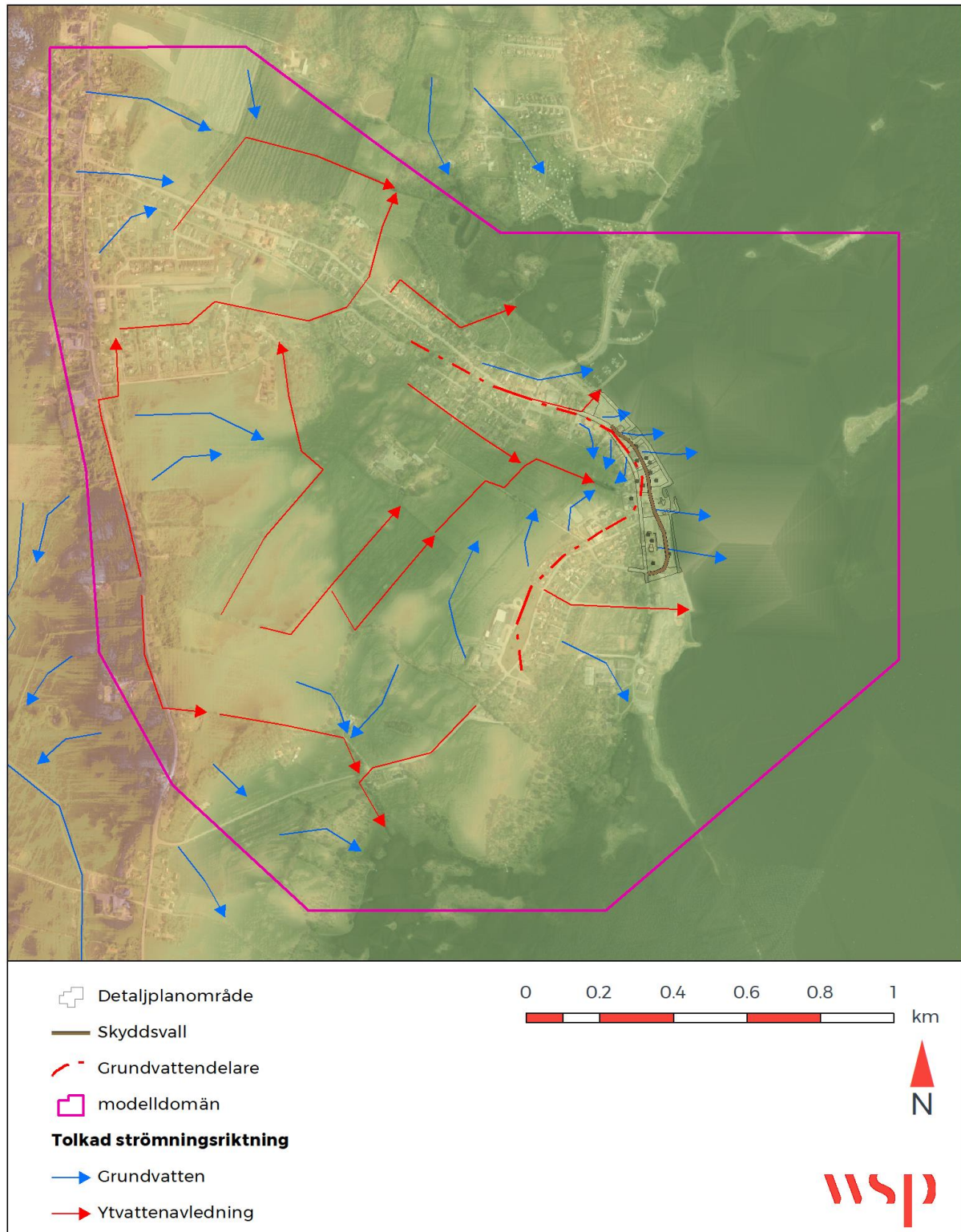
För beräkning av grundvattnets strömningsvägar har en numerisk tredimensionell grundvattenmodell upprättats i Visual Modflow (VMF). VMF bygger på finita differenskoden MODFLOW som simulerar grundvattenflöde i tre dimensioner<sup>7</sup>. Koden är en av den mest spridda och allmänt accepterade koderna för numerisk modellering av grundvattenflöden.

Den numeriska modellen bygger på framtagna konceptuell modell upprättad inom ett hydrauliskt avgränsat område. I huvudsak användes vattendelare som randvillkor. Randvillkor har valts på sådant avstånd från modellens fokusområde, dvs. Bergkvaras hamnområde, att förändring av grundvattenförhållanden centralt i modellen inte ska kunna påverka trycknivåer vid ränderna. Modellavgränsning framgår av Figur 10.

För detaljerad beskrivning av grundvattenmodellens uppbyggnad hänvisas till **Bilaga 1 – Modellbeskrivning**.

<sup>7</sup>McDonald & Harbaug 1988





**Figur 10** – Avgränsat hydrauliskt system som används som modelldomän för grundvattenmodell (rosa avgränsningen). Detaljplanområdet markerat i svart. Möjliga konceptuella grundvattenströmningar markerade med blåa pilar. Skyddsvall angiven i brun.

### 5.3 BERÄKNINGSFALL

Modellen användes för att simulera beräkningsfall som framgår av Tabell 3. För detaljerad beskrivning för samtliga beräkningsfall hänvisas till **Bilaga 1 – Modellbeskrivning**.

**Tabell 3** – Beräkningsfall.  $MW_{2100}$  = medelhavsnivå för år 2100.  $HHW_{2100}$  = högsta högvattenstånd för år 2100.  $HW_{kritisk}$  = kritisk förutsättning där medelhavsnivån stiger till +1,4 m

| Beräkningsfall | Beskrivning                                                                                                          |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| B1             | Simulering av nuvarande situation.                                                                                   |
| B2             | Simulering av planerad skyddskonstruktion S1 (Tabell 2) vid hamnområdet i ett framtida klimat ( $MW_{2100}$ ).       |
| B3             | Simulering av planerad skyddskonstruktion S2 (Tabell 2) vid hamnområdet i ett framtida klimat ( $MW_{2100}$ ).       |
| B4             | Simulering av planerad skyddskonstruktion S3 (Tabell 2) vid hamnområdet i ett framtida klimat ( $MW_{2100}$ ).       |
| B5             | Simulering av planerad skyddskonstruktion S4 (Tabell 2) vid hamnområdet i ett framtida klimat ( $MW_{2100}$ ).       |
| K1             | Simulering där de principiella skyddskonstruktionerna (Tabell 2) utsätts för kritiska förutsättningen $HHW_{2100}$ . |
| K2             | Simulering där principiella skyddskonstruktioner (Tabell 2) utsätts för kritiska förutsättningen $HW_{kritisk}$ .    |

#### 5.3.1 Skyddsvall – hydraulisk konstruktion

Beräkningar har gjorts av olika möjliga skyddskonstruktioner som skyddar den inre delen av planområdet.

Planområdets avvattningsystem skall kunna hantera naturliga grundvattenflöden, och således kunna fungera oberoende av andra befintliga VA-system. I simuleringarna har det således antagits att den befintliga pumpstationen som länshåller dagvattendammen strax väster om planområdet inte längre är i drift. Detta medför att grundvattennivåerna i lågmarken inte längre dräneras bort, vilket innebär att nivåerna inom området beräkningsmässigt ligger något över havsnivån, och tidvis översvämmas av havet.

I Tabell 4 nedan redovisas hur de principiella utformningarna av skyddskonstruktionen påverkar grundvattentillrinningen  $Q_{drän}$  inom planområdet vid  $MW_{2100}$  (+ 0,826 m, medelhavsnivå för år 2100).

I resultatet framgår att tillskottet i avvattningsbehov inom planområdets västra del för ett scenario utan befintlig pumpstation ökar väsentligt oberoende av skyddskonstruktionens utformning.

$Q_{drän}$  för  $MW_{2100}$  utan befintlig pumpstation avtar kraftigt när skyddskonstruktionen installeras med bottennivån ner till bergöverytan, medan endast en marginell skillnad erhålls för de övriga utformningarna. Större mängder tillkommande grundvatten medför att kapacitet i avvattnings- och dagvattensystem inom denna del av planområdet ökar.

**Tabell 4** – Påverkan av olika principiella utformningar av skyddskonstruktioner på grundvattentillrinning  $Q_{drän}$  inom skyddat planområde vid MW<sub>2100</sub> samt hur den befintliga pumpstationen påverkar (minskar) grundvatteninflödet som ett dräneringssystem inom planområdet behöver hantera.

| Skyddskonstruktion | $Q_{drän}$ MW <sub>2100</sub> med befintlig pumpstation [m <sup>3</sup> /d] | $Q_{drän}$ MW <sub>2100</sub> utan befintlig pumpstation [m <sup>3</sup> /d] | Tillskott utan befintlig pumpstation [m <sup>3</sup> /d] |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| S1                 | 87                                                                          | 141                                                                          | 54                                                       |
| S2                 | 76                                                                          | 130                                                                          | 54                                                       |
| S3                 | 56                                                                          | 110                                                                          | 54                                                       |
| S4                 | 0                                                                           | 41                                                                           | 41                                                       |

Skyddsvallen kommer vara belägen relativt parallellt med den tolkade grundvattendelaren som sträcker sig längs genom planområdet (Figur 10). Detta i samband med att grundvattennivåerna väster om planområdet länshålls medför att en eventuell dämningseffekt som kan uppstå vid inre sidan av en tätande konstruktion anses vara marginell i dagsläget. I ett framtida scenario med skyddskonstruktion installerat ner till bergöverytan, där medelhavsnivån stiger till MW<sub>2100</sub> (+0,826 m) medan jordbruksmarken väster om planområdet länshålls är det troligt att en viss dämning uppstår vid konstruktions yttre sida (havssidan). Risker för eventuell dämningseffekt vid konstruktionens yttre sida minskar för utformningar som inte är täta ner till bergöverytan. Sådana konstruktioner medför dock ett något större grundvattenflöde  $Q_{drän}$  som ett avvattningsystem skall kunna hantera, vilket framgår i Tabell 4.

### 5.3.2 Skyddsvall – kritiska förutsättningar

En översvämnings varaktighet är av stor betydelse för vilka skador som kan uppkomma i ett urbant område, där toleransen för kortvariga och långvariga översvämnningar varierar bland byggnader och intresseobjekt (SMHI, 2017a). Således studeras här kortvariga händelser (HHW<sub>2100</sub>) respektive mer långvariga händelser av lägre högvattenstånd med lång varaktighet (HW<sub>kritisk</sub>)

Stormflod i form av högsta högvattenstånd inträffar oftast med relativt kort varaktighet. Varaktigheten för extremvattenstånd (nivåer  $\geq 120$  cm över medelvattenstånd) längst Sveriges sydöstra kustlinje är generellt korta, där medelvaraktigheten varierar mellan 6 timmar vid Ölands norra udde, och 9 timmar vid Kungholmsfort i Karlskrona. Längsta varaktigheten vid Ölands norra udde uppmättes till 26 timmar (SMHI, 2017a). Därmed beror nettohöjningen starkt på en blandning av faktorer såsom djupa lågtryck, pålandsvind, och tidvattnet. Även havsnivåns utgångsläge när en storm inträffar är av stor betydelse.

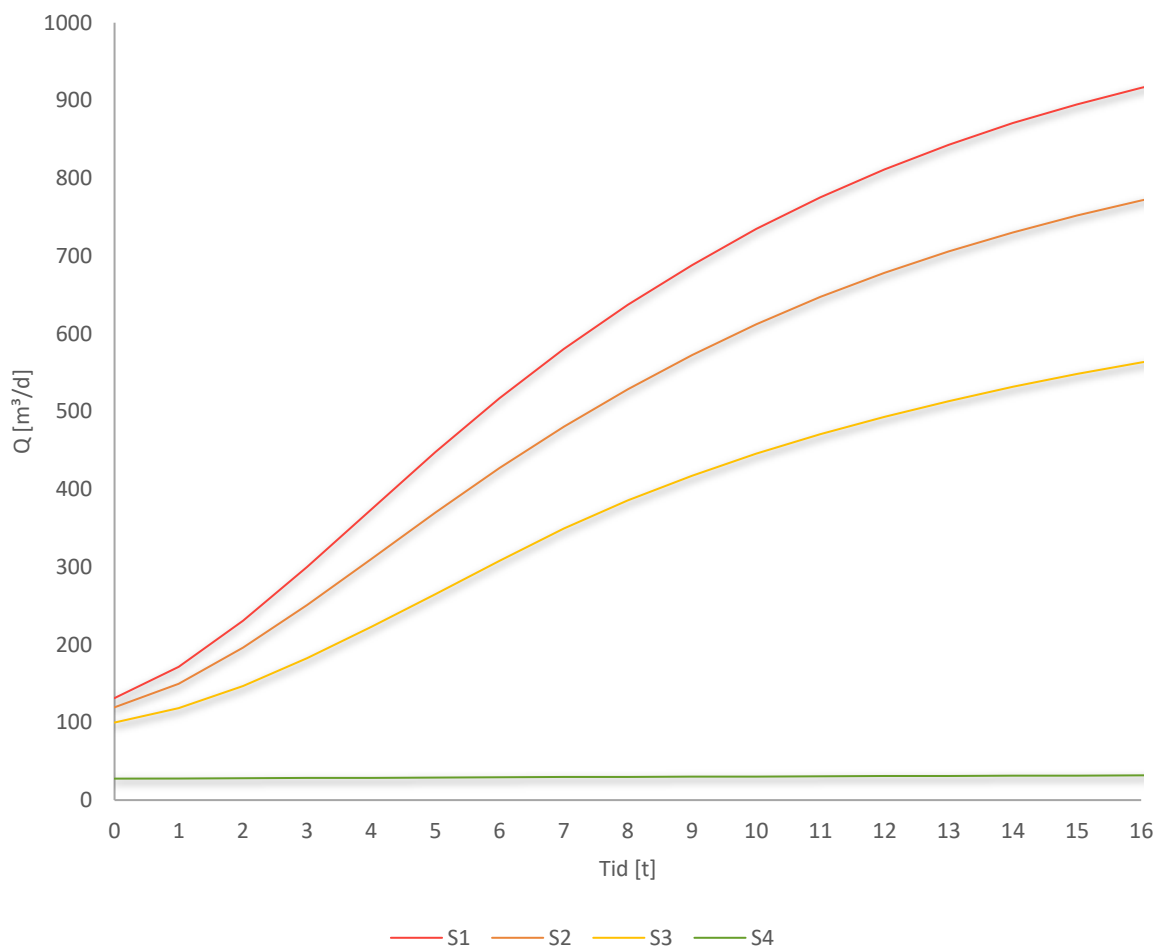
Beräkningar för högsta högvattenstånd HHW<sub>2100</sub> genomfördes för att studera vilken effekt ett sådant scenario med kan medföra för nettotillrinning av grundvatten in till planområdet. Nettotillrinning innebär den mängden grundvatten som dräneringssystem innanför invallningen skall kunna hantera vid HHW<sub>2100</sub>.

I simuleringen ansattes medelhavsnivån MW<sub>2100</sub> = +0,826; alltså medelhavsnivån prognosticerad för år 2100. Vidare simulerades att en stormflod HHW<sub>2100</sub> = +2,8 m inträffar under 72 timmar för samtliga utformningar av skyddskonstruktionen vid planområdet i Bergkvara hamn. I simuleringarna har det även

antagits att den befintliga pumpstationen som länshåller dagvattendammen strax väster om planområdet inte längre är i drift. Resultatet för de första 16 timmarna redovisas i Figur 11.

I figuren framgår hur de olika utformningarna av skyddskonstruktionen påverkar grundvattentillrinningen  $Q$  till ett länshållet dräneringssystem innanför skyddsvallen vid denna simulering av HHW<sub>2100</sub>. Observera att flödet  $Q$  är den totala mängden grundvattentillrinning till ett länshållet dräneringssystem innanför skyddskonstruktionen, för den varaktigheten som kan avläsas i figuren. Mot bakgrund att extremvattenstånd vanligen har kort varaktighet, kan en dimensionerande varaktighet för detta scenario sättas till 8 timmar.

Flödet  $Q$  ökar med längre varaktighet för de skyddskonstruktionerna som inte har sin bottennivå ner till bergöverytan. Flödet håller sig relativt stabilt för alternativet där en skyddskonstruktion installeras ner till bergöverytan.



**Figur 11** – Simulering av grundvattentillrinning  $Q$  till dräneringssystem inom planområdet för de principiella skyddskonstruktionerna, till följd av stormflod HHW<sub>2100</sub> med varaktighet upp till 16 timmar. Utgångsläge var MW<sub>2100</sub>.

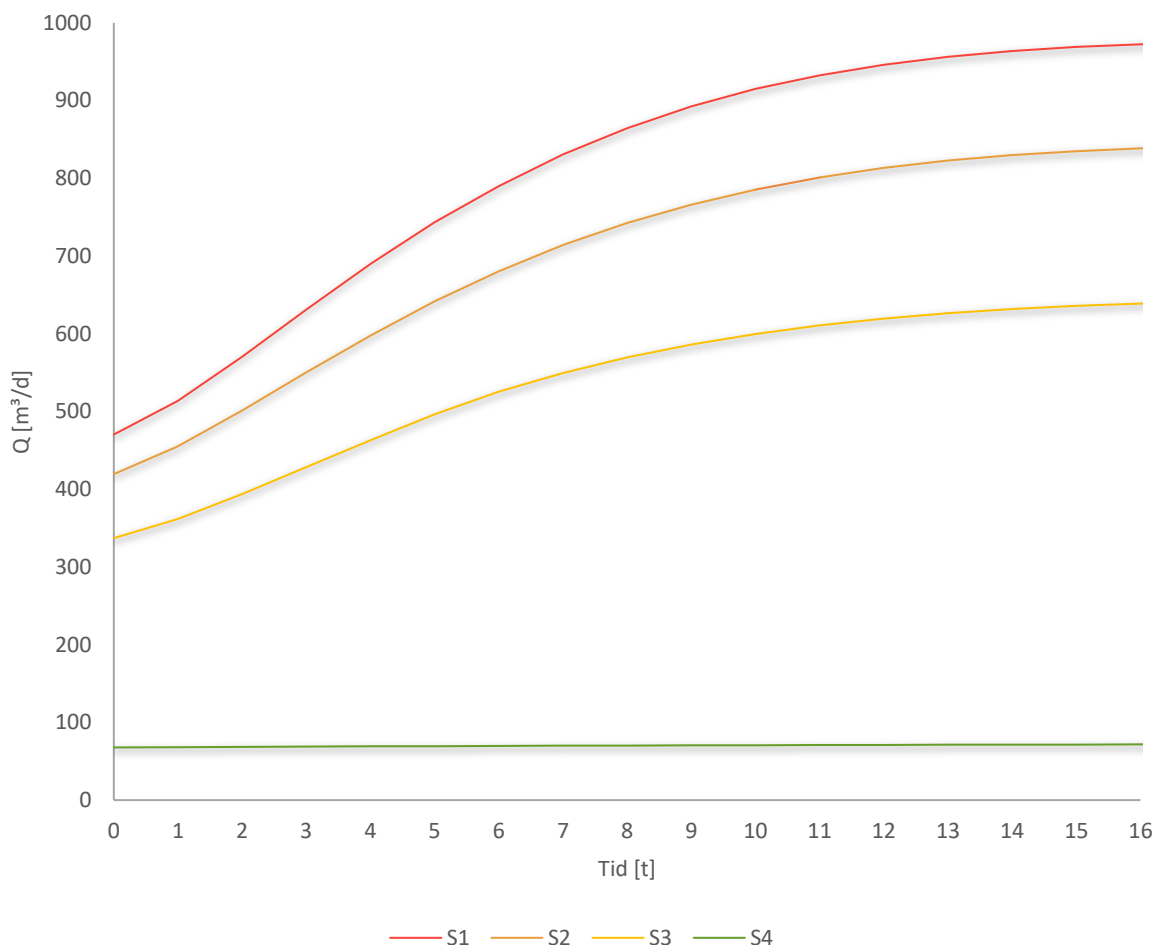
Omfattningen av samhällsstörningar som orsakas av en stormflod beror dock inte enbart på den nettohöjningen som uppstår, utan också dess varaktighet. Det är därför inte enbart de mest extrema havsvattenstånden som är av intresse.



Lägre, men mer frekventa högvattenhändelser, kan ha stor betydelse för grundvattenförhållandena i en låg belägen kustzon (SMHI, 2017b). Särskilt om dessa har en förhållandevis lång varaktighet kan det leda till att lågt belägna områden i kustzonen översvämmas. Högvattenhändelser med lång varaktighet innebär även att befintliga markavvattningsystem samt dagvattennät under en längre period blir utsatta för ett högre inflöde.

Således har en analys utförts för fallet där en kritisk medelhavsnivå ( $HW_{kritisk}$ ) inträffar.  $HW_{kritisk}$  anses vara en nivå som medför att den låglänta jordbruksmarken väster om planområdet översvämmas under en lång period (beräkningsmässigt antas en permanent sjö på +1,4 m). Detta förutses vara en trolig framtida händelse om inte skyddsåtgärder utförs vid övriga lågpunkter norr och söder om planområdet. Genom att analysera områdets topografi (Figur 3) bedömdes att kritisk havsnivå, med nuvarande topografi, inträffar vid  $HW_{kritisk} = +1,4$  m. Vid detta scenario antas att det befintliga markavvattningsystemet väster om planområdet inte längre kan hålla nere vattennivån, vilket medför att området översvämmas och jämsställs med rådande vattenstånd i havet.

Beräkningar har gjorts för att simulera vilken effekt detta scenario har på grundvattentillrinningen  $Q$  inom planområdet. Resultatet redovisas i Tabell 5 ur vilken kan utläsas avvattningsbehov inom planområdets västra del vid framtida medelhavsvattenstånd samt det tillskott som sker vid  $HW_{kritisk}$ .



**Figur 12** – Simulering av grundvattentillrinning  $Q$  till dräneringssystem inom planområdet för de principiella skydds konstruktionerna, till följd av stormflod  $HHW_{2100}$  med varaktighet upp till 16 timmar. Utgångsläge var  $HW_{kritisk}$ .

**Tabell 5** – Påverkan av olika utformningar av skyddskonstruktioner på grundvattentillrinning  $Q_{drän}$  inom skyddat planområde vid MW<sub>2100</sub> och HW<sub>kritisk</sub>.

| Skyddsvall | $Q_{drän}$ MW <sub>2100</sub> utan befintlig pumpstation [m <sup>3</sup> /d] | $Q_{drän}$ HW <sub>kritisk</sub> utan befintlig pumpstation [m <sup>3</sup> /d] | $Q_{drän}$ HHW <sub>2100</sub> och sjö i väster (+1,4 m) [m <sup>3</sup> /d] |
|------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| S1         | 141                                                                          | 525                                                                             | 865                                                                          |
| S2         | 130                                                                          | 474                                                                             | 742                                                                          |
| S3         | 110                                                                          | 392                                                                             | 569                                                                          |
| S4         | 41                                                                           | 56                                                                              | 70                                                                           |

I resultatet framgår att tillskottet i grundvattentillrinning  $Q_{drän}$  ökar oberoende av skyddskonstruktions utformning, i ett scenario där HW<sub>kritisk</sub> inträffar. Detta beror på att planområdet i detta scenario utsätts för ett tillskott av grundvattenflöde från väster då lågområdena översvämmas.

## 6 SLUTSATSER

- I framtiden kommer vatten från ett drän- och dagvattensystem från västra planområdet att tidvis (vid höghavsnivå) inte kommer att kunna avledas med självfall till Kalmarsund.
- Skyddsvall kan kompletteras med tätskärm under vallen för att minska tillskottsvatten till drän- och dagvattensystem vid hög havsnivå.
- Olika utformningar av tätskärm (installationsdjup) har studerats, varefter det konstateras att en mycket djup skärm (ner till berg) krävs för att en betydande reduktion av grundvattentillrinning ska erhållas.
- För principiell utformning (S2, tätning under vall ner till naturlig friktionsjord) kan tillskottet av grundvattentillrinning beräknas kunna uppgå till maximalt ca 740 m<sup>3</sup>/d (8,6 l/s).
- Dimensionerande dagvattenavledning från planområdet västra delar uppgår till ca 750 l/s (WSP, 2020a). Detta innebär att tillskottet av grundvattentillrinning  $Q_{drän}$  kan bedömas uppgå till maximalt ca 1% ( $8,6 / 750 = 1,1\%$ ).
- Det måttliga tillskottet bedöms inte kunna motivera djupare tätning under vall än alternativ S2.
- Exploatering inom planområdet enligt planerad utformning bedöms således vara tekniskt genomförbar med utförande av mindre skyddsåtgärder (skyddsvall + tätning till måttligt djup).
- Med avseende på konsekvenser på översvämning (sjö) väster om planområdet rekommenderas att ytterligare skyddsåtgärder (skyddsvall) bör övervägas för lågområden norr och söder om planområdet. Om sådana åtgärder vidtas kan det förutses att tillskottet av grundvattentillrinning blir betydligt mindre än 1%.

- Utifrån ett hydrogeologiskt perspektiv anses det inte nödvändigt att införa restriktioner för källare och underjordiska konstruktioner inom planområdet, given att dessa konstrueras på ett sådant sätt som förhindrar inläckage av grundvatten. Därmed rekommenderas att förebyggande åtgärder tas som möjliggör dränering av inläckande vatten.
- Det ska inte tillåtas att ledningssystem från källare och underjordiska konstruktioner påkopplas till kommunala VA-system med självfall, då dessa medför risk för översvämning av konstruktionen vid höga vattenstånd.
- Vid konstruktion av källare och underjordiska konstruktioner ska beaktas att vattenverksamhet i form av tillfällig grundvattensänkning kan vara tillståndspliktig enligt 11 kap, § 12 i miljöbalken.

## REFERENSER

- McDonald, M. G., & Harbaugh, A. W. (1988). A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model. U.S. G.P.O.
- WSP. (2020a). Dagvattenutredning samt tekniska lösningar för genomföring, Bergkvara hamn. 2020-04-23
- WSP. (2020b). Bergkvara Hamn – Översiktlig geoteknisk undersökning och utredning (WSP 2020b)
- SMHI. (2012). KLIMATOLOGI Nr 5, 2012 – Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv - kunskapssammanställning 2012.
- SMHI. (2017a). KLIMATOLOGI Nr 45, 2017 – Beräkning av högsta vattenstånd längs Sveriges kust. ISSN: 1654-2258. 2018-01-19
- SMHI. (2017b). KLIMATOLOGI Nr 48, 2017 – Framtida havsnivåer i Sverige. 2018-01-28



UPPDRAGSNAMN  
Bergkvara Hamn Hydrogeologi

UPPDRAGSNUMMER  
10308703

FÖRFATTARE  
Ingmar Geuze

DATUM  
2020-11-06

## VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 48 000 medarbetare på 550 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 200 medarbetare. [wsp.com](https://wsp.com)

### WSP Sverige AB

Box 13033  
402 51 Göteborg  
Besök: Ullevigatan 19  
T: +46 10 7225000  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
[wsp.com](https://wsp.com)



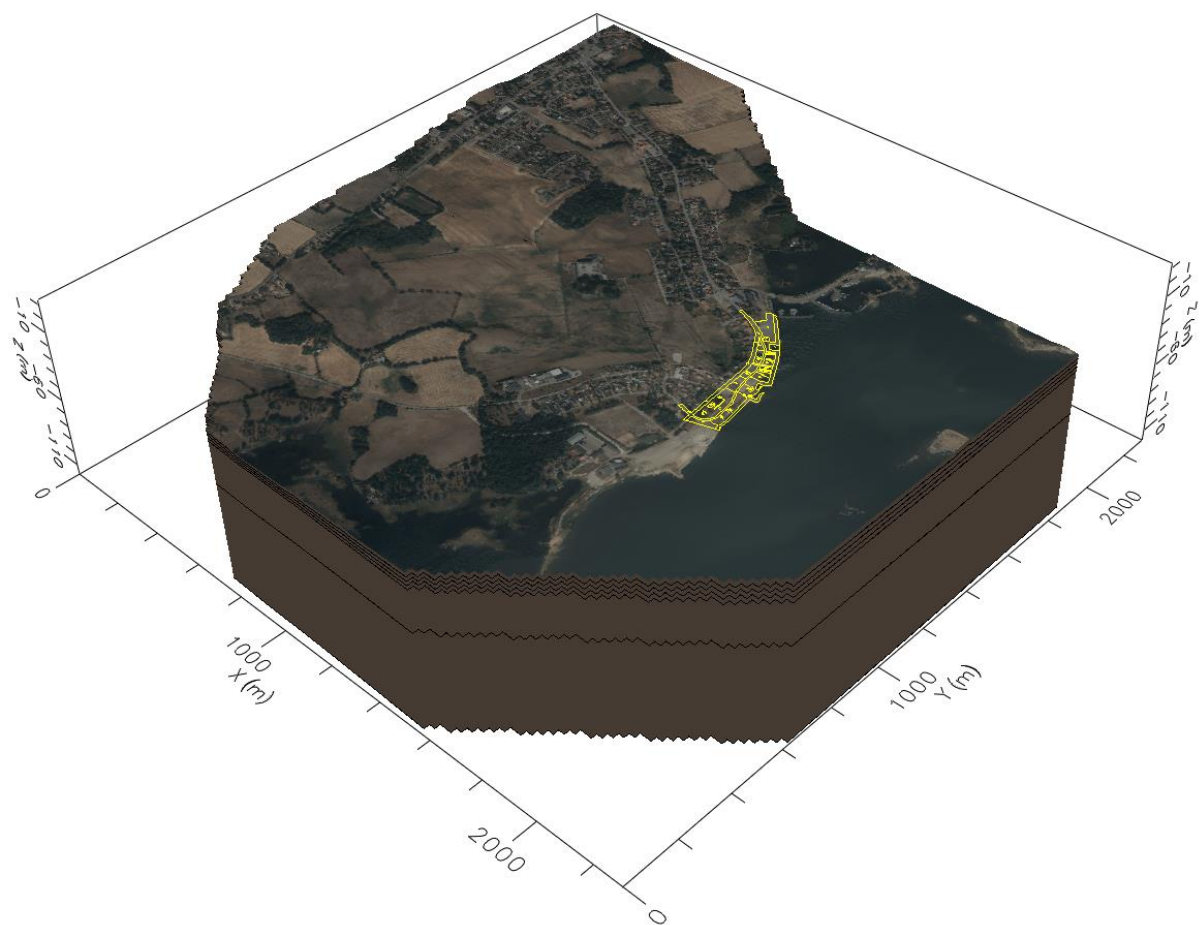


TORSÅS KOMMUN

# BILAGA 1 – MODELLBESKRIVNING

## GRUNDVATTENMODELL BERGKVARA HAMNOMRÅDE

2020-11-06



# MODELLBESKRIVNING

## GRUNDVATTENMODELL BERGKVARA HAMNOMRÅDE

### KUND

**Torsås kommun**

### KONSULT

WSP Environmental Sverige  
Box 13033  
WSP Sverige AB  
402 51 Göteborg  
Besök: Ullevigatan 19  
Tel: +46 10 7225000  
wsp.com

### KONTAKTPERSONER

Patrik Lissel, WSP      010-722 52 66    [patrik.lissel@wsp.com](mailto:patrik.lissel@wsp.com)  
Ingmar Geuze, WSP      010-721 07 58    [ingmar.geuze@wsp.com](mailto:ingmar.geuze@wsp.com)

PROJEKT

UPPDRAGSNAMN  
Bergkvara Hamn Hydrogeologi

UPPDRAGSNUMMER  
10308703

FÖRFATTARE  
Ingmar Geuze

DATUM  
2020-11-06

Granskad av  
Patrik Lissel

## INNEHÅLL

|          |                                   |           |
|----------|-----------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INLEDNING</b>                  | <b>4</b>  |
| 1.1      | BAKGRUND OCH SYFTE                | 4         |
| 1.2      | PLAN- OCH HÖJDSYSTEM              | 4         |
| <b>2</b> | <b>KONCEPTUELL MODELL</b>         | <b>4</b>  |
| 2.1      | GRUNDVATTENBILDNING               | 6         |
| 2.2      | PRINCIPIELLA SKYDDSKONSTRUKTIONER | 6         |
| <b>3</b> | <b>NUMERISK MODELL</b>            | <b>7</b>  |
| 3.1      | MJUKVARA                          | 7         |
| 3.2      | MODELLUPPBYGGNAD                  | 7         |
| 3.2.1    | Randvillkor                       | 7         |
| 3.2.2    | Diskretisering                    | 9         |
| 3.3      | HYDRAULISKA PARAMETRAR            | 12        |
| 3.4      | KALIBRERING                       | 12        |
| 3.5      | PREDIKTIV SIMULERING              | 13        |
| 3.5.1    | Beräkningsfall                    | 13        |
| 3.6      | OSÄKERHETER                       | 15        |
|          | <b>REFERENSER</b>                 | <b>16</b> |

# 1 INLEDNING

## 1.1 BAKGRUND OCH SYFTE

Torsås kommun planerar för möjliggörande av en framtida exploatering inom nuvarande hamnområde i Bergkvara. Som lågt belägen kustort kan planområdet i Bergkvara påverkas av klimattförändringar och framtida havsnivåhöjningar. Inom den planerade detaljplanen<sup>1</sup> ingår därför anläggande av en skyddsvall som syftar till att skydda lågområden inom detaljplanområdet från framtida havsnivåförändringar.

Beräkning av dimensionerande flöden för nya dagvattenssystem inom planområdet gjordes i genomförd dagvattenutredning (WSP, 2020a). I utredningen har dock inte tagits hänsyn till mängden grundvattentillrinning som ett dräneringssystem innanför planerad skyddskonstruktion kommer bli utsatt för vid framtida havsnivåer.

WSP har på uppdrag av Torsås kommun genomfört här redovisad utredning rörande fråga om huruvida en skyddskonstruktion inom detaljplanområdet är tekniskt genomförbar med beaktande av de hydrogeologiska förutsättningarna. Fokus i denna utredning har varit att studera vilken utformning en skyddskonstruktion lämpligen bör ha med avseende på hydrauliska aspekter (tillrinning av grundvatten till invallat område jämte eventuella dämningseffekter). Detta har utretts för fall med framtida medelhavsnivå samt framtida högsta högvattenstånd.

## 1.2 PLAN- OCH HÖJDSYSTEM

Rikets koordinatsystem SWEREF 99 TM har använts i plan samt höjdsystem RH2000. Höjder betecknas som plushöjder enligt +0.00 m.

# 2 KONCEPTUELL MODELL

Den numeriska modellen bygger på en konceptuell modell upprättad inom ett hydrauliskt avgränsat område (Figur 1). I huvudsak användes ytvattendelare som randvillkor. Randvillkor har valts på sådant avstånd från modellens fokusområde, dvs. detaljplanområdet för Bergkvara hamn, att förändring av grundvattenförhållanden centralt i modellen inte ska kunna påverka trycknivåer vid ränderna.

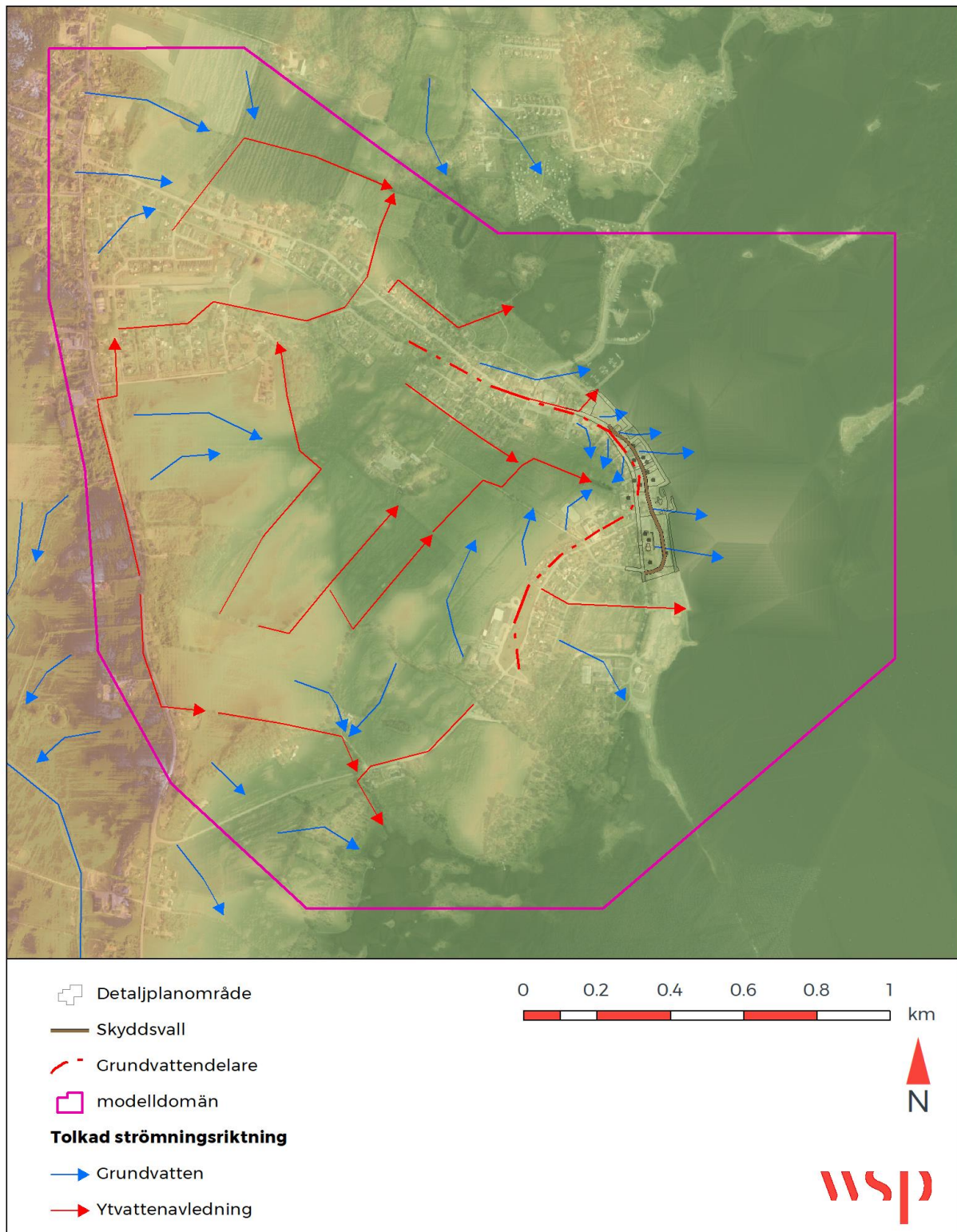
Som underlag till modelluppbyggnaden har SGU:s jordartskarta, berggrundskarta, jorddjupskarta, brunnarsarkiv, tillsammans med höjddata från Lantmäteriets GeoData utnyttjats.

Det avgränsade området omfattar en ytvattenrecipient; Kalmarsund i modellens östra del.

Tolkade grundvattenströmningsriktningar baseras på områdets topografi, hydrogeologi, samt befintlig markinfrastruktur såsom dagvattenledningar, spillvattenledningar, och dikesföretag.

---

<sup>1</sup> <https://www.torsas.se/bo-miljo-trafik/planarbete/detaljplaner/program-for-bergkvara-21-244-m-fl-hamnen/> (hämtad 2020-10-30)



**Figur 1** – Avgränsat hydrauliskt system som används som modellområde för grundvattenmodell (rosa avgränsningen). Detaljplanområdet är markerat i svart. Möjliga konceptuella grundvattenströmningar markeras med blåa pilar. Skyddsvall är angiven med brun linje.



## 2.1 GRUNDVATTENBILDNING

För detaljerad beskrivning hänvisas till "PM Hydrogeologisk utredning – Bergkvara hamnområde" (WSP, 2020a).

Den övergripande vattenbalansen för aktuellt område kan tecknas  $P_k - ET = P_n$ , där  $P_k$  är korrigerad nederbörd,  $ET$  är evapotranspiration (total avdunstning) och  $P_n$  nettonederbörd, vilken bildar avrinning. Enligt SMHI:s översiktliga kartering över ovanstående parametrar har representativa långtidsmedelvärden för referensnormalperioden 1961 – 1990 använts som grunddata.

Det regnar generellt mer i stora delar av Sverige idag än under referensnormalperioden, även temperaturen har ökat något. Med hjälp av SMHI:s mätdata har storleken på denna ökning bestämts för området. En ökning om ca 5 % på nettonederbörden och avdunstningen kan bestämmas. Därmed kan följande värden ställas upp för den klimatologiska vattenbalansen, vilka även använts i modellen, se Tabell 1 och Tabell 4.

**Tabell 1** – Vattenbalans över aktuellt område

| Vattenbalans       | [mm/år] | 1961–1990 | 1991–2020 | 2020–2100 |
|--------------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Naturmark          | $P_k$ : | 600       | 630       | 690       |
|                    | $ET$ :  | 400       | 420       | 460       |
|                    | $P_n$ : | 200       | 210       | 230       |
| Öppen vattenspegel | $P_k$ : | 600       | 630       | 690       |
|                    | $ET$ :  | 520       | 545       | 600       |
|                    | $P_n$ : | 80        | 85        | 95        |

## 2.2 PRINCIPIELLA SKYDDSKONSTRUKTIONER

För planområdet tänks skyddsanordningen bestå i första hand av en skyddsvall som byggs upp från nuvarande markyta upp till en viss nivå. Denna valla kan kompletteras med en tätkonstruktion nedåt till olika djup för att förhindra vatteninströmning under vallen mot lågområden väster om densamma.

Möjliga principiella konstruktioner som har studerats framgår av Tabell 2. Utformningar som här valts för studier av vattenflöden och dämningar är de som bedöms som relevanta för att belysa vilka principlösningar som är förutsebart lämpliga/mindre lämpliga.

Marknivån väster om planerad skyddsanordning varierar mellan +2,5 m och +1,2 m, vilket betyder att området är lägre beläget än det beräknade framtida högsta högvattenstånd  $HHW_{2100} = +2,8$  m. Detta medför att ett avvattningsystem för planområdet inte kommer att kunna bortleda drän- och dagvatten med självfall vid extremvattenstånd. Således erfordras att drän- och dagvatten kan lyftas ut från planområdet via en pumpstation.

Olika utformningar på skyddsanordning medför olika stora tillskott av grundvatten som belastar avvattningsystemet vid framtida havsnivåer. Detta kan vara en viktig faktor rörande frågan om miljöbelastningen som ett dräneringssystem med pumpstation inom planområdet kan komma att erfordras.

**Tabell 2** – Principiella skyddskonstruktioner

| Skyddskonstruktion | Beskrivning                                                                                                                                                                                     |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| S1                 | Skyddsvall + Tätskärm. Tätskärmen penetrerar fyllnaden ofullständig. Bottennivå ansatt till ca -1,0 m vid norra sidan ner till ca -1,5 m vid södra ändan av skyddsvallen.                       |
| S2                 | Skyddsvall + Tätskärm. Tätskärmen installerad ner till gränsen mot naturlig friktionsjord. Bottennivå ansatt till ca -3,5 m vid norra sidan ner till ca -4,5 m vid södra ändan av skyddsvallen. |
| S3                 | Skyddsvall + Tätskärm. Tätskärmen installerad en bit ner i naturlig friktionsjord. Bottennivå ansatt till ca -7,0 m i norr och -8,0 m vid södra ändan av skyddsvallen.                          |
| S4                 | Skyddsvall + Tätskärm installerad ner till bergöverytan. Bottennivå ansatt till ca -10,0 m vid norra sidan ner till ca -11,0 m vid södra ändan av skyddsvallen.                                 |

## 3 NUMERISK MODELL

### 3.1 MJUKVARA

Grundvattenmodellen har byggts upp i programmet Visual MODFLOW (VMF). VMF är en pre- och postprocessor för den finita differenskoden MODFLOW (Harbaug & McDonald 1988), vilken beräknar grundvattenflöde i tre dimensioner. Koden är en av den mest spridda och allmänt accepterade koderna för numerisk modellering av grundvattenflöden.

### 3.2 MODELLUPPBYGGNAD

#### 3.2.1 Randvillkor

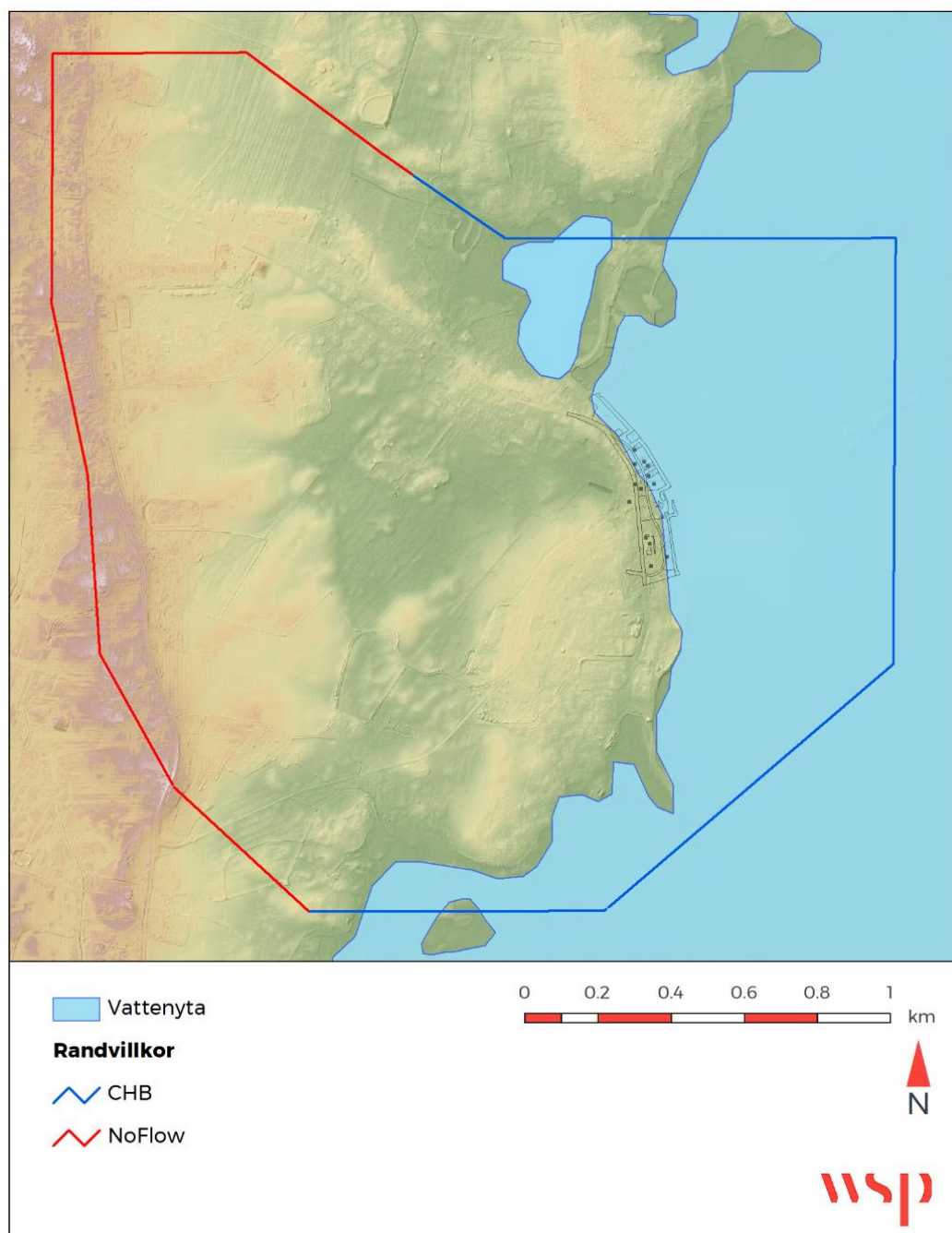
Grundvattenmodellens avgränsning omfattar ett område på ca 4 km<sup>2</sup> kring detaljplanområdet för Bergkvaras hamnområde. De ansatta randvillkoren redovisas i Figur 2.

Avgränsning av modellens randvillkor gjordes enligt framtagna konceptuell modell. I huvudsak användes ytvattendelare som gräns för modelldomänen inom landområden medan modellen sträcker sig ut inom havsområdet till sådan utbredning att det kan förutses att grundvattenströmning från landområden når havsbotten inom modelldomänen. Vid bedömda vattendelare ansattes No Flow Boundary över vilka inget vatten kan strömma. Där vattendrag och vattenytor förekommer ansattes Constant-Head Boundary (CHB) som randvillkor i det översta beräkningslagret, vilket innebär att en konstant specificerad trycknivå hålls. I djupare beräkningslager ansattes här No Flow Boundary.

CHB utgör områden där (grund)vattennivåerna förväntas vara relativt konstanta, och omfattar havet och mynningen av ett vattendrag (samma zon), och en befintlig dagvattendam som länshålls av en pumpstation (Tabell 3).

**Tabell 3** – Constant-Head (CHB) zoner i modellen

| Zon | Typ av yta                          | Constant-Head |
|-----|-------------------------------------|---------------|
| 1   | Kalmarsund (dagsläget)              | +0,1 m        |
| 2   | Kalmarsund (HHW <sub>2100</sub> )   | +2,8 m        |
| 3   | Kalmarsund (MW <sub>2100</sub> )    | +0,826 m      |
| 4   | Kalmarsund (MW <sub>kritisk</sub> ) | +1,4 m        |
| 5   | Dagvattendam                        | +0,1 m        |

**Figur 2** – Modellområdes avgränsning i form av randvillkor. Blå linje, CHB (Constant-Head Boundary) = Konstant tryck från vattendrag eller vattenyta. Röd linje, NoFlow = Inget flöde antas ske över denna linje. Detaljplanområdet markerat i svart.

Avseende övre randvillkor har tre typer av nybildningszoner använts i modellen, se Tabell 4.

**Tabell 4** – Nybildningszoner (recharge) i modellen

| Zon | Typ av yta                     | Grundvattenbildning<br>[mm/år] |
|-----|--------------------------------|--------------------------------|
| 1   | Öppen vattenspegel             | 84                             |
| 2   | Naturmark och<br>jordbruksmark | 210                            |

En generell ytlig dränering simuleras i modellen för att representera ytlig avrinning i diken, täckdikning, väg- och husdräneringar etc. Det ansatta djupet för ytlig dränering varierar efter markanvändningen enligt Tabell 5.

**Tabell 5** – Dräneringszoner som styr grundvattenytans övre gräns i modellen

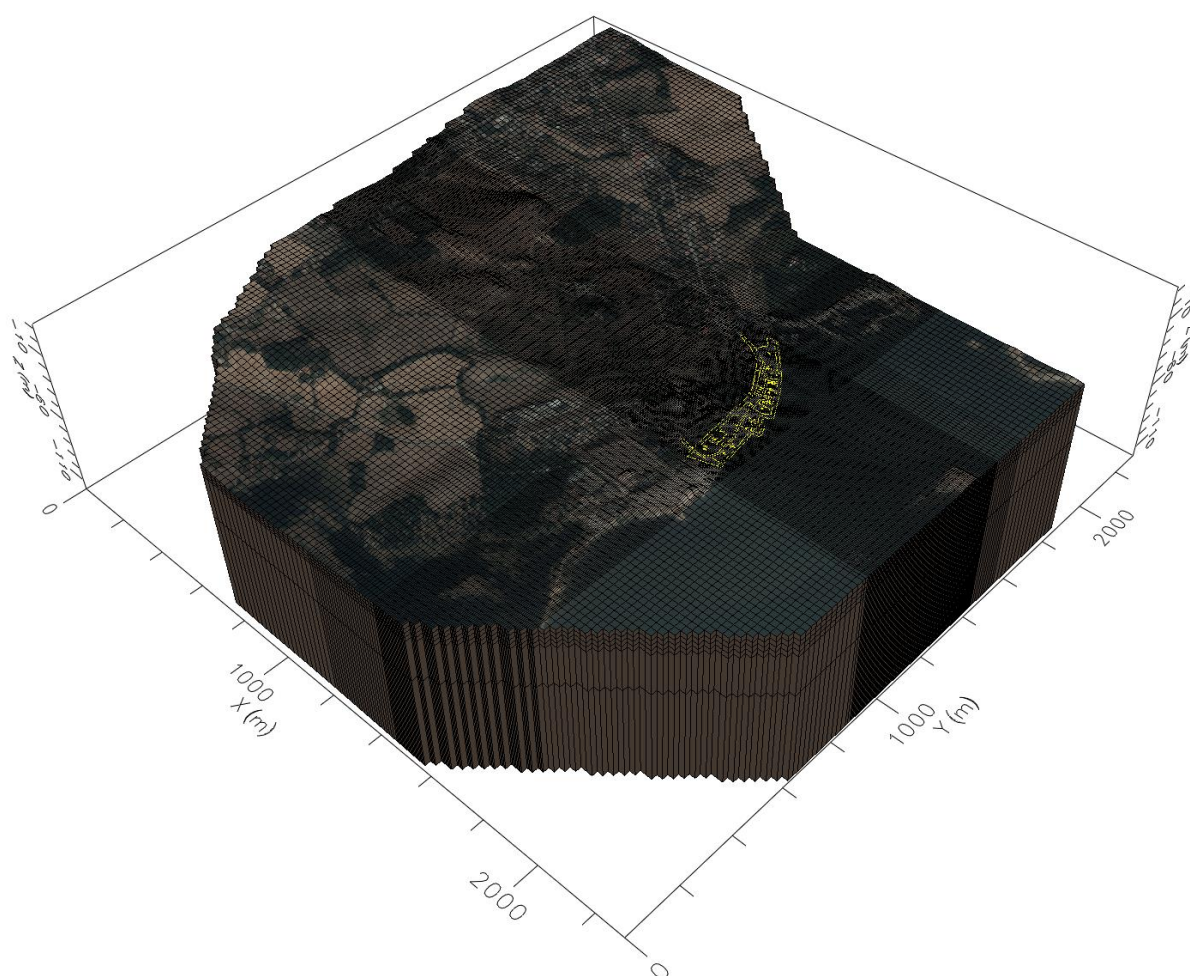
| Zon | Typ av yta                           | Dränering [m.u.my.] |
|-----|--------------------------------------|---------------------|
| 1   | Bostadsområde                        | 1,5                 |
| 2   | Naturmark                            | 1,0                 |
| 3   | Jordbruksmark                        | 1,2 – 0,25          |
| 4   | Avvattningsystem<br>detaljplanområde | 1,0                 |

### 3.2.2 Diskretisering

Modellen är uppbyggd av ett rutnät i 6 lager (Figur 3, Figur 4 och Figur 5). Cellstorlek varierar mellan 5 x 5 x b meter inom intresseområdet, upp till 20 x 20 x b meter vid domängränserna (där b är lagermaktigheten, enligt Tabell 6).

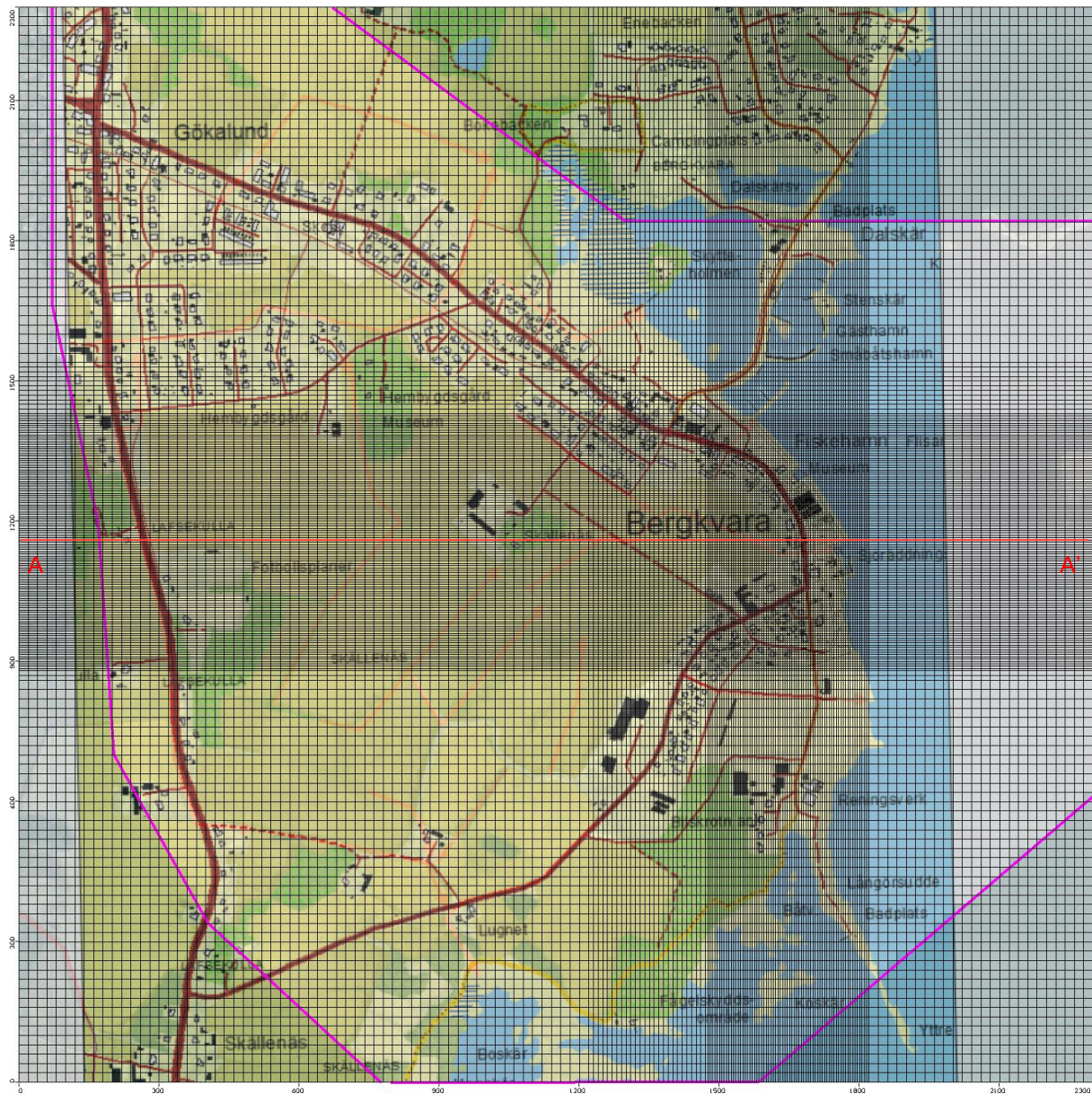
Markytan har byggts upp utifrån ett 2 x 2 meter högupplöst DEM. Utifrån markytamodellen och SGU:s bedömda jorddjupsmodell beräknades en bergöveryta. Bergets mäktighet uppgår till 100 meter under ansatt bergöverytan. Berggrunden är klassificerat i två berglager: ytlig berggrund (sandsten), djup berggrund (kristallint berg). Sandstenens mäktighet uppgår till 30 meter. Den underliggande kristallina berggrunden har en mäktighet upp till 60 meter. Jordlagren är indelad i fyra beräkningslager.

Behov av finare diskretisering kan finnas, men måste för varje given användning vägas mot simuleringstid. I de utförda simuleringarna har ovanstående indelning befunnits vara tillfredsställande för den noggrannhet som krävs av beräkningarna.

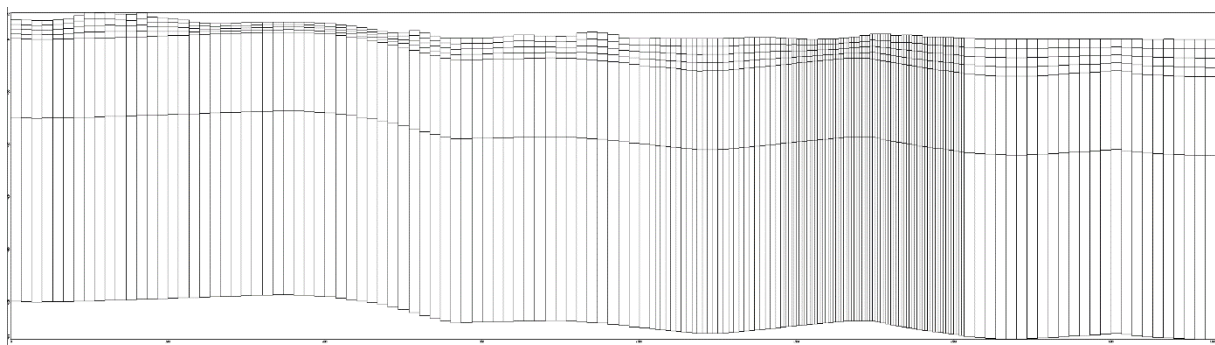


**Figur 3** – Modellens tredimensionella utformning. Detaljplanområdet markerat i gult.





**Figur 4** – Modelldomän är markerat med brun kontur. Röd linje representerar tvärsnitt A-A'.



**Figur 5** – Tvärsnitt A-A' från modellen. Observera att y-axeln är fem gånger utdragen i höjdd.

### 3.3 HYDRAULISKA PARAMETRAR

Berget har delats upp i kristallint och sedimentärt berg. Det sedimentära berget utgörs av sandsten. Ingen vidare diskretisering gjordes mellan olika bergarter.

Jordlagren har indelats efter SGU:s jordartskarta. Ett mer permeabelt friktionslager som utgör ett undre grundvattenmagasin har lagts in under lerområden. För detaljerad geologisk beskrivning hänvisas till "PM Hydrogeologisk utredning – Bergkvara hamnområde" (WSP, 2020a).

Hydraulisk konduktivitet (K) i ytliga jordarter har ansatts enligt litteraturvärden och erfarenhetsmässig bedömning. Övriga hydrauliska parametrar såsom specifik magasinsoefficiënt ( $S_s$ ), specific yield ( $S_y$ ), effektiv porositet ( $N_e$ ) och total porositet (N) är grundade på erfarenhetsmässiga bedömningar och branschpraxis. Ansatta hydrauliska parametrar redovisas Tabell 6.

**Tabell 6** – Ansatta hydrauliska parametrar

| Beteckning          | Färgkod | $K_h$ [m/s] | $K_v$ [m/s] | $S_s$    | $S_y$ | $N_e$ | N     | b [m]  |
|---------------------|---------|-------------|-------------|----------|-------|-------|-------|--------|
| Sandig Morän        |         | 1,00E-06    | 5,00E-07    | 1,00E-04 | 0,16  | 0,07  | 0,2   | 2 – 12 |
| Isälvsediment       |         | 1,00E-04    | 5,00E-05    | 1,00E-04 | 0,25  | 0,18  | 0,25  | 2 – 12 |
| Postglacial lera    |         | 1,00E-09    | 1,00E-09    | 1,00E-03 | 0,02  | 0,04  | 0,45  | 5      |
| Kristallint berg    |         | 1,00E-08    | 1,00E-08    | 1,00E-06 | 0,01  | 0,005 | 0,005 | 70     |
| Sandsten            |         | 5,00E-07    | 5,00E-07    | 1,00E-06 | 0,2   | 0,03  | 0,01  | 30     |
| Postglacial sand    |         | 4,00E-05    | 1,00E-05    | 1,00E-03 | 0,26  | 0,15  | 0,2   | 5      |
| Postglacial finlera |         | 1,00E-09    | 1,00E-09    | 1,00E-03 | 0,02  | 0,04  | 0,4   | 5      |
| Gyttjelera          |         | 5,00E-09    | 5,00E-09    | 1,00E-03 | 0,02  | 0,04  | 0,4   | 5      |
| Postglacial finsand |         | 1,00E-05    | 1,00E-05    | 1,00E-03 | 0,21  | 0,15  | 0,2   | 5      |
| Svallsediment       |         | 5,00E-04    | 5,00E-04    | 1,00E-04 | 0,22  | 0,18  | 0,25  | 5      |
| Fyll                |         | 1,00E-04    | 1,00E-04    | 1,00E-04 | 0,06  | 0,001 | 0,4   | 2 – 4  |

### 3.4 KALIBRERING

Modellen kalibrerades mot bedömt grundvattenströmningsmönster enligt framtagna konceptuell modell.

## 3.5 PREDIKTIV SIMULERING

### 3.5.1 Beräkningsfall

Modellen användes för att simulera beräkningsfall som framgår av Tabell 7.

**Tabell 7** – Beräkningsfall.  $MW_{2100}$  = medelhavsnivå för år 2100.  $HHW_{2100}$  = högsta högvattenstånd för år 2100.  $MW_{kritisk}$  = kritisk förutsättning där medelhavsnivån stiger till +1,4 m

| Beräkningsfall | Beskrivning                                                                                                          |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| B1             | Simulering av nuvarande situation.                                                                                   |
| B2             | Simulering av planerad skyddskonstruktion S1 (Tabell 2) vid hamnområdet i ett framtida klimat ( $MW_{2100}$ ).       |
| B3             | Simulering av planerad skyddskonstruktion S2 (Tabell 2) vid hamnområdet i ett framtida klimat ( $MW_{2100}$ ).       |
| B4             | Simulering av planerad skyddskonstruktion S3 (Tabell 2) vid hamnområdet i ett framtida klimat ( $MW_{2100}$ ).       |
| B5             | Simulering av planerad skyddskonstruktion S4 (Tabell 2) vid hamnområdet i ett framtida klimat ( $MW_{2100}$ ).       |
| K1             | Simulering där de principiella skyddskonstruktionerna (Tabell 2) utsätts för kritiska förutsättningen $HHW_{2100}$ . |
| K2             | Simulering där principiella skyddskonstruktioner (Tabell 2) utsätts för kritiska förutsättningen $MW_{kritisk}$ .    |

#### Beräkningsfall B1

Simulering av nuvarande situation vid hamnområdet. Medelhavsnivån (MW) ansatt till +0,1 m.

Befintlig dagvattendam länshålls av pumpstation till +0,1 m.

Hydrauliska parametrar enligt Tabell 6.

#### Beräkningsfall B2

Simulering av installerad skyddsvall vid hamnområdet i ett framtida klimat. Medelhavsnivån  $MW_{2100}$  ansatt till +0,826 m enligt underlag<sup>2</sup>.

Befintlig pumpstation som dränerar lågområdet väster om planområdet antas vara ur drift.

Skyddsvall inlagd enligt förslag från framtagna detaljplan<sup>3</sup> (Figur 1). Skyddskonstruktionen penetrerar fyllningslagret ofullständig. Konstruktionens bottennivå ansatt ner till cirka -1,0 m vid vallens nordligaste punkt, samt ner till cirka -1,5 m vid södra ändan. Konstruktionens bredd är ansatt till 5 meter samt den hydrauliska konduktiviteten till  $1E-09$  m/s.

Dränerande avvattningsystem inom planområdet väster om skyddskonstruktionen ansatts till 1,0 meter under markytan.

Övriga hydrauliska parametrar enligt Tabell 6.

<sup>2</sup> Fysisk planering i Kalmar län med hänsyn till ett förändrat klimat - Rekommendationer för strandnära byggnationer. Diariernr: 424-4085-15. Länsstyrelsen Kalmar län.

<sup>3</sup> Program för Bergkvara 2:1 – hamnen. BMN 2017-04-19, 23§



### Beräkningsfall B3

Simulering av installerad skyddsvall vid hamnområdet i ett framtida klimat. Medelhavsnivån  $MW_{2100}$  ansatt till +0,826 m enligt underlag<sup>1</sup>.

Befintlig pumpstation som dränerar lågområdet väster om planområdet antas vara ur drift.

Skyddsvall inlagd enligt förslag från framtagna detaljplan<sup>2</sup> (Figur 1). Skyddskonstruktionen penetrerar fyllningslagret fullständigt ner till naturlig friktionsjord. Konstruktionens bottennivå ansatt till cirka -3,5 m vid konstruktionens nordligaste punkt, samt ner till cirka -4,5 m vid den södra änden. Konstruktionens bredd är ansatt till 5 meter samt den hydrauliska konduktiviteten till  $1E-09$  m/s.

Dränerande avvattningssystem inom planområdet väster om skyddskonstruktionen ansätts till 1,0 meter under markytan.

Övriga hydrauliska parametrar enligt Tabell 6.

### Beräkningsfall B4

Simulering av installerad skyddsvall vid hamnområdet i ett framtida klimat. Medelhavsnivån  $MW_{2100}$  ansatt till +0,826 m enligt underlag<sup>1</sup>.

Befintlig pumpstation som dränerar lågområdet väster om planområdet antas vara ur drift.

Skyddsvall inlagd enligt förslag från framtagna detaljplan<sup>2</sup> (Figur 1). Skyddskonstruktionen penetrerar friktionsjorden ofullständig. Konstruktionens tätskärm ansatt ner till cirka -7,0 m vid vallens nordligaste punkt, samt ner till cirka -8,0 m vid södra änden. Konstruktionens bredd är ansatt till 5 meter samt den hydrauliska konduktiviteten till  $1E-09$  m/s.

Dränerande avvattningssystem inom planområdet väster om skyddskonstruktionen ansätts till 1,0 meter under markytan.

Övriga hydrauliska parametrar enligt Tabell 6.

### Beräkningsfall B5

Simulering av installerad skyddsvall vid hamnområdet i ett framtida klimat. Medelhavsnivån  $MW_{2100}$  ansatt till +0,826 m enligt underlag<sup>1</sup>.

Befintlig pumpstation som dränerar lågområdet väster om planområdet antas vara ur drift.

Skyddsvall inlagd enligt förslag från framtagna detaljplan<sup>2</sup> (Figur 1). Skyddskonstruktionen penetrerar naturlig friktionsjord fullständigt ner till bergsoverytan. Konstruktionens bottennivå ansatt till cirka -10,0 m vid vallens nordligaste punkt, samt ner till cirka -11,0 m vid södra änden. Konstruktionens bredd är ansatt till 5 meter samt den hydrauliska konduktiviteten till  $1E-09$  m/s.

Dränerande avvattningssystem inom planområdet väster om skyddskonstruktionen ansätts till 1,0 meter under markytan.

Övriga hydrauliska parametrar enligt Tabell 6.

### Beräkningsfall K1

Simulering där skyddskonstruktion **B5** utsätts för en kritisk förutsättning där högsta högvattenstånd (HHW<sub>2100</sub>) +2,8 m inträffar kortvarigt. Medelhavsnivån MW<sub>2100</sub> ansatt till +0,826 m enligt underlag<sup>1</sup>.

Befintlig pumpstation som dränerar lågområdet väster om planområdet antas vara ur drift.

Skyddsvall inlagd enligt förslag från framtagna detaljplan<sup>2</sup> (Figur 1). Samtliga skyddskonstruktioner analyserade. Konstruktionens bottennivå ansatt till cirka -10,0 under markyta vid vallens nordligaste punkt, samt ner till cirka -11,0 m vid södra ändan. Konstruktionens bredd är ansatt till 5 meter samt den hydrauliska konduktiviteten till 1E-09 m/s.

Dränerande avvattningssystem inom planområdet väster om skyddskonstruktionen ansätts till 1,0 meter under markytan.

Övriga hydrauliska parametrar enligt Tabell 6.

### Beräkningsfall K2

Simulering där skyddskonstruktion **B5** utsätts för MW<sub>kritisk</sub>; en kritisk förutsättning där medelhavsnivån stiger till +1,4 m. Lågområdet väster om planområdet översvämmas till denna nivå.

Befintlig pumpstation som dränerar lågområdet väster om planområdet antas vara ur drift.

Skyddsvall inlagd enligt förslag från framtagna detaljplan<sup>2</sup> (Figur 1). Samtliga skyddskonstruktioner analyserade. Konstruktionens bottennivå ansatt till cirka -10,0 under markyta vid vallens nordligaste punkt, samt ner till cirka -11,0 m vid södra ändan. Konstruktionens bredd är ansatt till 5 meter samt den hydrauliska konduktiviteten till 1E-09 m/s.

Dränerande avvattningssystem inom planområdet väster om skyddskonstruktionen ansätts till 1,0 meter under markytan.

Övriga hydrauliska parametrar enligt Tabell 6.

## 3.6 OSÄKERHETER

Avseende jord- och berglagrens vattenförande egenskaper finns det osäkerheter i framför allt fyllnadsjorden. K-värden har dock ansatts som konservativa enligt erfarenhetsmässig bedömning samt branschpraxis. Grundvattenströmningen i området styrs generellt av topografin, befintliga dagvattensystem, markavvattningsföretag samt havsnivån. Modellresultatet för nuvarande situation (Beräkningsfall B1) bedöms vara rimligt med avseende grundvattenströmningen, både i de permeabla jordlagren och i berggrunden. Grundvattenytan är belägen på ett rimligt djup samt grundvattnets strömningsriktning bedöms vara trolig.

Vidare har hydrauliska parametrar såsom specifik magasinskoefficient ( $S_s$ ), vattenavgivningstal ( $S_y$ ) och effektiv porositet ( $n_k$ ) betydelse för den tidsmässiga vattentransporten, en osäkerhet som hanterats genom ett konservativt parameterintervall för simuleringarna.

Ansatt grundvattenbildning bedöms ha liten osäkerhet och är väl underbyggda utifrån SMHI:s referensnormalperiod.



## REFERENSER

- McDonald, M. G., & Harbaugh, A. W. (1988). A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model. U.S. G.P.O.
- WSP. (2020a). Dagvattenutredning samt tekniska lösningar för genomföring, Bergkvara hamn. 2020-04-23
- WSP. (2020b). Bergkvara Hamn – Översiktlig geoteknisk undersökning och utredning (WSP 2020b)



UPPDRAGSNAMN  
Bergkvara Hamn Hydrogeologi

UPPDRAGSNUMMER  
10308703

FÖRFATTARE  
Ingmar Geuze

DATUM  
2020-11-06

## VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. [wsp.com](https://wsp.com)

WSP Sverige AB  
Box 117  
651 04 Karlstad  
Besök: Lagergrens gata 8

T: +46 10 7225000  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
[wsp.com](https://wsp.com)

