

Vänersborgs kommun

Förslag på strategi för översvämningsskydd

Malmö 2016-10-11

Ramboll Sverige AB
Skeppsgatan 5
211 11 Malmö

Telefon 010-615 60 00
Fax 010-615 20 00
www.ramboll.se

Organisationsnummer 556133-
0506

Förslag på strategi för översvämningsskydd

Rapport

Datum 2016-10-11
Uppdragsnummer 1320021655

Vänersborgs kommun

Jasmina Lilja
Sophia Vikström

Anders Dahlberg

Plan- och bygglovschef
Förvaltningschef, samhällsbyggnads- och
byggnadsförvaltningen
Utredningschef på tekniska förvaltningen

Ramböll

Henrik Olsson
Henrik Olsson, Henrik Djerv, Axel Sahlin,
Prodromos Karasavvidis
Camilla Wenke

Uppdragsledare
Handläggare

Granskare

Ramböll Sverige AB
Skeppsgatan 5
211 11 Malmö

Telefon 010-615 60 00
Fax 010-615 20 00
www.ramboll.se

Unr 1320021655 Organisationsnummer 556133-0506

Innehållsförteckning

1.	Inledning	3
2.	Förutsättningar	7
2.1	Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron.....	7
2.1.1	Övergripande vision.....	7
2.1.2	Älvsborgbanan	7
2.1.3	Gamla Hamnkanalen	7
2.1.4	Trafikkanalen.....	7
2.1.5	Vassbottengatan	8
2.1.6	Utbyggnadsetapper	8
2.2	Kvalitetsprogram, bilaga till Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron	8
2.3	Översvämningsprogram - kartläggning av Vänersborgs kust mot Vänern	11
2.3.1	Sanden – område A.....	11
2.4	Skyfallsmodell och VA.....	14
2.5	Samhällsfunktioner.....	16
2.5.1	Vattenfalls värmeverk.....	16
2.5.2	Nobinas bussuppställning och verkstad	16
2.6	Geoteknik och markföroreningar	18
2.6.1	Allmänna markförhållanden	19
2.6.2	Tidigare geotekniska undersökningar	21
2.6.3	Jordlagerförhållanden	22
2.6.4	Hydrogeologiska förhållanden	24
2.6.5	Geotekniska förhållanden	24
2.6.6	Förorenad mark	25
3.	Analys av förutsättningar - slutsatser	26
3.1	Översvämnings påverkan	26
3.2	Skyfalls påverkan.....	29
3.3	Program för kompletterande geoteknisk undersökning	32
3.3.1	Markförhållanden	32
3.3.2	Förslag till grundläggning av översvämningskydd	33
3.3.3	Stabilitetsutredningar	34
3.3.4	Rekommenderade miljöprovtagningar.....	34
4.	Övergripande skydd för etapp 1-3 på södra Sanden.....	35
4.1	Översvämningskydd.....	35

4.2	Principsektioner av översvämningsskydd.....	40
4.3	Åtgärder för hantering av skyfall efter anläggning av översvämningsskydd.....	45
4.3.1	Ytor för skyfallshantering – fördröjningsmagasin	50
5.	Detaljerad utformning av översvämningsskydd för etapp 1 på södra Sanden	53
5.1	Referensprojekt	53
5.2	Detaljsektioner av översvämningsskydd etapp 1	55
6.	Kostnadsberäkning	60
7.	Fortsatt arbete	62
8.	Referenslista	63

Bilagor

Bilaga 1	Principsektioner A-A B-B
Bilaga 2	Principsektioner C-C D-D
Bilaga 3	Principsektioner E-E F-F
Bilaga 4	Principsektioner G-G H-H
Bilaga 5	Principsektioner I-I J-J
Bilaga 6	Detaljsektion A-A
Bilaga 7	Detaljsektion B-B
Bilaga 8	Detaljsektion I-I
Bilaga 9	Detaljsektion J-J
Bilaga 10	Kostnadsberäkning
Bilaga 11	G01 Gamla geotekniska undersökningar
Bilaga 12	G02 Gamla geotekniska undersökningar
Bilaga 13	Eurocode 3, SS-EN_1993-5_2007

Förslag på strategi för översvämningsskydd

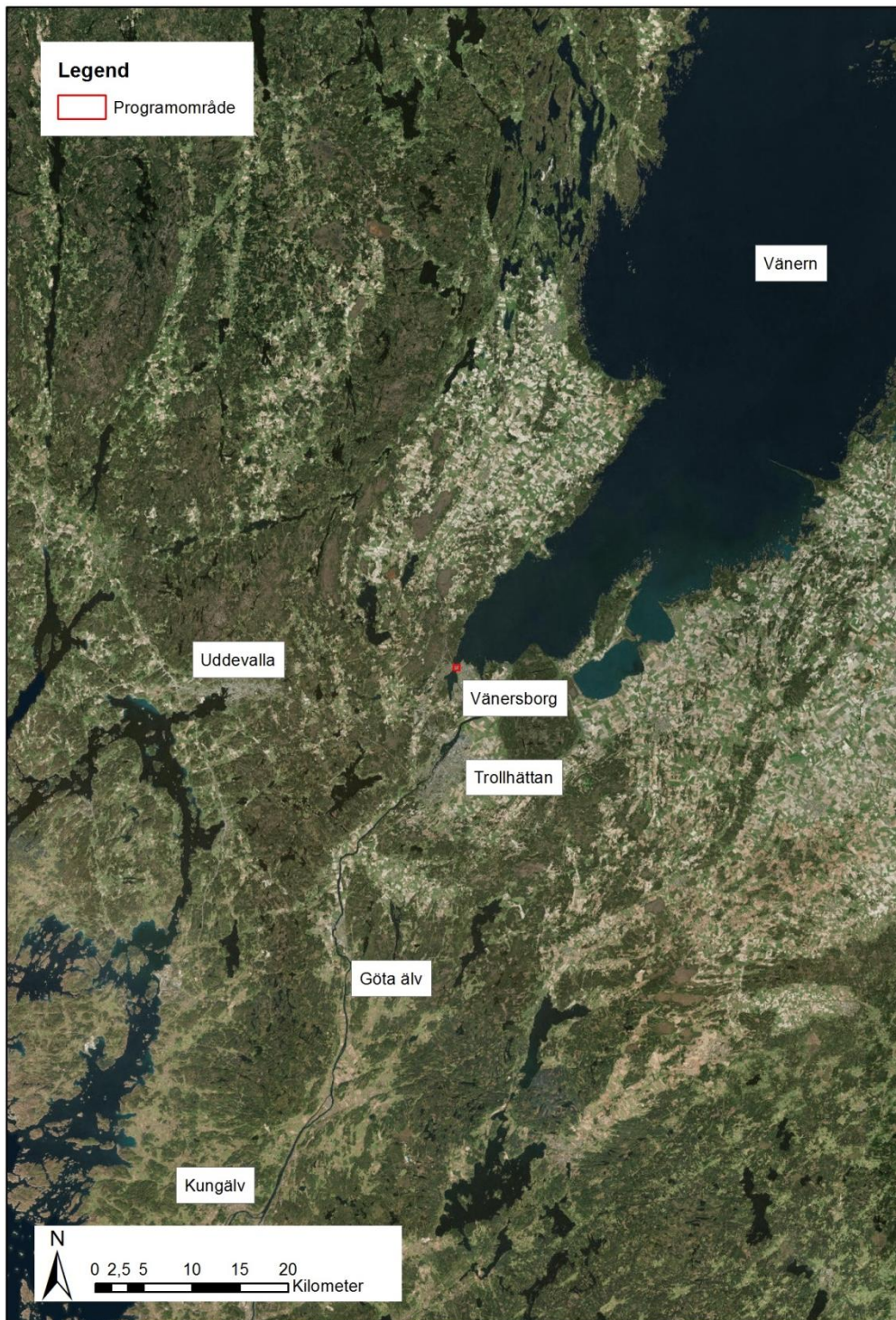
Rapport

1. Inledning

Denna rapport utreder och ger förslag på strategi för översvämningsskydd för programområdet Sanden söder om Dalbobron, se Figur 3. Programområdet ligger i Vänersborg, nära Vänerens utlopp till Göta älv, se Figur 1 och Figur 2.

I skrivande stund pågår en process där kommunen tar fram ett planprogram för programområdet. Inför detta har ett utkast på *Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron* tagits fram (upprättat juli 2015). Detta visar att programområdet på Sanden föreslås bli en förlängning av Vänersborgs centrala rutnätsstad med en blandning av boende, verksamheter och offentliga platser, se Figur 5. Omvandlingen är planerad att ske i tre etapper, se Figur 6.

Programområdet är utsatt för översvämningssrisk, vilket finns beskrivet i kommunens *Översvämningssprogram Kartläggning av Vänersborgs kust mot Väneren* (2014-02-21), se Figur 7. Denna rapport utreder och ger förslag på strategi för att skydda programområdet mot översvämningar från Väneren. Förslagen är utformade utifrån de fysiska förutsättningarna och för att passa den kommande stadsbebyggelsen. Översvämningsskyddet föreslås byggas etappvis då Sanden kommer omvandlas under mycket lång tid och osäkerheterna därför är stora.



Figur 1. Karta över Vänersborgs och programområdets läge nära Vänerns utlopp till Göta älv



Figur 2. Karta över programområdet på södra delen av ön Sanden i Vänersborg



Figur 3. Karta över programområdet södra Sanden

o:\mmsa\16sp\2016\1320021655\3_projekt\text\upm_strategi_för_översvämningsskydd_161.006.docx

2. Förutsättningar

2.1 Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron

Nedan följer en kort genomgång av de delar av *Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron*, upprättat av Vänersborgs kommun juli 2015, som påverkar skapandet av ett skydd för översvämning från Vätern.

2.1.1 Övergripande vision

Kommunens vision för omvandlingen av programområdet på Sanden ställer stora krav på utformningen av den framtida stadsmiljön inkluderande gator, parker och stränder. Planen är i huvudsak över en rutnätsstad med en bebyggelse med blandade funktioner och gröna och tillgängliga stränder, se Figur 5. ICA kommer att behållas på sin nuvarande plats, likaså värmeverket. Byggnader med verksamheter kommer att förläggas som en buffert mot Älvsborgsbanan längs den södra stranden. Dagens hamn vid Trafikkanalen flyttas och blir istället en park.

2.1.2 Älvsborgsbanan

Längs Sandens södra strand löper Älvsborgsbanan som ansluter till Vänersborgs resecentrum sydost om Gamla Hamnkanalen. Järnvägssträckan trafikeras av både persontåg och godstransporter. En utredning pågår om möjligheten att bygga en ny järnvägsbro över Trafikkanalen och vilken höjd den och därmed sträckor av järnvägen ska ligga på för att inte svämmas över. Det finns även en målsättning att skapa en gång- och cykelväg för att koppla stadens västra delar bättre till Vänersborgs centrum. Frågan om att tillgängliggöra Sandens södra strand, vilken utgörs av en smal landremsa mellan Älvsborgsbanan och Vassbotten, med en planskild korsning föreslås utredas.

2.1.3 Gamla Hamnkanalen

Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron förslår bostadshus med verksamhetslokaler i bottenvåningen längs Gamla Hamnkanalen. De stora träd som kantar Gamla Hamnkanalen parallellt med gång- och cykelvägen bevaras, se Figur 4.

En ny bro benämnd Strömsborgsbron föreslås enligt planen koppla samman centrum med den nya stadsdelen på Sanden. Brons läge blir vid förlängningen av Sundsgatan, se Figur 3. Brons fäste på Sanden bör utformas för att fungera som ett landmärke och ett torg/platsbildning där människor kan mötas.

2.1.4 Trafikkanalen

En riskutredning har genomförts som visar att det behöver vara ett avstånd på tjugo meter mellan Trafikkanalen och bebyggelse. Detta tillgodoses genom att hamnen flyttas till Vargön och ersätts med en bred park längs Trafikkanalen.

Sandens, och därmed den planerade parkens, möte med Trafikkanalen ska utgöras av kajer som allmänheten har tillgång till. Platsen där Industrigatan möter Trafikkanalen i den nya parken föreslås bli en plats som fungerar som mötesplats och landmärke.

2.1.5

Vassbottengatan

Den äldre strandskoning som löper längs Vassbottengatans möte med vattenspeglarna under Dalbobron bör bevaras och restaureras.

2.1.6

Utbyggnadsetapper

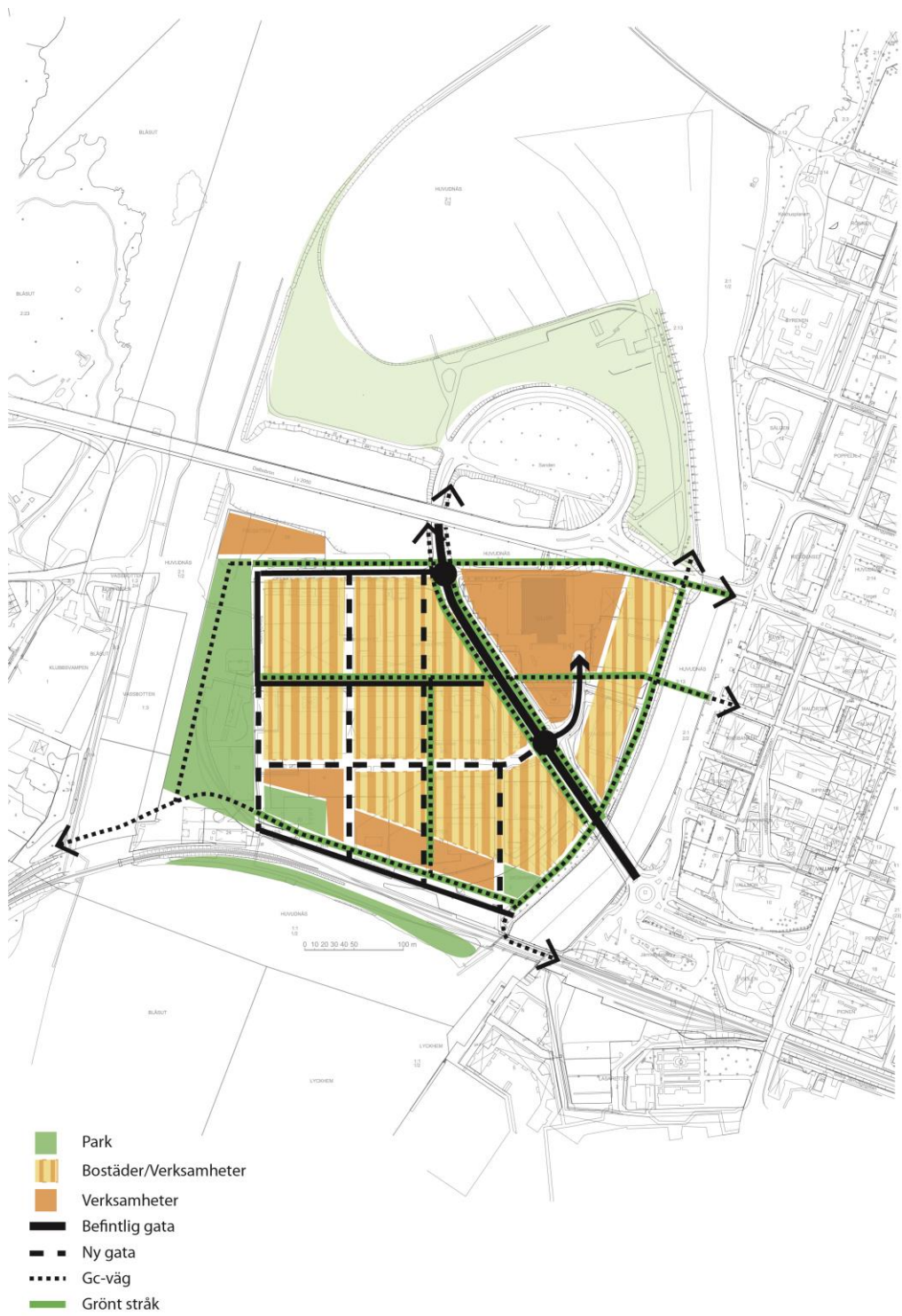
Programmet visar på hur omvandlingen av södra Sanden kan ske i tre olika etapper, se Figur 6. Den initiala etappen ligger mellan Gamla Hamnkanalen och Vassbottenleden och omfattar stranden och de gamla träden längs Gamla Hamnkanalen, ny lägenhetsbebyggelse med verksamheter i bottenvåningen, Strömsborgsbrons fäste, samt ICA. Etapp två ligger väster om Vassbottenleden och omfattar bebyggelse för bostäder och verksamheter, samt bebyggelse med endast verksamheter som buffert mot Älvsborgsbanan. Den tredje och sista etappen ligger längst i väster mot Trafikkanalen och omfattar bebyggelse för bostäder och verksamheter, bebyggelse med endast verksamheter samt en större park mot Trafikkanalen.

2.2 Kvalitetsprogram, bilaga till Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron

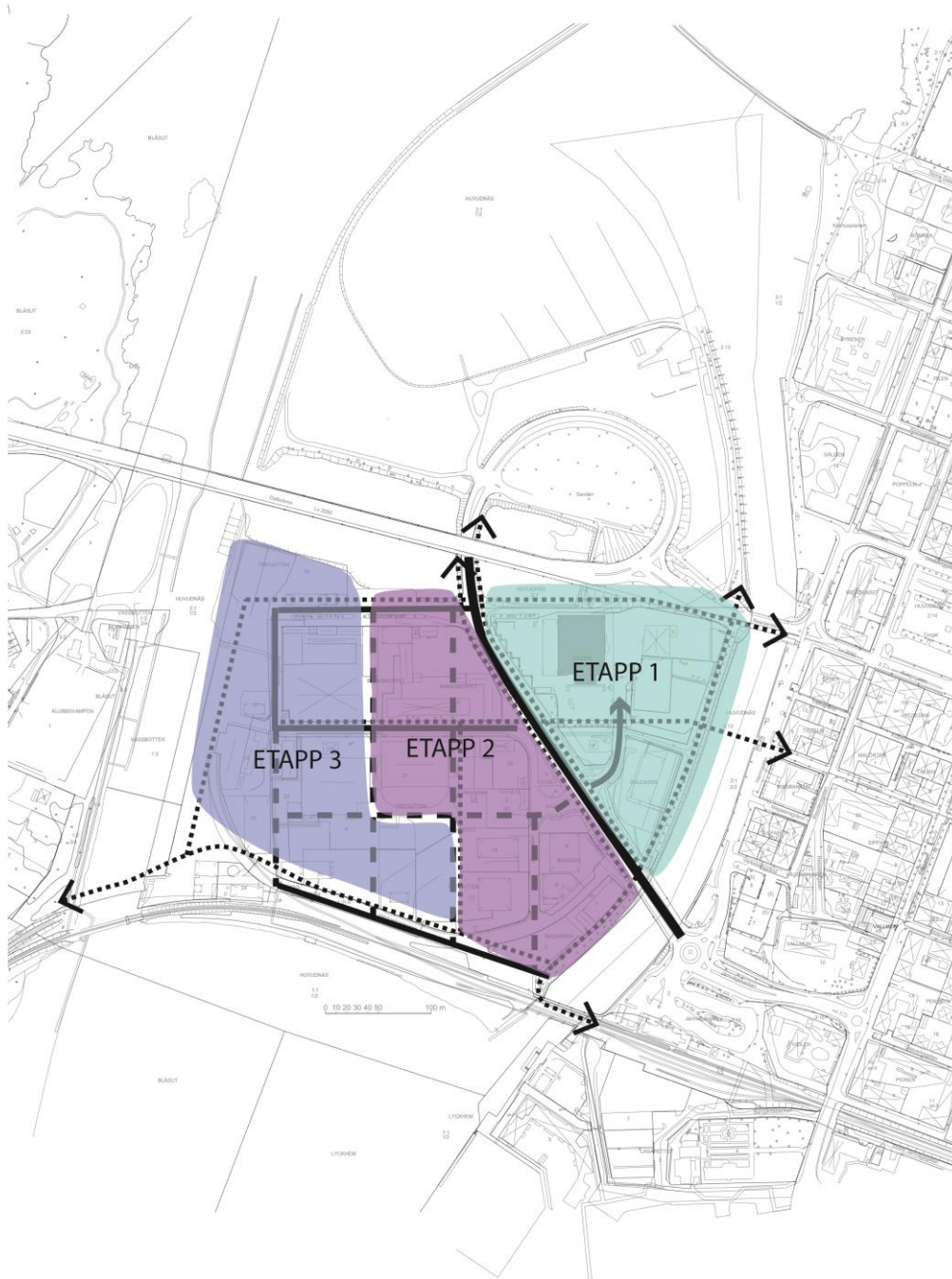
Kvalitetsprogram, bilaga till Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron (upprättat december 2008) anger att gatumiljöerna i den nya bebyggelsen på Sanden ska utformas så att de blir upplevelserika. Målsättningen är att gång- och cykelstråket under de stora träden längs Gamla Hamnkanalen ska byggas ut så att det löper runt hela ön. Att träden längs Gamla Hamnkanalen och Vassbottengatan sparas är av stor vikt, se Figur 4. Kvalitetsprogrammet föreslår även att en grund vattenspiegel/kanal anläggs i parken som ska anläggas vid Trafikkanalen. De äldre anläggningar som finns på Sanden utgörs främst av öns östra strand, den s.k. jetéen som är en gammal dragväg för fartygstrafiken, och de strandskoningar som finns längs Vassbottengatan. Kvalitetsprogrammet anger att dessa ska tas till vara i omvandlingen av programområdet.



Figur 4. De stora träd på Sandens östra strand som kantar Gamla Hamnkanalen



Figur 5. Karta över kommunens planvision från Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron



Figur 6. Karta över etappindelning av kommunens planvision från Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron

2.3 Översvämningssprogram - kartläggning av Vänersborgs kust mot Vänern

För att Vänersborgs kommun långsiktigt ska kunna utvecklas på ett hållbart sätt krävs en kartläggning av översvämningssrisker vid kusten mot Vänern.

Kartläggningen som redovisas i *Översvämningssprogram – Kartläggning av Vänersborgs Kust mot Vänern*, upprättat av Vänersborgs kommun 2014-02-21, ligger till grund för att hitta lösningar som måste vara ekologiskt, socialt och ekonomiskt hållbara. Arbetet med Översvämningssprogrammet startade hösten 2012 och ingår även i den Blåplan som finns för kommunen.

De högsta framtida nivåerna som bedöms uppnås i Vänern kommer att vara i Vänersborg. Detta beror på att vindpåverkan och vinduppstuvningen är som störst mot Vänersborg. Beräkningarna i programmet utgår från att nuvarande tappningsstrategi av Vänern kommer att behållas och att det i framtiden i alla fall inte blir mindre tappning. Väners medelvattenstånd är idag +44,64 m över havet. Sammantagna bedömningar gör att Vänersborgs kommun kommer att ange +47,16 m som den högsta nivån (dimensionerande vattennivå) för områdena kring Sanden, Skräcklan, Holmängen industri, Sannebo, Vänersnäs och Rörvik samt nivån +46,96 m för övriga områden i kommunen.

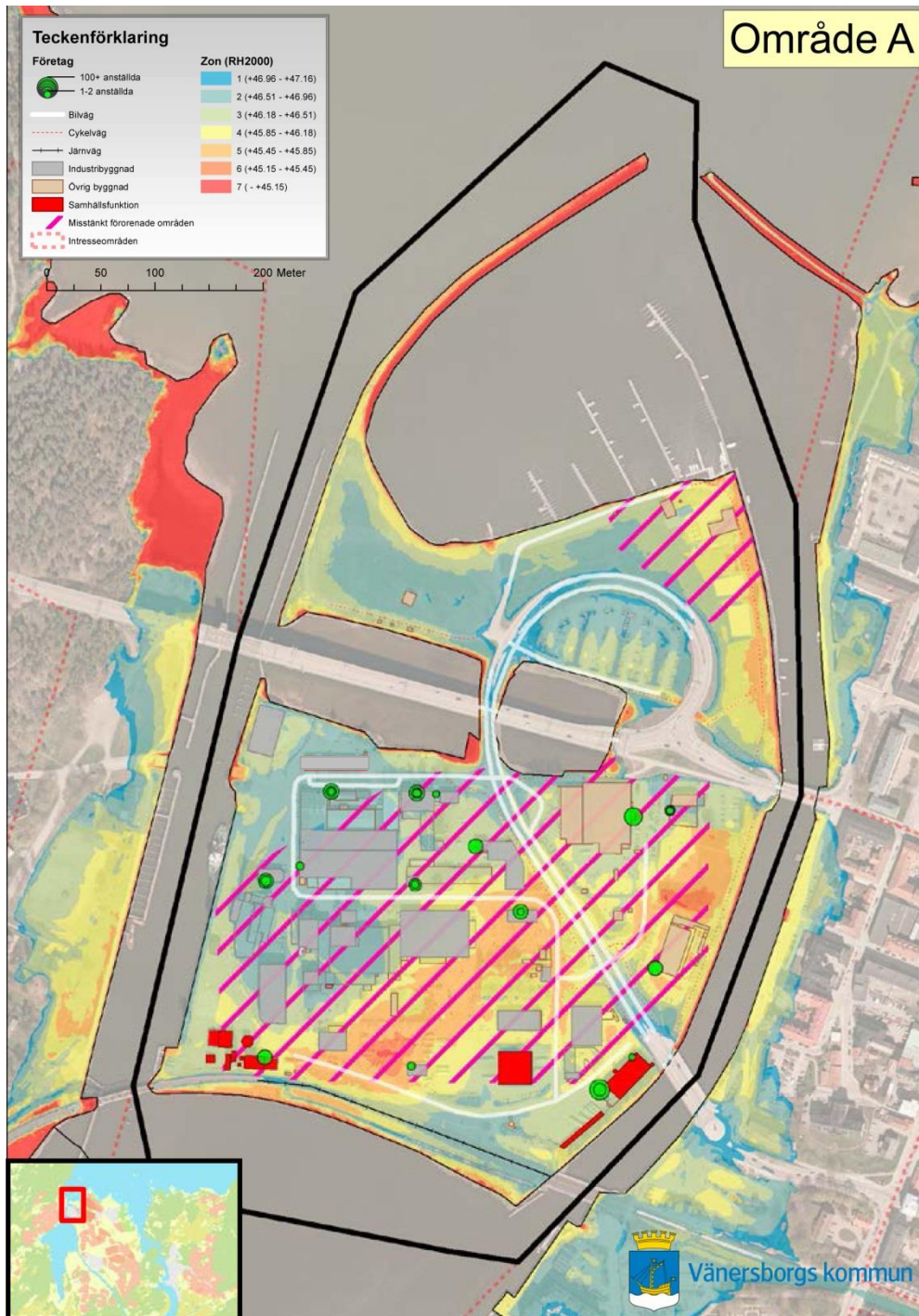
2.3.1

Sanden – område A

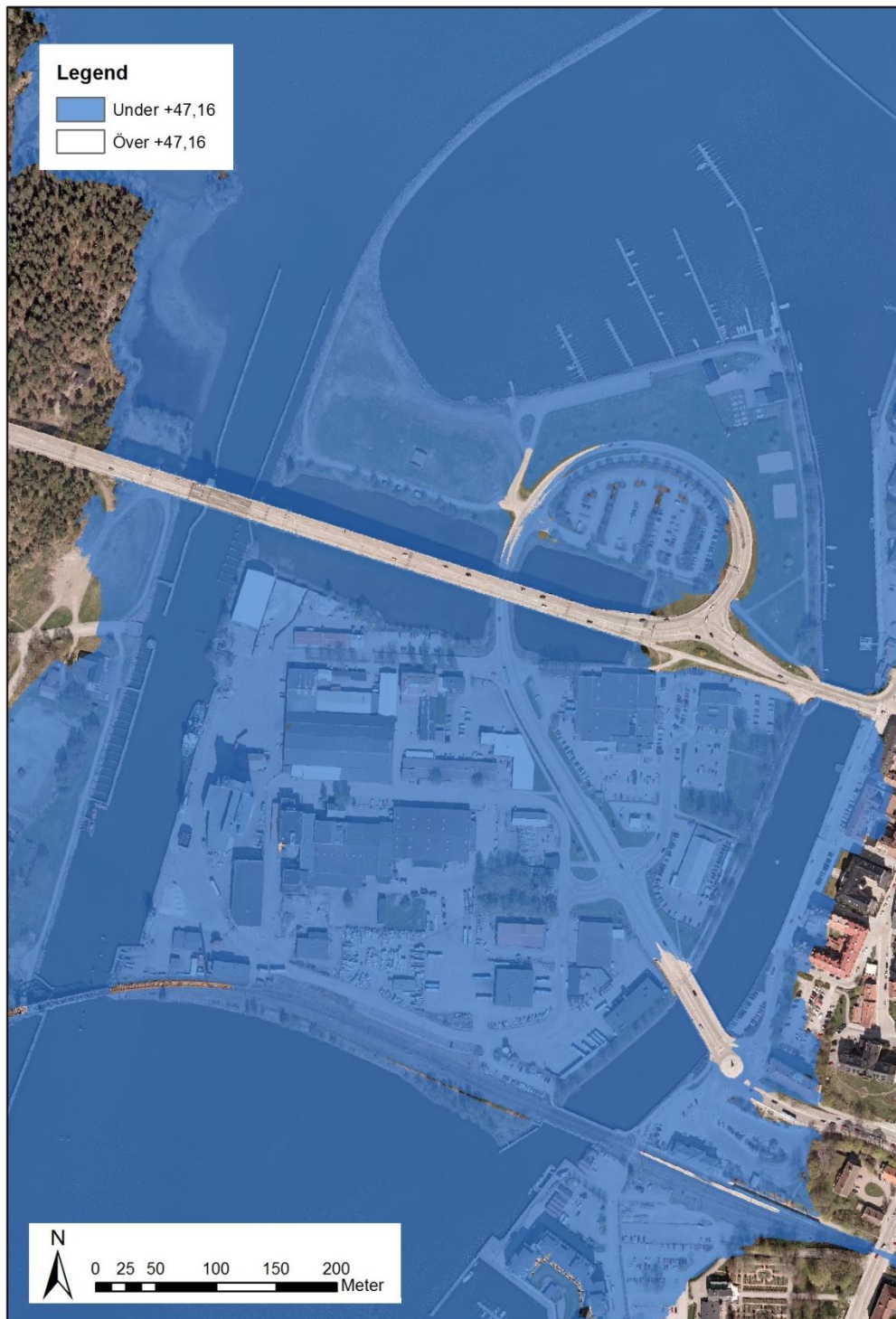
Inom området, som omfattar hela ön Sanden, finns idag främst handel och småindustri. På ön finns idag områden med misstänkt förorenad mark. Vad de innehåller eller dess exakta utbredning är idag inte kända men viss information finns, se kapitel 2.6.1. Vid vattennivån +45,85 m översvämmas drygt 20 byggnader för att i nästa nivå på +46,18 m (zon 4) uppgå till drygt 60 byggnader. Vid kommande nivåer, +46,18 m och över, ligger hela Sanden under vatten. Stadens största livsmedelsaffär hamnar under vatten vid nivån +46,18 m. Även cirka 400 personers sysselsättning påverkas i området vid denna nivå. Samhällsfunktioner inom översvämningssområdet i form av Vattenfalls värmeverk och Nobinas bussdepå påverkas, se Figur 14. Bussdepån skyddas mot översvämning för att den ska kunna ersätta den inställda tågtrafiken. Vidare översvämmas även Vassbottenleden vid vattennivåer på +45,45 m och över. Vattenfalls värmeverk översvämmas vid vattennivåer över +45,85 m.

I området finns idag inga bostäder. Norra infarten vid Residensbron klarar alla zoner. En detaljerad bild över hur ön Sanden drabbas av översvämningar vid olika vattennivåer finns i Figur 7. Vid den dimensionerande vattennivån +47,16 m kommer större delarna av Sanden att översvämmas, vilket illustreras i Figur 8. Enligt *Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron* varierar marknivåerna i planområdet mellan +45,24 m (i höjdsystem RH 00) och cirka +46,6 m. Vid översvämningen vintern 2000/2001 steg Vänersnivå till +45,65 m med ett lokalt max på cirka +46,00 m.

Alla höjder redovisas i höjdsystemet RH2000.



Figur 7. Karta över marknivåer och funktioner på Sanden från Översvämningsprogram - kartläggning av Vänersborgs kust mot Vänern. Röda byggnader markerar samhällsviktiga funktioner



Figur 8. Karta över mark som läggs under vatten vid översvämning till dimensionerande nivå +47,16 m

2.4 Skyfallsmodell och VA

Planområdets befintliga dagvattensystem är dimensionerat för att hantera ett 10-årsregn. Dagvattnet leds genom dagvattenbrunnar ner i ett ledningssystem och släpps ut i Vänern. I Figur 9 visas de befintliga utloppspunkterna som rödvita punkter. I *Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron* nämns att stora delar av vatten- och avloppsnätet bör byggas om vid exploateringen.

Skyfall kan leda till stora konsekvenser för samhället, framförallt i en stad då den urbana miljön är känslig för extrema händelser. Den senaste forskningen pekar på att intensiva regnhändelser kommer bli allt mer vanligt förekommande, därför är det intressant att undersöka vilka konsekvenser dessa regn kan leda till. Speciellt intressant blir det i ett område som Sanden som i framtiden planeras inringas av ett översvämningsskydd som effektivt hindrar vatten från att både ta sig in och ut.

För att simulera hur vattnet från ett skyfall fördelar sig över ön har en skyfallsmodell byggts upp. Skyfallsmodellen är uppbyggd i programmet MIKE 21 och baseras på höjddata, ledningsnätets kapacitet samt ett dimensionerande regn. För att få en tydlig fördelning av regnet efter skyfallet ska det dimensionerande regnet vara signifikant större än vad ledningssystemet är dimensionerat för. Därför har ett 100-års CDS-regn (Chicago Design Storm) använts. CDS-regn är ett försök att återskapa ett verkligt regn med för- och efterregn. CDS-regn ger en större hydraulisk respons i systemet än så kallat blockregn vilket därmed är att föredra då maximal påverkan på systemet ska analyseras.

Två simuleringar har gjorts. Den första simuleringen är baserad på de förhållanden som finns i området idag, se Figur 9. Den andra modellen baseras på dagens förhållanden tillsammans med det översvämningsskydd som föreslås i den här rapporten, se Figur 34. Översvämningarnas utbredning i de två figureerna är mycket lika och syns inte vid en första anblick. Samma dimensionerande regn används i båda simuleringarna. Dagvattensystemets kapacitet kommer att vara samma efter exploateringen som innan, även om det troligen kommer att ändra sträckning, vilket gör att även detta är samma i de båda simuleringarna. Då planerade höjder för exploateringen ej ännu är framtagna baseras båda simuleringarna på samma höjddata. Det som skiljer dem är att inom det planerade området hindras vatten från att rinna av på ytan ut till Vänern p.g.a. det täta översvämningsskyddet, se Figur 34. Däremot antas vattnet i dagvattensystemet kunna rinna ut ur området genom att ledningar med backventiler dras genom översvämningsskyddet.



Figur 9. Karta över skyfallsmodell och utlopp för dagvatten. Kartan visar dagens situation utan skydd mot översvämning från Vänern

2.5 Samhällsfunktioner

Två olika samhällsfunktioner finns i programområdet. De redovisas i *Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron* och *Översvämningsskydd - Kartläggning av Vänersborgs kust mot Vänern* och sammanfattas kort nedan, se Figur 11.

2.5.1 Vattenfalls värmeverk

Värmeverket, som är ett reservaggregat för fjärrvärme, ligger i sydväst på Sanden är i drift vid höga belastningar och extra värme behövs eller som ersättning till ordinarie verk. Verkets placering fjärrvärmenätet gör det viktigt att behålla och svårt att flytta. Verkets störningar på omgivningen utgörs av buller, eventuell rökpilm och en del transporter.

2.5.2 Nobinas bussupställning och verkstad

I sydost vid Gamla Hamnkanalen och Vassbottenleden ligger Nobinas uppställning, verkstäder och drivmedelshantering för bussar. Detta bidrar i dagsläget med en mängd daglig trafik. Denna samhällsfunktion kommer inte att ligga kvar i programområdet då platsen ska omvandlas till bebyggelse med bostäder och verksamheter i bottenvåningen, se Figur 5. Tillhörande kontorshus i gult tegel som ligger längs Gamla Hamnkanalens strand kan komma att bevaras i omvandlingen av programområdet, se Figur 10.



Figur 10. Nobinas kontorshus i gult tegel som bevaras



Figur 11. Karta över samhällsfunktioner på Sanden

2.6 Geoteknik och markföroreningar

I följande avsnitt redogörs för resultaten från 5 stycken tidigare utförda geotekniska markundersökningar i området Sanden, söder om Dalbobron. En kartläggning av de geotekniska och hydrogeologiska förhållandena från undersökningarna (gjorda mellan åren 1983-2002) presenteras och följs upp i avsnitt 3.3 av en bedömning av vilka kompletterande markundersökningar som bör utföras.

Borrpunkter med tillgänglig borrhdata från alla tidigare undersökningar har sammanställts på en ny ritning, se Figur 13. Borrpunkters ursprungliga namn har korrigerats genom att en bokstav lagts till på slutet, detta för att särskilja de olika undersökningarna åt (indelade i kronologisk ordning), där B= 2002, R=1992, S=1990, L=1983, O=1983. Koordinater har uppskattats och mätts in med hjälp av ritningar från de tidigare undersökningarna samt en digital grundkarta över området (områdeskarta). Detta innebär att borrpunkter inte är redovisade i sina exakta lägen. Exakta lägen går istället att ta del av i originalritningar från de tidigare utförda undersökningarna. För borrpunkters lägen på den nya ritningen, se Figur 13, höjdnivåer är redovisade i höjdsystemet RH 2000.

2.6.1 **Allmänna markförhållanden**

I *Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron* beskrivs att området ligger på fyllnadsmassor på djup ca 1,0 – 4,0 m under markytan och har använts för industriverksamhet. Det har vid anläggningsarbeten framkommit att marken varit förorenad vilket krävt saneringsåtgärder. Det kan finnas anledning att befara att fler områden kan klassas som förorenad mark. Bland annat kan det finnas rester från en nedlagd bensinstation i området. I bottensedimenten i Gamla Hamnkanalen norr och söder om Vassbottenbron finns kreosot som följt med avloppsvattnet från ett tidigare gasverk.

Detta är av betydelse för anläggning av översvämningsskydd, schakt för magasin för skyfall samt exploatering för ny bebyggelse då samtliga dessa förändringar innebär arbete i mark och då potentiellt kan stöta på förorenad mark.

2.6.1.1 *MIFO FAS 1*

Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron anger att FB Engineering (idag COWI) har tagit fram en inventering av området Sanden (tidigare kallat Lilla Vassbotten) i Vänersborg, enligt MIFO fas 1, se Figur 12. Syftet har varit att identifiera delar i området som eventuellt kan vara förorenade på grund av tidigare eller befintlig verksamhet. Resultatet av inventeringen kommer att ligga till grund för pågående utvecklings- och planarbete för området. Arkivstudier, intervju samt platsbesök har legat till grund för inventeringsarbetet. Inga provtagningar har genomförts inom ramen för inventeringen. Området som helhet har förts till riskklass 2-3 "Måttlig till stor risk".

2.6.1.2 *MIFO-fördjupning*

Enligt *Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron* utförde COWI 2011-09-15 en MIFO-fördjupning för området Sanden i Vänersborg. Syftet var att fördjupa tidigare bedömningar från 2009 och ge en översiktlig bedömning av provtagningsbehovet samt vilka delar man bör prioritera i arbetet. Rapporten skulle även ge en uppfattning om vad som faller på kommunens ansvar och pågående verksamheters ansvar att utreda vilka föroreningsituationer som kan ha orsakats av respektive verksamhet. Det kan även finnas ett fastighetsägaransvar om föroreningar påträffas där ingen ansvarig förorenare finns kvar som kan ställas till svars för skadan.



Figur 12. Karta över misstänkt förorenad mark

2.6.2

Tidigare geotekniska undersökningar

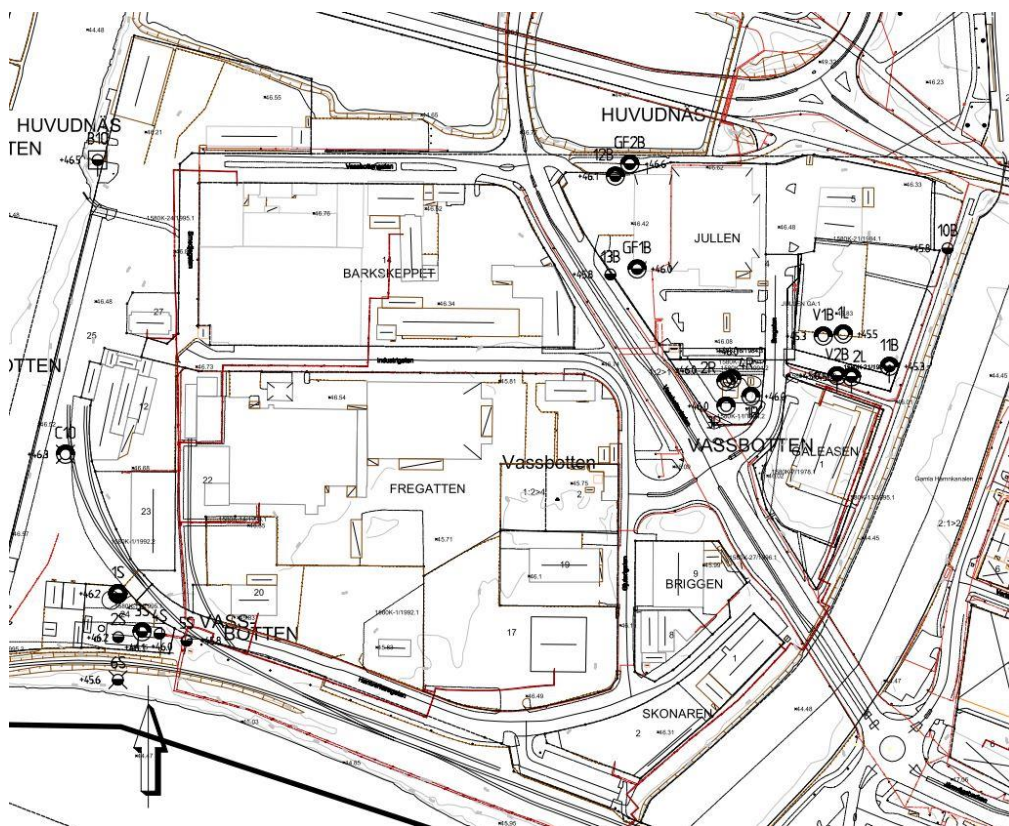
Fältundersökningar som använts för utvärdering av områdets geotekniska markförhållanden redovisas nedan i Tabell 1 och Tabell 2.

Tabell 1. Antalet utförda sonderingar (med årtal) fördelat på metod

Undersökningsmetod	År	Antal
Trycksondering (Tr)	2002, 1992, 1990, 1984	14
Vingförsök (Vb)	1990, 1983	3
Viktsondering (Vim)	1983	1
Slagsondering (Slb)	1983	1

Tabell 2. Antalet utförda provtagningar (med årtal) fördelat på metod

Undersökningsmetod	År	Antal
Skruv (Skr) eller Spadprovtagning (Sp)	2002, 1992, 1990, 1984, 1983	19
Kolv (Kv)	1990	1



Figur 13. Karta över tidigare geotekniska undersökningar (1983-2002)

2.6.3 Jordlagerförhållanden

Enligt *R-Geo, Detaljplan, Kv. Jullen 4 och 5* daterad 2002-01-22 finns i den **norra delen** av undersökningsområdet, strax nordväst om Kv. Jullen, från markyta och nedåt grus med inslag av sand och silt till djup ca 1,0 m. Vid djup ca 1,0 m finns lera med inslag av grus och sand med en mäktighet av ca 0,8 m, det vill säga med en underyta vid djup ca 1,8 m. Leran kring detta djup har i en borrhpunkt (GF2B) bedömts vara av torrskorpekaraktär. Leran underlagras av ett metertjockt lager siltig finsand följt av ännu ett metertjockt lager av ställvis siltig sand, ställvis silt. Under den siltiga sanden och silten följer ömsom siltig finsand ömsom sandig silt ned till djup 6,0 m. Finsanden och silten innehåller ställvis vass eller andra växtrester. Inget block eller berg är påträffat ned till djup ca 21,0 m.

Utlåtande, Stabilitetsförhållanden för hamnområdena intill Trafikkanalen, 1983-01-10, visar att i den **nordvästra delen**, ca 160 m nordväst om Kv. Barkskeppet, har det i en borrhpunkt (B10) i utfyllnadens överyta på djup ca 0,2 – 1,2 m påträffats stora block, följt av sprängsten och rester av en stockbädd, samt silt med inslag av grus och sand. Från djup ca 1,2 m – 4,0 m finns sand med inslag av silt och växtrester. Från djup ca 4,0- 12,0 m finns sandig silt. Kring djupet ca 12,0 m är silten lerskiktad. Silten underlagras av siltig lera. Stopp mot förmodat block

eller berg har skett på djup ca 19,5 m, därmed finns siltig lera åtminstone till djup ca 19,5 m.

I den **västra delen**, ca 10 m från kajkanten i närheten strax intill Trafikkanalen, finns utfyllnadsmassor av finsandig silt, ställvis med inslag av växtdelar och lera. Den finsandiga siltens underyta finns på djupet ca 11,3 m och underlagras av siltig lera. Leran förmodas finnas ned till djupet ca 20-40 m. Leran har beskrivits som sensitiv vilket innebär att den störs lätt vid provtagning (och vingsondering).

I den **sydvästra delen** av undersökningsområdet beskriver *PM Geoteknik, Planerad Värmecentral, Vassbotten, 1990-04-18*, att det mellan ca 20-80 m ifrån strandkant vid Vassbotten, strax söder och norr om järnvägen, finns i ytlager på djup 0,0-1,2 m, fyllnadsmassor, ställvis innehållande grus och silt med inslag av sand och lera. Leran har i en borrhålspunkt (3S) bedömts vara av torrskorpekaraktär. Ett tjugotal meter norr om järnvägsspåret skiljer sig jordlagerförhållandena under fyllnadsjorden från området något närmre strandkanten. Norr om järnvägen, ca på djup 1,2 m – 4,3 m, finns lera med tunna siltskikt, ställvis innehåller leran växtdelar. På djup 4,3 – 9,0 m finns finsandig silt med växtdelar. Söder om järnvägen ca 20,0 m från strandkanten finns under fyllnadsjord på djup ca 1,2 – 2,1 m lera med inslag av grus och sand. Under leran följer sandig silt med lerskikt på djup ca 2,1 – 4,6 m. Under den sandiga silten följer siltig lera med inslag av sand ned till djup ca 5,5 m. Inget block eller berg har i den sydvästra delen av undersökt område påträffats ned till djup mellan ca 33,0-41,0 m. Mellan leran och silten har påträffats lager av fastare lagrad friktionsjord som är svår genomtränglig.

R-Geo, Detaljplan, Kv. Julen 4 och 5, 2002-01-22, anger att i den **östra delen** av undersökningsområdet, ca 50 m norr om Kv. Galeasen, finns sandig och lerig silt i ytlager. Vid 1,0 m djup ned till ca 3,0 m finns ställvis siltig finsand ställvis sandig silt. Från ca 3,0 – 4,0 m djup övergår jorden till att huvudsakligen bestå av silt, ställvis med inslag av lera. Silten finns ned till djupet 9,5 m. Silten vilar på lera med en överyta kring djup 9,5 – 10,5 m. Berg eller block förmodas finnas på djup ca 28,0 m.

Enligt en tidigare undersökning, *Utlåtande, Stadsplaneändring i Kv. Strömsborg, 1983-11-07*, visas att ca 20-40 m norr om kv. Galeasen och ca 30 m väster om den gamla hamnkanalen består den fasta botten (på Vassbotten) av 0-15 m fast lagrad morän och grus som är svår till omöjlig att sondera igenom och även mycket svår att driva pålar i.

I närområdet, ca 75 m nordväst om Kv. Galeasen redovisar *Utlåtande, Detaljplan för del av Vassbotten 1:2, 1992-10-09*, att det ställvis i ytlager, på djup ca 0,0 – 1,0 m, påträffats fyllning bestående av lera, sten, tegel, grus och mulljord. Ställvis följer därefter lera på djup ca 1,0 – 3,0 m under markytan, ställvis med inslag av silt, vassrester, finsandsskikt eller rottrådar. Ställvis finns även silt och sand på djup ca 1,0 – 3,0 m under markytan, silten är ömsom lerig ömsom finsandig.

Mellansand har påträffats i en undersökningsspunkt (3R) på ett djup kring 1,9 – 2,6 m under markytan som mellanlagrar siltig lera och gyttjig siltig sand.

2.6.4 Hydrogeologiska förhållanden

Grundvattenmätningar och grundvattenobservationer har utförts och dokumenterats vid varje enskilt undersökningstillfälle (mellan åren 1983-2002).

Grundvattenytor samt fria vattenytor i borrhål har påträffats på djup ca 1,0 – 1,3 m under markytan, vilket motsvarar nivåer på ca +44,0 - +45,0 m. Dessa förhållanden gäller sett till området i stort, med undantag för den västra och nordvästra delen av området där grundvattenytan påträffats på djup ca 2,0 – 2,2 m under markytan, det vill säga en nivå på ca +44,3 m.

Grundvattenytan sett till hela området har bedömts följa nivåerna för vattenståndet i Vätern.

2.6.5 Geotekniska förhållanden

I den **sydvästra delen** av undersökningsområdet visar *PM Geoteknik, Planerad Värmecentral, Vassbotten* att lerans skjuvhållfasthet uppmätts (genom dilatometerförsök) på laboratorium. I en borrhålspunkt (1S), på djup ca 2,0 - 4,0 m är lerans skjuvhållfasthet ca 15 kPa och på djup 9,5 - 15,0 m är den ca 25-30 kPa. Leran har på djup kring ca 6,0 - 8,5 m bedömts vara överkonsoliderad upp till skjuvhållfasthet ca 40 kPa, vid belastning över 40 kPa innebär detta att leran får stora sättningar. På djup från ca 8,5 m – 15,0 m har leran bedömts vara normalkonsoliderad. Friktionsvinkel i fyllnadslager inom rubricerat område har på djup mellan 1,0–4,0 m förutsatts till att vara minst 35°. I den finsandiga silten på djup kring ca 6,0 – 8,5 m har friktionsvinkeln i en undersökningsspunkt, (3S), uppmätts (genom dilatometerförsök) på laboratorium till att vara mellan 27° -32°.

I den **nordvästra och västra delen** beskriver *Utlåtande, Stabilitetsförhållanden för hamnområdena intill Trafikkanalen* att det i samband med en stabilitetsutredning, som omfattat två undersökningsspunkter (B10 och C10), belägna ca 10-30 m från kajkant invid Trafikkanalen konstaterats att om marknivån höjs med 1,0 m (från nuvarande nivå) förändras maximal tillåten belastning, från kajkant eller släntrösk och ca 20,0 m in mot land, från 40 kN/m² till ca 20 kN/m², med andra ord en reduktion av tillåten last med 50 %. Höjs marknivån istället med 0,5 m (från nuvarande nivå) förändras maximal tillåten last, med förutsättningar enligt ovan, till ca 30 kN/ m², det vill säga en reduktion av tillåten last med 25 %. Säkerhetsfaktorn som tagits fram under stabilitetsutredningen (risken för utglidning mot trafikkanalen) har varit 2,5 vilket har betraktats som tillfredställande. Enligt in-situ försök med vingsonering har den siltiga lerans skjuvhållfasthet i en undersökningsspunkt, (C10), i den västra delen, uppmätts till att befinna sig kring ca 45 kPa från djupet 14,0 m ned till 19,0 m och från 19,0 m djup ned till ett djup på minst 30,0 m ökar skjuvhållfastheten med djupet som, 45kPa + 2*d, där d är djupet i meter, uppskattad fördelning är på den säkra sidan. Sammantaget stämmer de uppmätta värdena från

vingsondering i den västra delen överrens med uppmätta värden från vingsondering i en undersökningspunkt, (B1O), utförd i den nordvästra delen av området där skjuvhållfastheten i den siltiga leran befinner sig kring 45 kPa på djupet 16,0 – 17,0 m och uppvisar därefter en skjuvhållfasthetsökning med djupet.

I den **östra delen** av undersökningsområdet är leran bedömd att vara normalkonsoliderad och beträffande dess relativa lagringsfasthet är leran bedömd som halvfast-fast, detta gäller även för leran i den västra delen.

Enligt en utförd stabilitetsutredning i den östra delen av undersökningsområdet, *Utlåtande, Stadsplaneändring i Kv. Strömsborg*, har säkerhetsfaktorn (risken för utglidning mot Gamla Hamnkanalen) varit större än 2,5 när lerans inverkan inte medräknats. Om lerans inverkan (kohesion) medräknats har säkerheten varit större än 4,0.

R-Geo, Detaljplan, Kv. Jullen 4 och 5 beskriver att vattenkvoter med silt och sand uppmätts i två undersökningspunkter (11B, 12B) belägna i den **norra respektive östra delen** av undersökningsområdet, se Figur 13. I siltlager har vattenkvoten uppmätts till ca 21-28 % och i finsand och sand till ca 17- 20 %. Undersökningdjupen har varierat och varit 0,0 – 6,0 m (12B) respektive 0,0 – 10,0 m (11B) under markytan. De djupaste vattenkvoterna har uppmätts i den östra delen av undersökningsområdet där vattenkvoten för leran på djup ca 9,5– 10,0 m har uppmätts till 33 %.

Stopp mot berg har inte förekommit vid något av undersökningstillfällena men finns enligt *Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron* som djupast ca 60,0 m under markytan.

2.6.6

Förorenad mark

PM Geoteknik, Planerad Värmecentral, Vassbotten redovisar att i den **sydvästra delen** av undersökningsområdet har det, enligt jordprovstabell, från jordartsanalys på laboratorium, i två undersökningspunkter (1S och 3S) påträffats förorenad jord på djup ca 1,1 – 3,0 m. Den förorenade jorden består av lera (även siltig lera) med märkbar till stark oljelukt samt sandig silt med märkbar oljelukt.

I övriga delar av undersökt område finns inga noteringar om påträffade föroreningar, detta enligt tillgängliga jordprovstabeller (mellan åren 1983-2002).

3. Analys av förutsättningar - slutsatser

3.1 Översvämnings påverkan

Som syns i Figur 14 skulle samtlig befintlig bebyggelse och alla samhällsfunktioner i programområdet svämmas över om de lämnas utan skydd mot dimensionerande vattennivå +47,16 m.

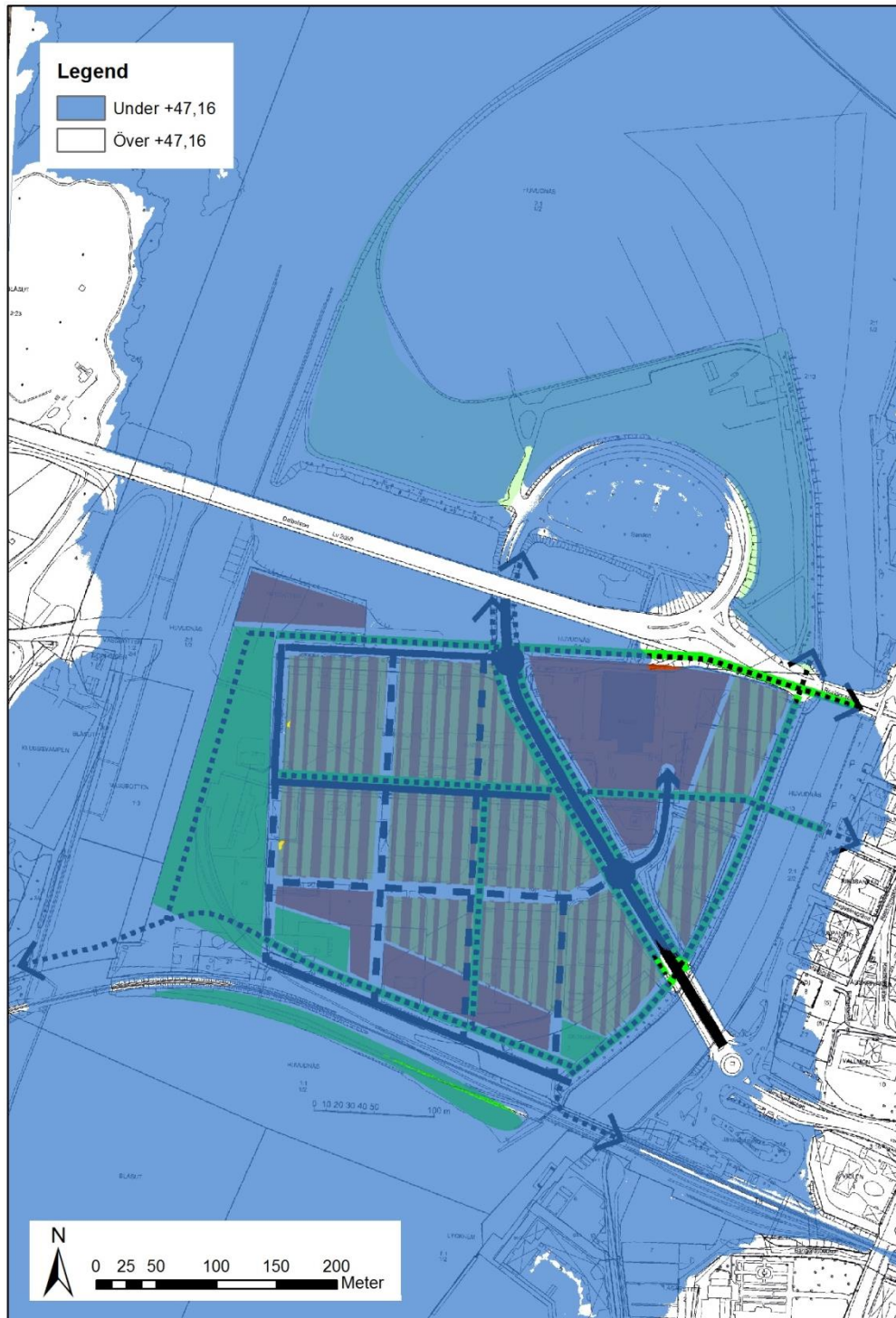
Likaså skulle all planerad mark och bebyggelse som målas upp i *Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron* översvämmas vid den dimensionerande vattennivån, se Figur 15. Kartan visar översvämning över dagens markhöjder. Genomförandet av planprogrammets vision skulle medföra att markhöjderna kan ändras något vilket gör att översvämningsens utbredning ändras. Dock krävs stora mängder massor markhöjningar för att hela Sanden ska undkomma den dimensionerande vattennivån.

Slutsatsen blir att Sanden behöver skyddas mot översvämnings av Vänerens vattenyta om dagens samhällsfunktioner ska kunna skyddas samt om planprogrammet ska kunna genomföras.

En effekt av det fall då den dimensionerande vattennivån + 47,16 m sammanfaller med ett regn på Sandens lägre marknivå är att dagvatten skulle behöva pumpas över ett översvämningskydd ut i Väneren. Ett dagvattensystem kan då med fördel designas så att det med självfall tas om hand om lokalt och leds/fördröjs vid parkerna samt över grönytor längs med gatorna. Dagvattnet leds sedan till uppsamlingspunkter för att därifrån pumpas ut i Väneren. På detta sätt fås ett system som till största möjliga del bygger på självfall och minsta möjliga mängd mekaniska komponenter samt har potential att även effektivt rena vattnet innan det släpps i Väneren.



Figur 14. Karta över hur befintlig bebyggelse och samhällsfunktioner påverkas vid översvämning till dimensionerande nivå +47,16 m



Figur 15. Karta över hur planvisionen påverkas av översvämning till dimensionerande nivå +47,16 m

3.2 Skyfalls påverkan

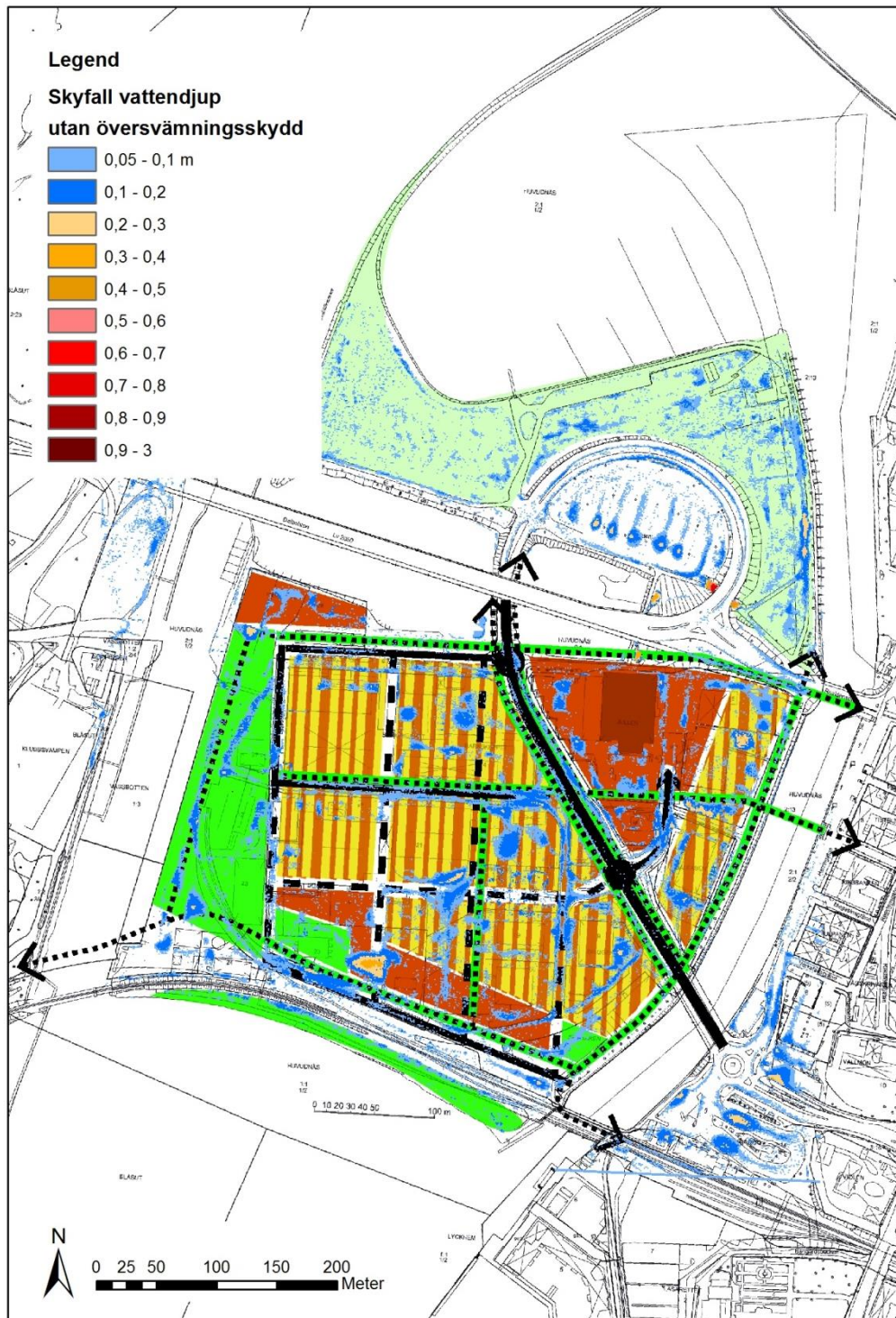
Kartan med resultatet från skyfallsmodellen och samhällsfunktioner, Figur 16, visar att framkomligheten och samhällsfunktioner påverkas av ett skyfall av mått 100-årsregn. En betydande del av markytorna kring befintlig bebyggelse läggs under vatten, dock mestadels enbart med ett största djup om 0,2 m. Enligt simuleringen för det befintliga området fördelar sig vattnet från ett skyfall så som visas i Figur 16. De olika färgerna representerar olika vattendjup. Vid ett vattendjup på över 0,2 m blir ytor ofarbara för normal trafik och vid djup över 0,5 m hindras även räddningstjänstens utryckningsfordon. Flertalet vägar och andra ytor översvämmas idag vid ett skyfall med upp till 0,2 m vilket gör att till exempel ambulansfordon eventuellt kan få problem att komma fram. Vattendjup på över 0,2 m förekommer dock enbart i begränsad omfattning vid lokala lågpunkter. Vattendjup på upp till 0,2 m finns i anslutning till flertalet byggnader vilket sannolikt medför översvämningsproblem. Den samhällsfunktion som är mest utsatt vid ett skyfall är Vattenfalls värmeverk där vattendjup på runt 0,2 m finns precis intill flertalet byggnader. Även framkomligheten med bil till byggnaderna är begränsad. Även längs med Älvsborgsbanan blir vattendjupet runt 0,2 m. Vattnet begränsar inte framkomligheten på järnvägen direkt men kan bidra till att underminera järnvägsbanken.

Som visas i Figur 17 påverkas även planprogrammets vision av ett skyfall. Modellen visar att det idag samlas vatten på platser där planen visar bebyggelse. Vid byggnation och genomförande av planen kommer dock markens nivåer att ändras och platserna för vattensamlingarna därför ändras. Från kartan kan man konstatera att mängden vatten kan påverka planens nuvarande vision i någon utsträckning för att få plats.

Slutsatsen blir att åtgärder för att omhänderta skyfallsvatten behöver genomföras, dels för att förbättra framkomligheten och därmed trygga samhällsfunktionerna, men även för att kunna genomföra omvandling av Sanden enligt planprogrammets vision.



Figur 16. Karta över hur dagens samhällsfunktioner påverkas vid skyfall och framkomlighet i vattendjup



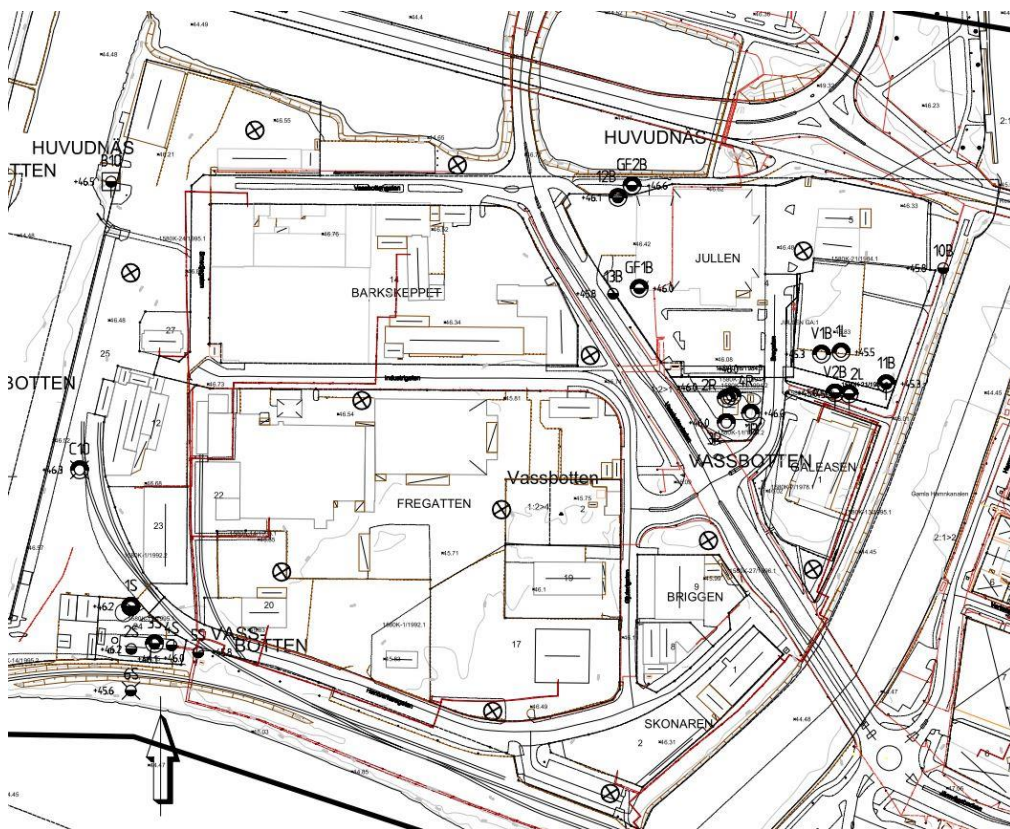
Figur 17. Karta över hur planvisionen påverkas av skyfall på dagens markhöjder

3.3 Program för kompletterande geoteknisk undersökning

Ett program för kompletterande geoteknisk undersökning redovisas i detta avsnitt med stöd ur resultaten från kapitel 2, avsnitt 2.6. Miljöprovtagningar bör ingå vid sidan om geotekniska undersökningar, se Figur 18.

3.3.1 Markförhållanden

Området karakteriseras av fyllnadsjord i ytan som huvudsakligen består av sand och silt med inslag av växtdeklar. Inom stora delar av området finns, ovanför fyllning, hårdgjorda asfalterade ytor. Risk för sättningar finns på grund av de organiska inslagen i jorden. Alla tyngre konstruktioner kommer därmed att kräva förstärkt grundläggning till exempel genom pålning. Förslag till borrpunkter för nya översiktliga geotekniska och miljötekniska undersökningar som kompletterar de tidigare utförda undersökningarna i området Sanden, söder om Dalbobron, redovisas nedan, se Figur 18. Eventuellt kan undersökningarna koncentreras till områden med planerad ombyggnad. Alla nya konstruktioner eller byggnader kommer att kräva egen geoteknisk undersökning (och bör även inkludera miljöteknisk undersökning när utformning av dessa är kända).



Figur 18. Nya undersökningspunkter (kryssade cirklar) samt undersökningspunkter från tidigare undersökningar

3.3.2

Förslag till grundläggning av översvämningsskydd

För översvämningsskydd med skydd upp till nivå +47,16 m rekommenderas en utformning med någon form av tät stålspont som drivs ned till tätskikt av lera på djup kring ca 10-15 m under markytan och runt om hela Sanden-området (söder om Dalbobron), se Figur 19. Plastspons kan eventuellt fungera, emellertid kan spont utförd i plastmaterial vara svår att få ned till önskade djup men har en lägre densitet än en stålspons och utgör därför en lägre risk för sättningsproblem. Vald spont behöver ingen grundläggning, däremot behöver sponten gå ner en bit i leran för att hålla tätt vid vattentryck. På insida spont krävs ett jordtryck för att hålla emot eventuellt uppkomna vattentryck utifrån. Det är inte att rekommendera att L-stöd används som översvämningsskydd då L-stöd inte skyddar mot inträngande vatten som vid en grundvattenhöjning på ena sidan av stödet trycker upp vatten i jorden på den andra sidan. Bottenplattor för L-stöd bedöms även att bli mycket stora (och tunga) för att hålla emot de höga jordtrycken som följer av resning av L-stöd (murar). Eventuella bullerplank kan vara fristående eller sitta ihop med spont.

Spontens livslängd beror helt och hållet på vad den dimensioneras för, enligt tabell från eurocode 3, med rekommenderade avfrättningsvärden (mm), för opackade icke-aggressiva fyllningar (sand, silt och lera), gäller 1,2 mm för 50 års livslängd, samt 1,7 mm för 75 års livslängd och 2,20 mm för 100 års livslängd (enligt Eurocode 3, SS-EN_1993-5_2007, kapitel 4. Tabell 4.1), se bilaga 13. Generellt sett så kan alltså sponten få en livslängd på uppemot 50-100 år om den dimensioneras för det. Sponten kommer att rosta i de områden där den utsätts för syre, och det gör den från grundvattenytan (sjöytan) och uppåt då jorden härifrån mestadels består av sand och grusfyllning.

Sponten kan med rätt behandling, rostskyddsfärg, rätt tjocklek, och om den förzinkas, klara upp till 100 år i området. Sen behöver den bytas ut.



Figur 19. Stålspons (<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fb/Spundwand.jpg>)

3.3.3

Stabilitetsutredningar

Enligt tidigare undersökningar, se avsnitt 2.6, har släntstabiliteten ansetts vara tillfredställande i delområden nära kajkanter i de västra respektive östra delarna av Sanden-området (söder om Dalbobron). Ytterligare stabilitetsutredningar för kajor, slänkrön och strandkanter bör göras för flera delområden för att säkerställa att förhållandena är goda i hela området. De områden som utretts sedan tidigare är särskilt känsliga för ökad belastning på jorden genom exempelvis uppfyllnad (höjning) av markyta.

I det fortsatta planarbetet ska en geoteknisk utredning genomföras så att nivån "detaljerad utredning" för ny exploatering enligt Skredkommissionens Rapport 3:95 uppnås. Detta enligt *Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron*.

3.3.4

Rekommenderade miljöprovtagningar

Provtagningar i Sandenområdet kommer att vara nödvändiga inför nybyggnation och utveckling av området. Genom att kartlägga markföroreningarna i god tid innan man fastställer planerna för utvecklingen av området kan man väga in den ekonomiskt mest förmånliga placeringen av bostäder, verksamheter, parkeringsytor med mera. Det finns stora skillnader i saneringskostnader beroende på om man kan klassa ytor som känslig eller mindre känslig markanvändning. Genom att exempelvis anlägga parkeringsytor på rätt plats kan man i vissa fall helt undvika en kostsam sanering. En rekommendation är därför att man ser långsiktigt på området och inom de kommunägda delarna gör en plan över provtagningar som kan klaras av under en längre period. En planering för en veckas fältprovtagning kan vara en lämplig början för att få en bra indikation på statusen på den kommunägda marken. Omkring 40 provpunkter kan planeras in för en sådan kartläggning då man tar prover av fyllnadsmassorna och en bit ner i den siltiga sanden som underlagrar fyllnadsmassorna. Ett lämpligt provtagningsdjup är ca 2-4 meter.

Samtidigt bör ett tillsynsarbete startas upp för att i största möjliga mån få tag i de riskobjekt som har identifierats inom de privatägda fastigheterna. I möjligaste mån bör ett arbete bedrivas från miljöförvaltningens sida för att kräva undersökningar när tillfälle ges. Det kan handla om ändringar i verksamheterna, nya ägare till fastigheter eller vid eventuella miljötillstånd som ska förnyas. Riskerna för tjärhaltig asfalt bör finnas med i frågeställningen vid provtagningar då det kan utgöra en betydande kostnad vid nybyggnation om sanering behöver göras. Fältkontroller kan göras i samband med provtagningar för att undersöka om man får indikation på tjärprodukter. Även detta beskrivs delvis i *Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron*.

4. Övergripande skydd för etapp 1-3 på södra Sanden

4.1 Översvämningsskydd

I detta kapitel visas det översvämningsskydd som föreslås i sin helhet. Översvämningsskyddet runt Sanden föreslås utgöras av en spont då en sådan funnits vara det enda skyddet som är tillräckligt lätt för inte orsaka sättningar och samtidigt kunna nå tillräckligt djupt för att inte vatten ska tränga igenom under, se de geotekniska aspekterna under kapitel 3.3 Program för kompletterande geoteknisk undersökning.

Sponten anläggs runt hela Sanden i etapper, sträckningen i sin helhet visas i Figur 20. Detta gör att översvämningsskyddet är säkerställt i dess mest basala funktion, men att dess utformning för att fungera i den nya stadsmiljön kan lösas senare. Sträckningen är framtagen för att passa den framtida stadsbebyggelsen. Allt eftersom den nya bebyggelsen växer fram enligt etapperna i Figur 6 kan sponten kläs med en lång trämöbel, liknande den som visas i Figur 40. En sådan träkonstruktion är lätt jämfört med andra lösningar vilket gör att risken för sättning minimeras. Träet är dessutom ett material med hög komfort även kalla årstider. Tillsammans med de stora möjligheterna att variera utformningen av träkonstruktionen för många olika användningar gör att den kan ge översvämningsskyddet stora mervärden i stadsmiljön. Exempelvis kan den i olika etapper utformas som sittyta, plats att ligga i solen, eller på vissa platser som lek och klättermöbel. Sammantaget kan valet av trä som material möta den nya stadsdelens krav på vistelseytor och attraktivitet. Den olika visning som sponten behöver ha över befintlig mark för att nå upp till +47,16 m utgör ett krav på hur mycket spont som ska kläs med trämöbel.

Järnvägstrafikens krav på Älvsborgsbanans lutningar har gjort att alternativet att höja järnvägsbanken och låta den utgöra översvämningsskydd uteslutits. De små lutningarna som krävs för tågtrafikens framkomlighet skulle göra att en ombyggnad skulle få konsekvenser långt bortom Sanden och dagens resecentrum. Istället föreslås en spont placeras norr om Älvsborgsbanan vilken inte kläs med trämöbel utan kompletteras med en bullervall som skärmar av järnvägen mot den nya bebyggelsen.

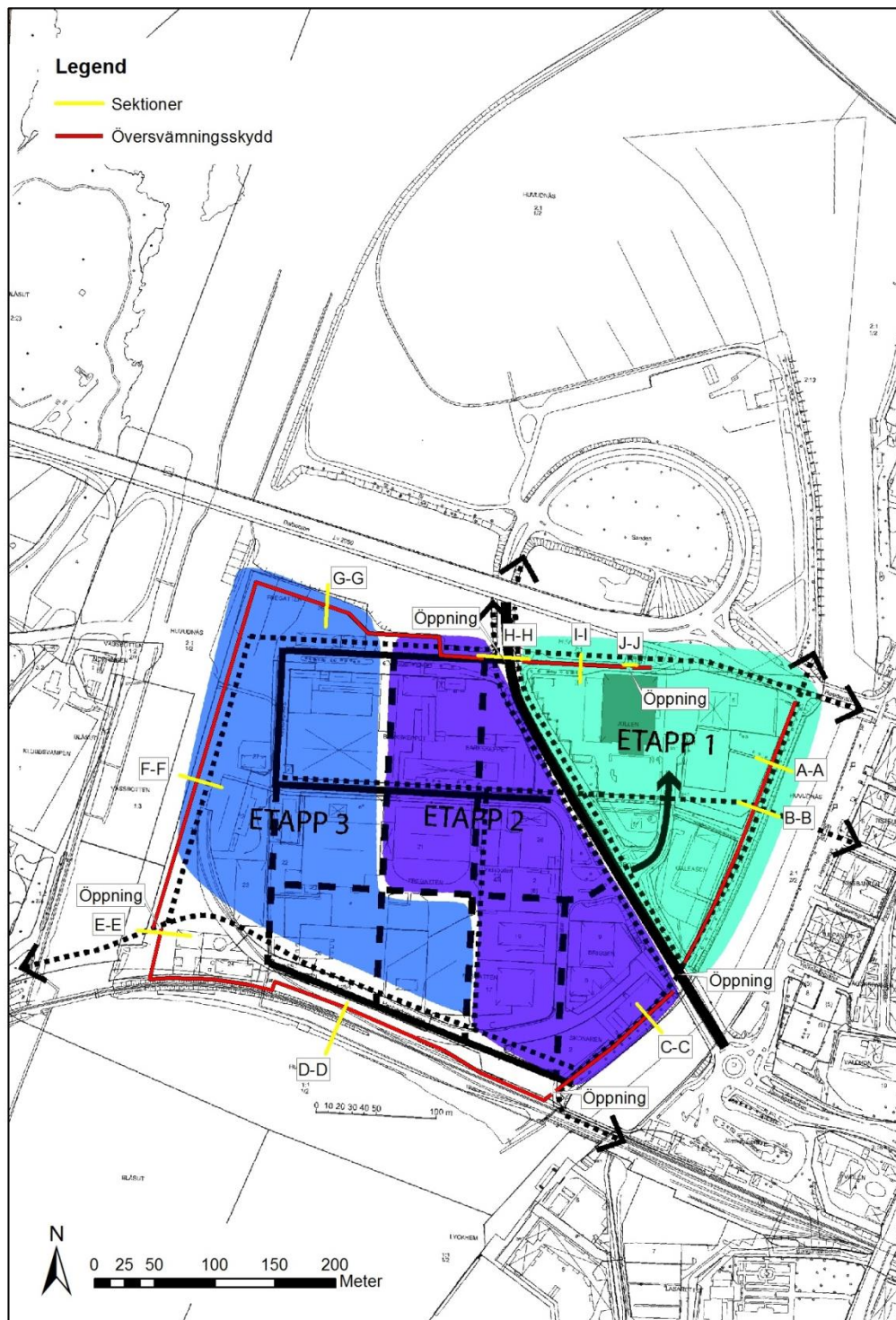
Planen i Figur 20 visar var principsektioner har gjorts för att beskriva översvämningsskyddet. Sektionerna visas i Figur 24 till Figur 33. För att se dem i större skala se bilagorna 1- 5.



Figur 20. Föreslaget översvämningsskydds sträckning med sektioner och öppningar, se nedan samt kapitel 5. Detaljerad utformning



Figur 21. Planprogrammet och föreslaget översvämningsskydds sträckning med sektioner, se nedan samt kapitel 5. Detaljerad utformning. Öppningarna i skyddet är placerade efter planprogrammets vision



Figur 22. Planprogrammets etapper och föreslaget översvämningskydds sträckning med sektioner, se nedan samt kapitel 5. Detaljerad utformning

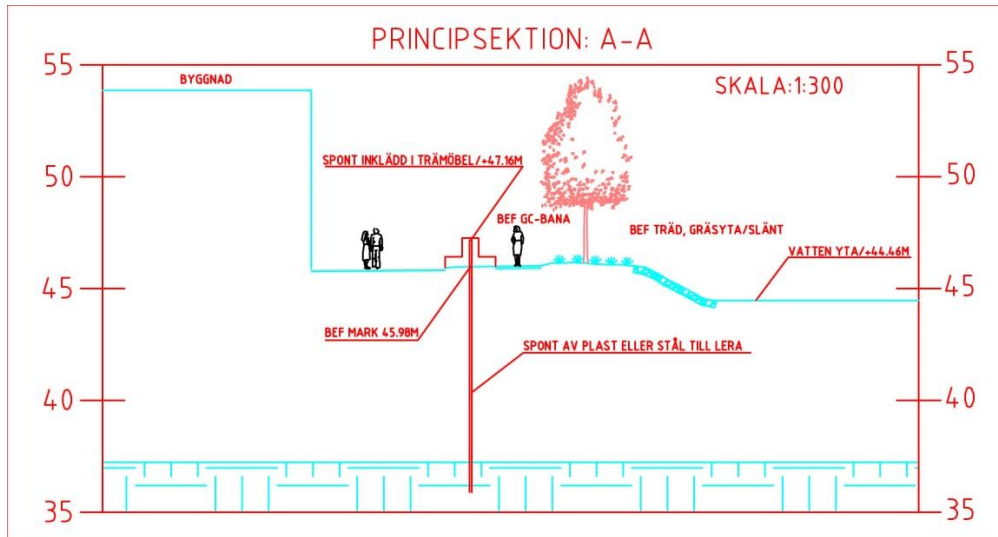
När hela översvämningsskyddet är färdigställt kommer det fortfarande att finnas öppningar för att kunna släppa in och ut trafik från Sanden. Dessa öppningar kan stängas med hjälp av temporära översvämningsskydd som snabbt kan sättas upp, exempelvis Jackbox från Hesco, se Figur 23. Även under den långa omvandlingen till blandad stadsbebyggelse då endast delar av översvämningsskyddet är byggt kan man komplettera med en sådan lösning så att de delar som hunnit exploateras står torrt.



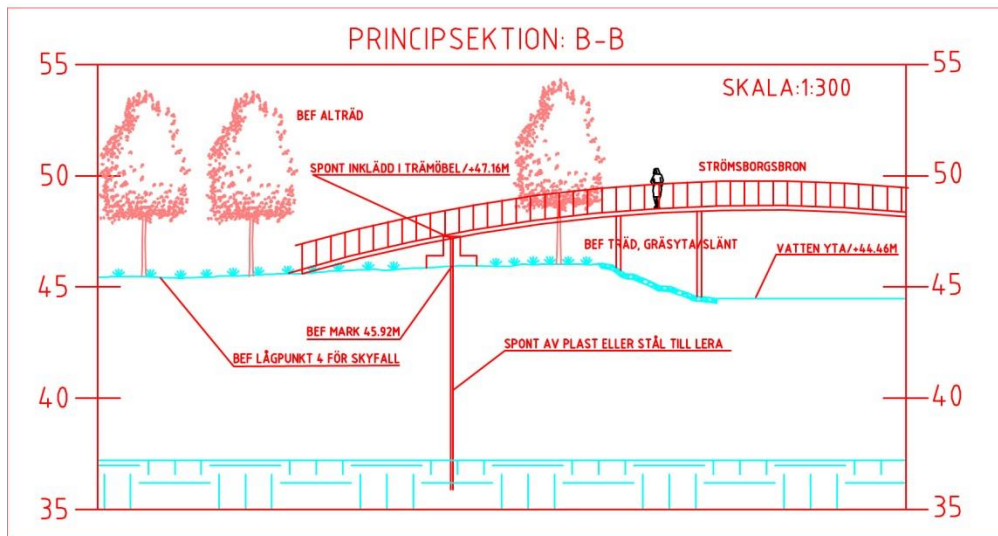
Figur 23. Hesco Jackbox är ett exempel på produkt för temporärt översvämningsskydd som är snabbt att sätta upp och enkelt att ta bort (<http://www.hesco.com/>)

4.2 Principsektioner av översvämningsskydd

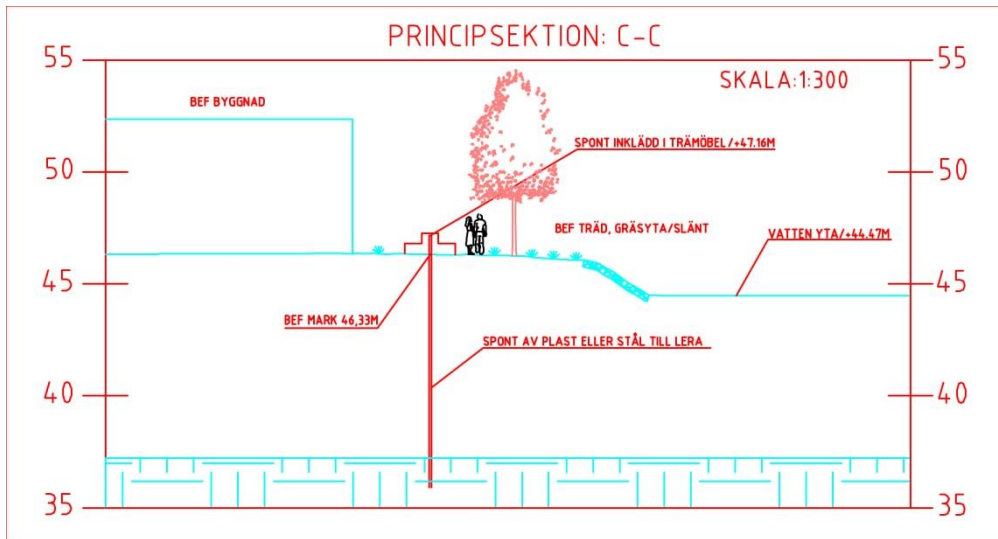
Översvämningsskyddet kan anläggas i etapper, se Figur 22



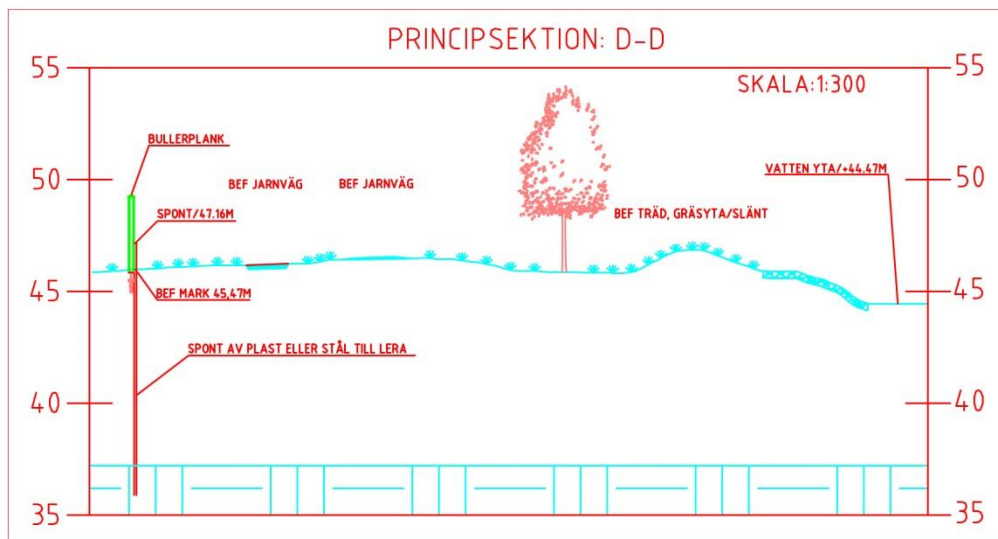
Figur 24. Sektion A-A över översvämningsskydd med planerad bebyggelse



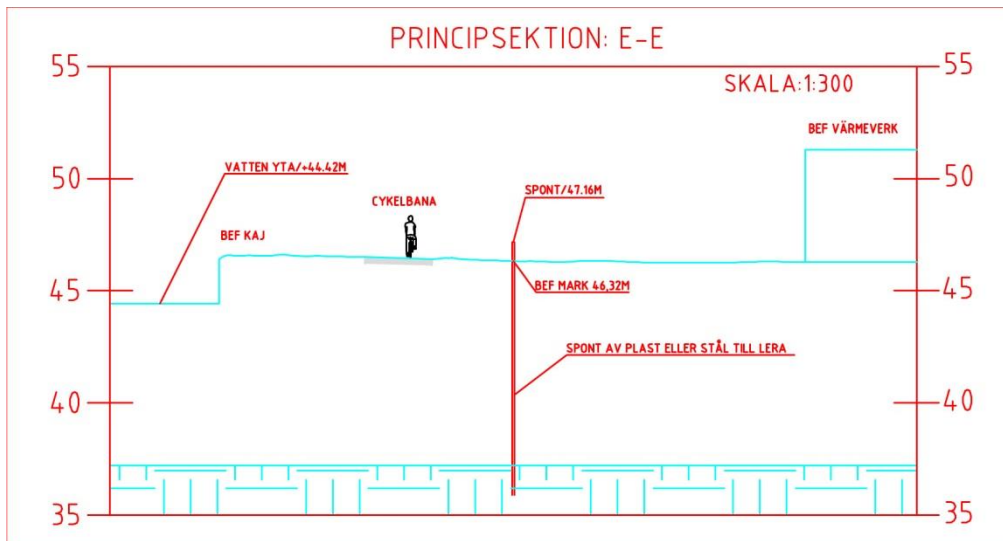
Figur 25. Sektion B-B över översvämningsskydd och den planerade Strömsborgsbron. Till vänster befintliga alträd och lågpunkt 4 för hantering av skyfall, se Figur 36



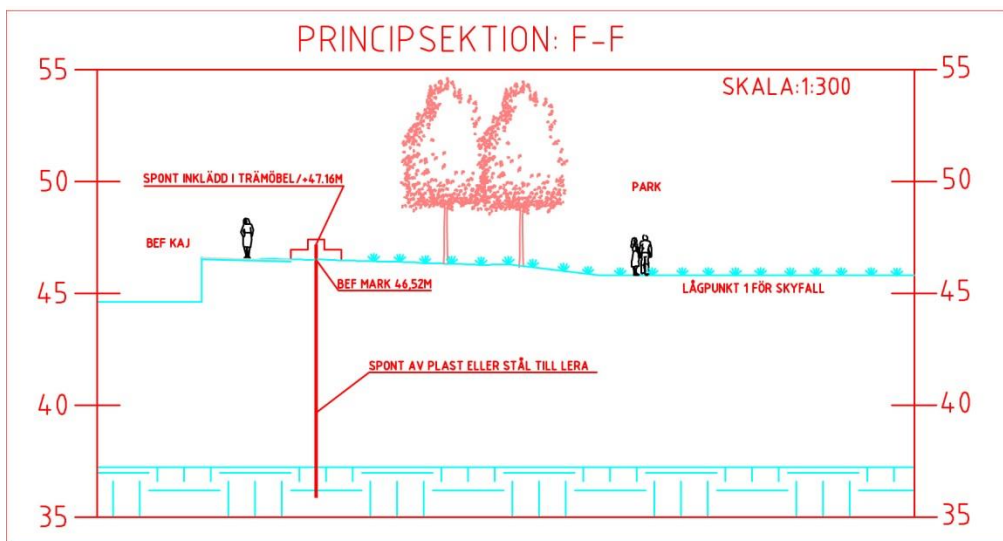
Figur 26. Sektion C-C över översvämningsskydd. Befintlig byggnad tillhörande Nobina buss som sparas till vänster, se Figur 10



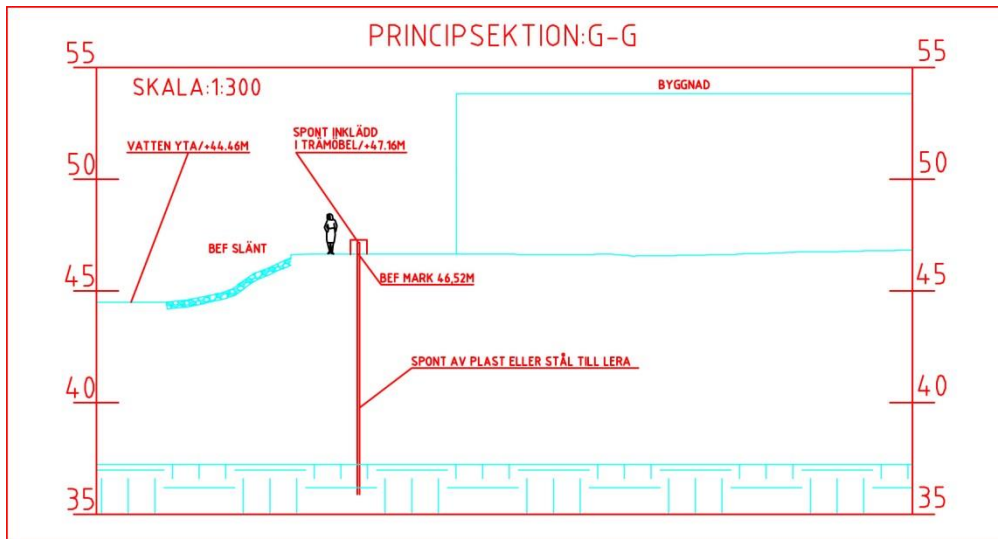
Figur 27. Sektion D-D över översvämningsskydd. Älvsborgsbanans spår med nytt bullerplank till vänster



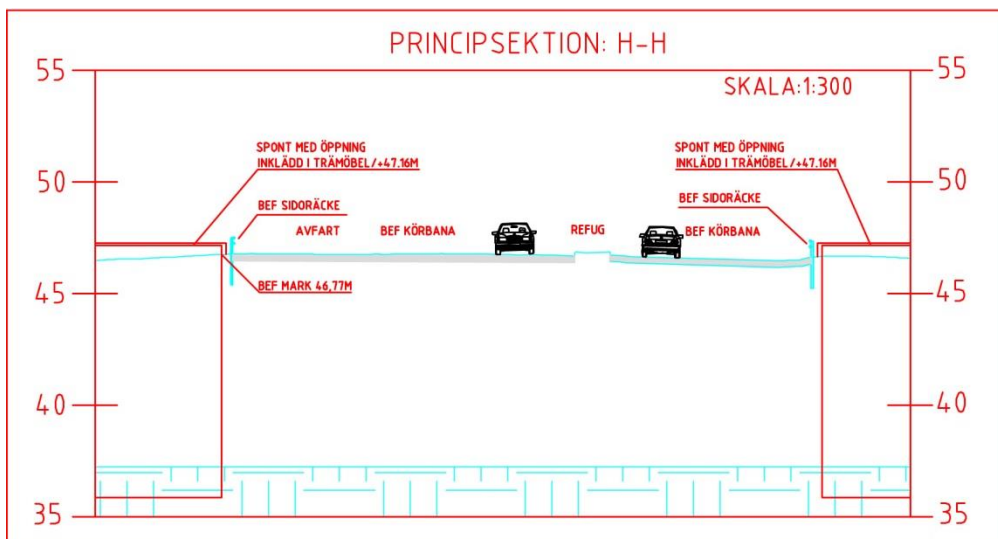
Figur 28. Sektion E-E över översvämningsskydd. Planerad cykelbana till vänster och Vattenfalls befintliga värmeverk till höger



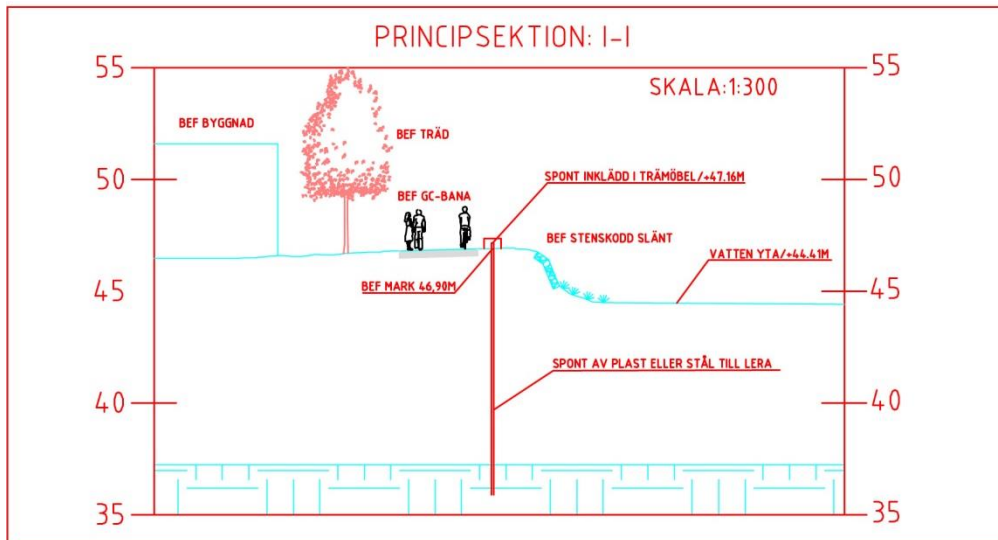
Figur 29. Sektion F-F över översvämningsskydd. Befintlig kaj till vänster, ny park med lågpunkt 1 för hantering av skyfall till höger, se Figur 36



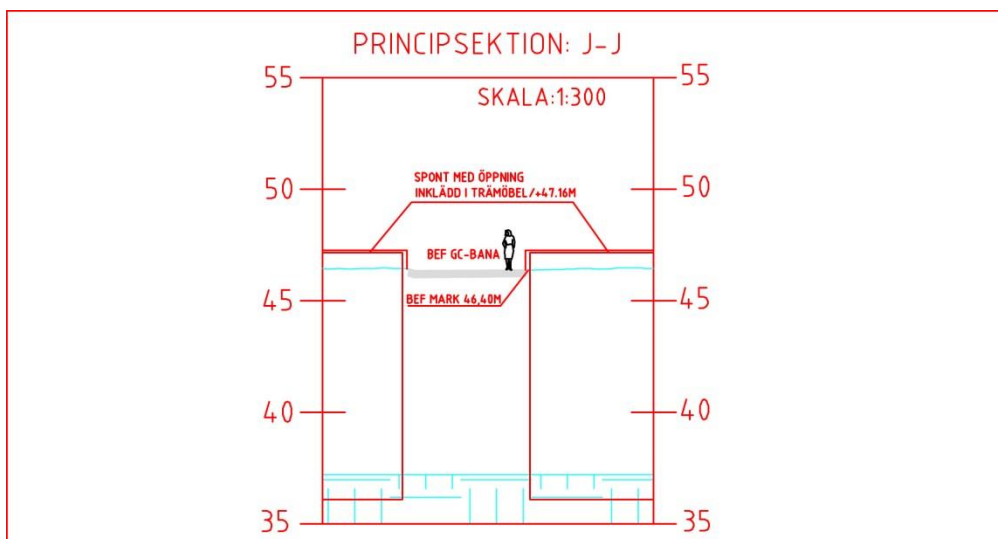
Figur 30. Sektion G-G över översvämningsskydd



Figur 31. Sektion H-H över översvämningsskydd



Figur 32. Sektion I-I över översvämningsskydd



Figur 33. Sektion J-J över översvämningsskydd

4.3 Åtgärder för hantering av skyfall efter anläggning av översvämningsskydd

Utredningen tar enbart upp hur ett skyfall inom planområdet kan hanteras då detta har stor betydelse för området eftersom byggandet av översvämningsskyddet kan leda till att skyfallsvattnet stängs in i området på ett annat sätt än tidigare. Utredningen tar inte upp hur ett eventuellt nytt dagvattensystem för exploateringen kan dimensioneras eller se ut. En separat dagvattenutredning måste genomföras för att fastställa detta.

Då översvämningsskyddet hindrar vatten från ett skyfall att rinna av på ytan och direkt ut i Vätern blir vattenansamlingarna som väntat större än utan översvämningsskyddet, jämför Figur 9 och Figur 34. Dock är de reella konsekvenserna inte mycket större. Även med översvämningsskyddet läggs en betydande del av markytorna kring befintlig bebyggelse under vatten. Vattenansamlingarna placerar sig på samma ställen som situationen utan översvämningsskydd med skillnaden att de breder ut sig något mer samt att djupet ökar något. Dock är djupet fortfarande enbart runt 0,2 m på de flesta ställen. Flertalet vägar och andra ytor översvämmas idag ett skyfall med upp till 0,2 m vilket gör att till exempel ambulansfordon eventuellt kan få problem att komma fram. Vattendjup på över 0,2 m förekommer även i detta scenario, men enbart i begränsad omfattning vid lokala lågpunkter. Vattendjup på upp till 0,2 m finns i anslutning till flertalet byggnader vilket sannolikt medför översvämningssproblem. Den samhällsfunktion som liksom tidigare är mest utsatt vid ett skyfall är Vattenfalls värmeverk där vattendjup på runt 0,2 m finns intill flertalet byggnader.

I kartan Figur 34 visar modellen att det inte blir så stor ökning av skyfallets vattenmassor efter att Sandens markyta stängts in av översvämningsskydd mot Vätern. Detta förutsätter dock att dagvattenledningarna fungerar normalt och att Väterns vattenyta inte stiger och förhindrar vattnet att nå sitt utlopp. Blir vattennivån högre än utloppen i dagens dagvattensystem får vi istället en uppdämning i systemet där vatten går baklänges via dagvattensystemet i till samma nivå som vattenståndet. Detta kan i värsta fall medföra att vatten trycks upp ur dagvattenbrunnarna och på så sätt orsakar översvämningar. Detta kan i ett initialt skede motverkas genom att det befintliga dagvattensystemet får backventiler vilka enbart tillåter vatten att flöda i en riktning. Detta kan förhindra vatten från Vätern att ta sig in baklänges men det sätter ändå delar eller hela dagvattensystemet ur spel om Väterns vattennivå skulle gå upp över utloppen då dagvatten inte kan ta sig ut ur området.



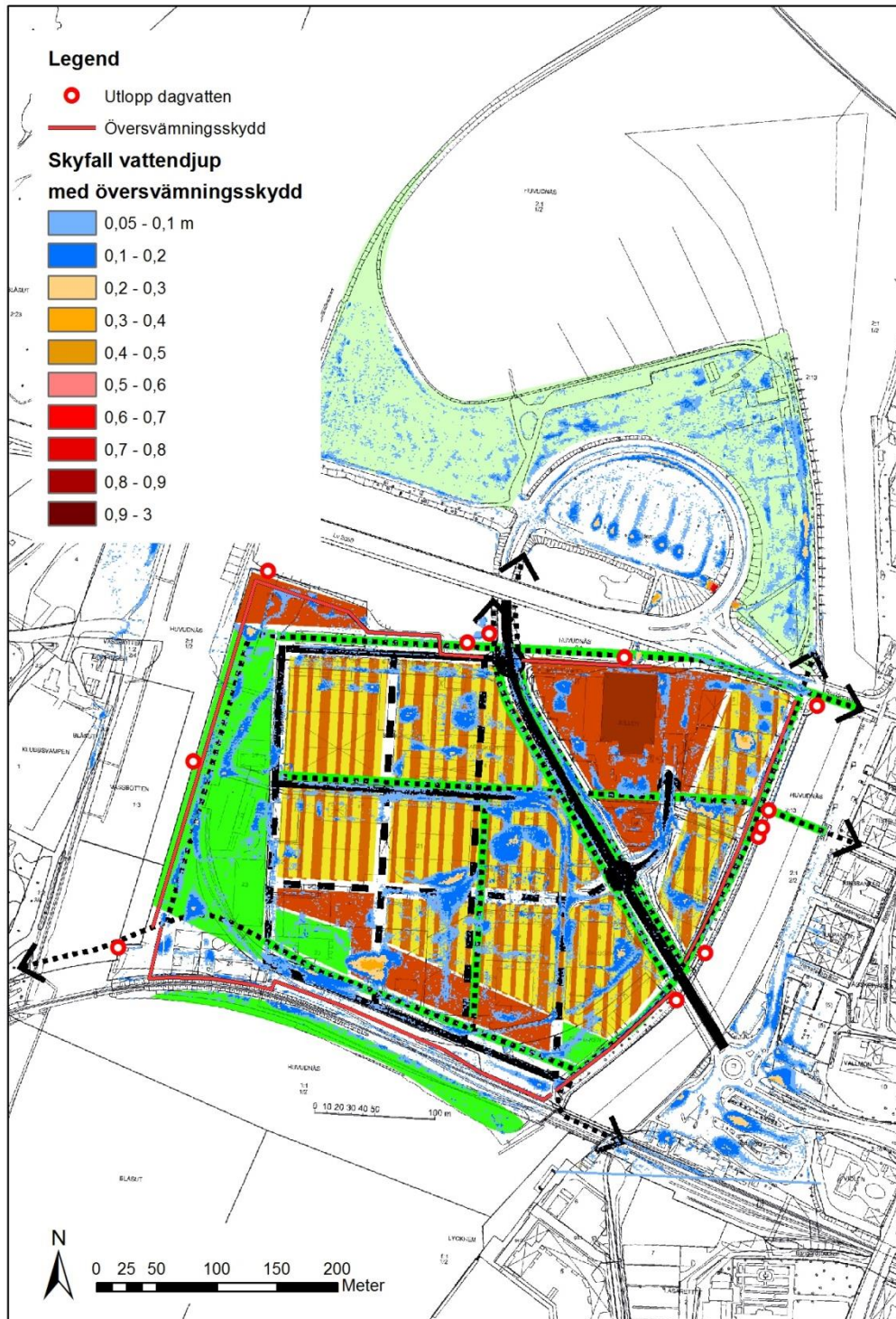
Figur 34. Karta över skyfallsmodell och utlopp för dagvatten. Kartan visar skyfallets påverkan om skydd mot översvämning från Vänern byggs

Figur 35 visar hur planprogrammet skulle påverkas av den något ökade mängden skyfallsvatten som ansamlas efter att ett översvämningsskydd byggts. Detta medför att ytor i planprogrammet behöver användas för hantering av skyfall. Ett skissförslag på hur detta skulle genomföras utan att ändra för mycket i planen visas i Figur 36. Det är viktigt att påpeka att alla förändringar i höjd inom området som sker vid exploateringen kommer att förändra ansamlingsmönstret. Nya lokala lågpunkter kommer att skapas och vattnet kommer att hitta nya vägar. Det är därför viktigt att redan vid planeringsstadiet/höjdsättningen av bebyggelsen och mark ta hänsyn till hur vattnet, både skyfall och annat dagvatten, ska ledas och tas omhand.

Vid ett skyfall som består av ett 100-årsregn med varaktighet på 30 min ansamlas totalt ca 3800 m³ över området som ledningsnätet inte kan avbörda och alltså måste tas hanteras på ett alternativt sätt. Området kommer att omgärdas av en tät konstruktion med en höjd på ca +47,16 m. Detta kommer att ge olika visning över markytan då denna varierar något. Detta tillsammans med en förväntad framtida vattennivå i Vänern som förmodligen kommer att vara avsevärt högre än områdets marknivå begränsar möjligheterna att utan pumpning få ut vattnet ur planområdet. Därför föreslås de vattenvolymer som ett skyfall ger hanteras lokalt inom översvämningsskyddets sträckning.

Vassbottenleden, vilken går genom området i en ungefärlig syd/nordlig riktning, utgör ett högstråk och delar av området i en östlig och en västlig del. Av de 3800 m³ vatten som behöver fördröjas/omhändertas fördelas ca 800 m³ till den östra delen och 3000 m³ till den västra. En översikt över hur skyfallsvattnet föreslås hanteras kan ses i Figur 36. Översikten visar vattnets tänkta avrinningsvägar som röda pilar samt lämpliga fördröjningsytor inramade med blått.

Inom både den västra och östra delen av programområdet föreslås vattnet ledas längs med gatorna till grundare ytliga fördröjningsmagasin. Fördröjningsmagasinen är numrerade 1 – 4 i Figur 36. Gatorna bör höjdsättas så att de lutar enligt de röda pilar som finns i Figur 36. Gatorna bör även ha en lutning på minst 0,7% för att säkerställa att vatten rinner av på ett effektivt sätt. Där grönytor planeras längs med gatorna kan även dessa användas för att fördröja och leda skyfallsvattnet. Då dessa ytor även kan användas för lokalt omhändertagande av dagvatten går det att kombinera anläggningarna på olika sätt.



Figur 35. Karta över skyfallsmodell och utlopp för dagvatten tillsammans med planprogrammets vision. Kartan visar skyfallets påverkan om skydd mot översvämning från Vätern byggs



Figur 36. Förslag på lämpliga ytor för skyfallshantering på södra Sanden efter att översvämningsskydd byggts. Blå rutor visar var vatten kan få ansamlas i fördröjningsmagasin. Röda pilar visar vattnets väg till dessa platser

Ovan redovisade förslag på skyfallshantering gör att hela vattenvolymen kan rymmas i de föreslagna fördröjningsmagasinen. Det vatten ett skyfall bidrar med behöver därför inte pumpas bort annat än om man vill minska tiden det bildas en vattenspegel i fördröjningsmagasinen. I och med att skyfall är en händelse med lång återkomsttid föreslås att eventuell pumpning av detta vatten görs vid behov med mobila pumpar istället för att installera permanenta pumpar som behöver underhållas etc.

Även vid mindre regn än till exempel ett 100-årsregn kommer vattnet att följa gatorna och det är därför viktigt att skydda skyfallsvägarna mot erosion. Ett sätt att skapa förstärkta skyfallsvägar är att bygga dikesanvisningar i anslutning till gatorna. Dessa dikesanvisningar kan till exempel vara mindre svackdiken med planteringar till vilka skyfallsvattnet leds och fördröjs ytterligare. Även betongrännor kan användas för att leda skyfallsvattnet i en anordning som är prydlig i stadsmiljön, se Figur 37. Dessa minskar inte vattnets hastighet, men kan dimensioneras så att de ger en volym som fylls med en mängd skyfall som önskas fördröjas.



Figur 37. Betongränna för ledande av dagvatten i Augustenborg, Malmö

4.3.1 Ytor för skyfallshantering – fördröjningsmagasin

Väster om Vassbottenleden är den totala skyfallsvolymer som minst måste hanteras 3000 m^3 . Fördröjningsmagasin 1 kan ta emot maximalt ca 3700 m^3 med den föreslagna utbredningen i Figur 36. Fördröjningsmagasin 2 kan ta emot ca 650 m^3 och fördröjningsmagasin 3 kan ta emot ca 210 m^3 . Detta betyder att allt vatten i den västra delen kan tas omhand i fördröjningsmagasin 1. Utnyttjas även fördröjningsmagasin 2 och 3 minskas dock belastningen på nr 1 vilket även gör att denna eventuellt kan dimensioneras ner. I Tabell 3 föreslås volymen bli 2140 m^3 . Detta gör att man kan minska utbredningen på fördröjningsmagasin 1 och därmed få mer plats att plantera träd i den framtida parken då det svenska klimatet gör att samtliga träddarter endast tål att ha rotsystemet under vatten i mycket korta perioder. Volymen på fördröjningsmagasin 1 påverkas dock av hur långt från trafikkanalen översvämningsskyddet kan placeras. Översvämningsskyddets avstånd till kajen vid trafikkanalen påverkas av följande faktorer: eventuellt säkerhetsavstånd till passerande sjöfarten, placering av magasinvolym för fördröjningsyta 1, önskan om att ha plats att plantera träd i den nya parken.

Öster om Vassbottenleden är den totala volymen som behöver tas omhand om ca 800 m³. I detta område föreslås vattnet ledas till fördröjningsmagasin nr 4 längs befintlig öst-västlig lågpunkt som redan idag blir översvämmad vid kraftiga regn. Om magasinet görs 0,5 m djupt krävs en yta på 1600 m². Magasinet blir då ca 65 m långt och ca 25 m brett. Det är viktigt att magasin 4 placeras så att den befintliga ridån med alträd kan bevaras och tillsammans med den nedsänkta gräsytan skapa en parkmiljö, se Figur 38. Planerad kvartersstruktur behöver anpassas till alträd, lågpunkt samt att platsen ligger där den nya Strömsborgsbron som ha sitt fäste på Sanden, se sektion B-B Figur 25. Enligt *Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron* ska platsen för Strömsborgsbron vid den befintliga lågpunkten utformas till ett torg eller plats där människor kan mötas.



Figur 38. Befintlig lågpunkt vid plats för fördröjningsmagasin 4. Ridå av alträd till vänster

Fördelningen av de olika fördröjningsmagasinens volymer sammanfattas i Tabell 3. Volymsberäkningarna som utförts på magasin 1 till 4 har ett djup på 0,5 m antagits. Blir vattenvolymen djupare än 0,5 m bedöms enligt Vänersborgs kommun belastningen på underliggande mark bli för stor.

Tabell 3. Föreslagna fördröjningsmagasin och volymer, se plan i Figur 36

Fördröjningsmagasin	m ³
1	2 140
2	650
3	210
4	800
<i>Totalt</i>	<i>3 800</i>

Genom att sänkas kan den nya stadsdelens vistelseytor så som parker även användas för skyfallshantering. Därför föreslås dessa ytor vara av typen öppna/ytliga, grunda fördröjningsmagasin vilka till exempel utformas som en nedsänkt gräsyta i en parkmiljö där vatten tillåts ansamlas, se Figur 39. Den nedsänkta ytan kan även kombineras med till exempel en stenkista/makadamdike under själva gräsvålen för att även vara en del i den normala dagvattenhanteringen samt underlätta dräneringen av översvämningssytan och minska den tid ytan är vattenfylld.



Figur 39. Illustration av dagvattenhantering på nedsänkt yta (Ramböll Danmark, Lundbeck)

5. Detaljerad utformning av översvämningsskydd för etapp 1 på södra Sanden

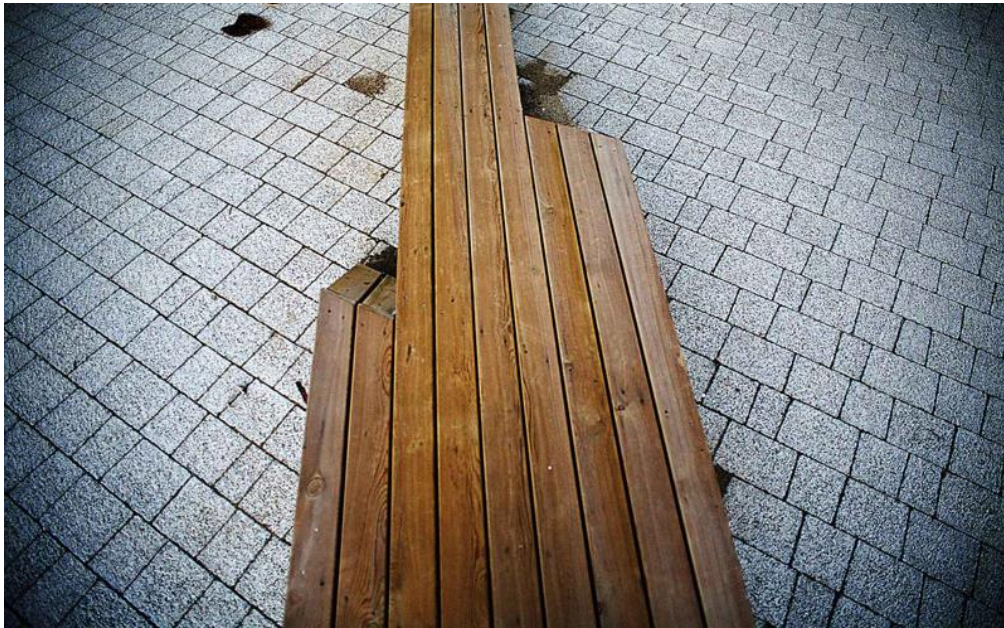
5.1 Referensprojekt



Figur 40. Strandpromenaden i Bo01Malmö har en enkel och väldigt populär trämöbel i två nivåer som sträcker sig längs vattnet (http://www.detail-online.com/inspiration/sites/inspiration_detail_de/uploads/imagesResized/projects/780_1545-10838-downloadansichten-Uferpromenade_in_Malmoe_2.jpg)



Figur 41. Träkonstruktionen kan ges olika vinklar för att upplevas mindre monoton (<http://www.landezine.com/index.php/2011/06/las-negras-waterfront-by-jesus-torres-garcia/>)



Figur 42. Träkonstruktionens bredd kan varieras på olika sätt
(<http://www.landezine.com/index.php/2011/06/las-negras-waterfront-by-jesus-torres-garcia/>)

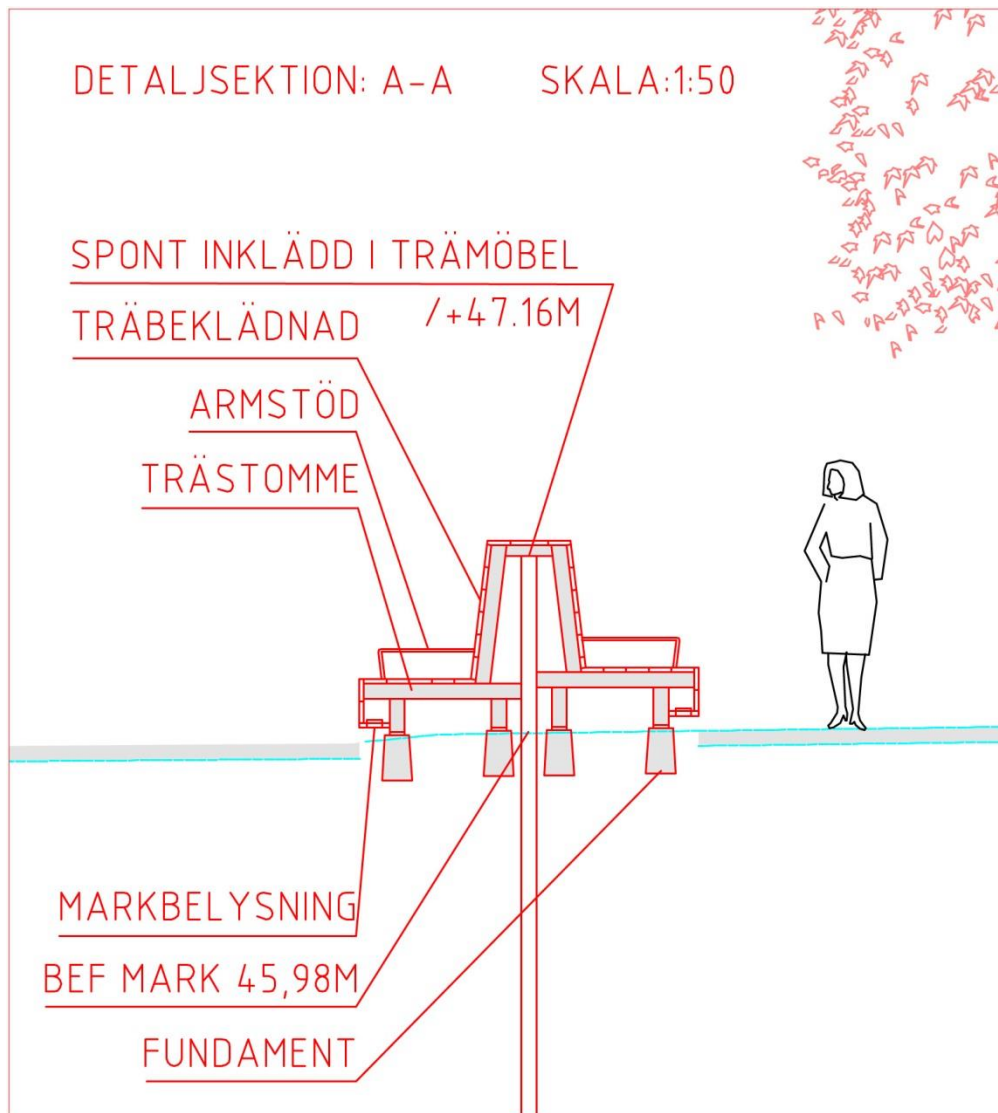


Figur 43. Träkonstruktionen kan på vissa ställen breddas till en plattform med inbyggd belysning. Plattformarna kan även byggas runt större träd
(<http://idmetalco.com/wp-content/uploads/2013/09/HARRIS-ISOLA-seats-2.jpg>)

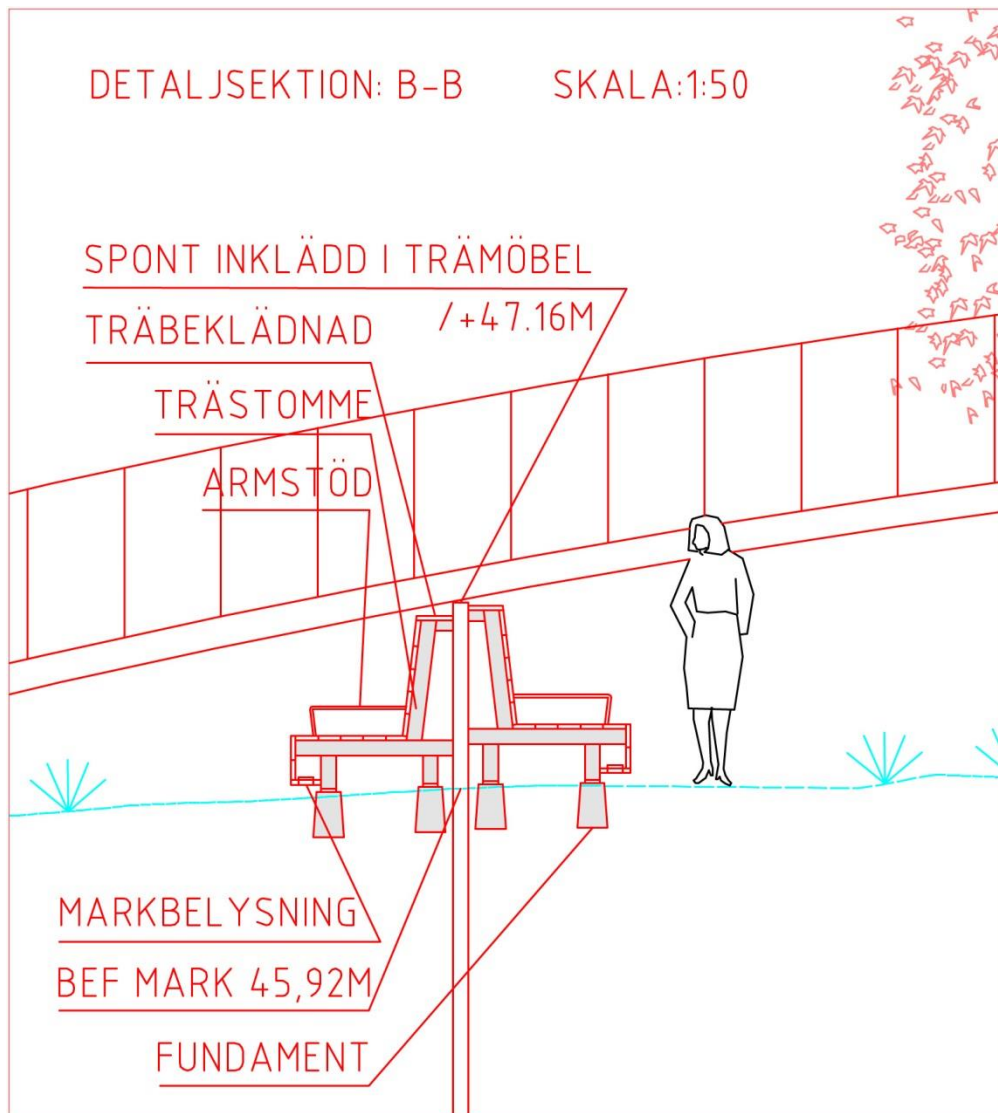
5.2 Detaljsektioner av översvämningsskydd etapp 1

Översvämningsskyddet kommer att behöva anläggas successivt p.g.a. den långa tid det tar för södra Sanden att genomgå omvandling från lätt industri till blandad stad. Detta gör att endast översvämningsskyddet för etapp 1 visas i större detaljering, då detta ligger närmast i tid.

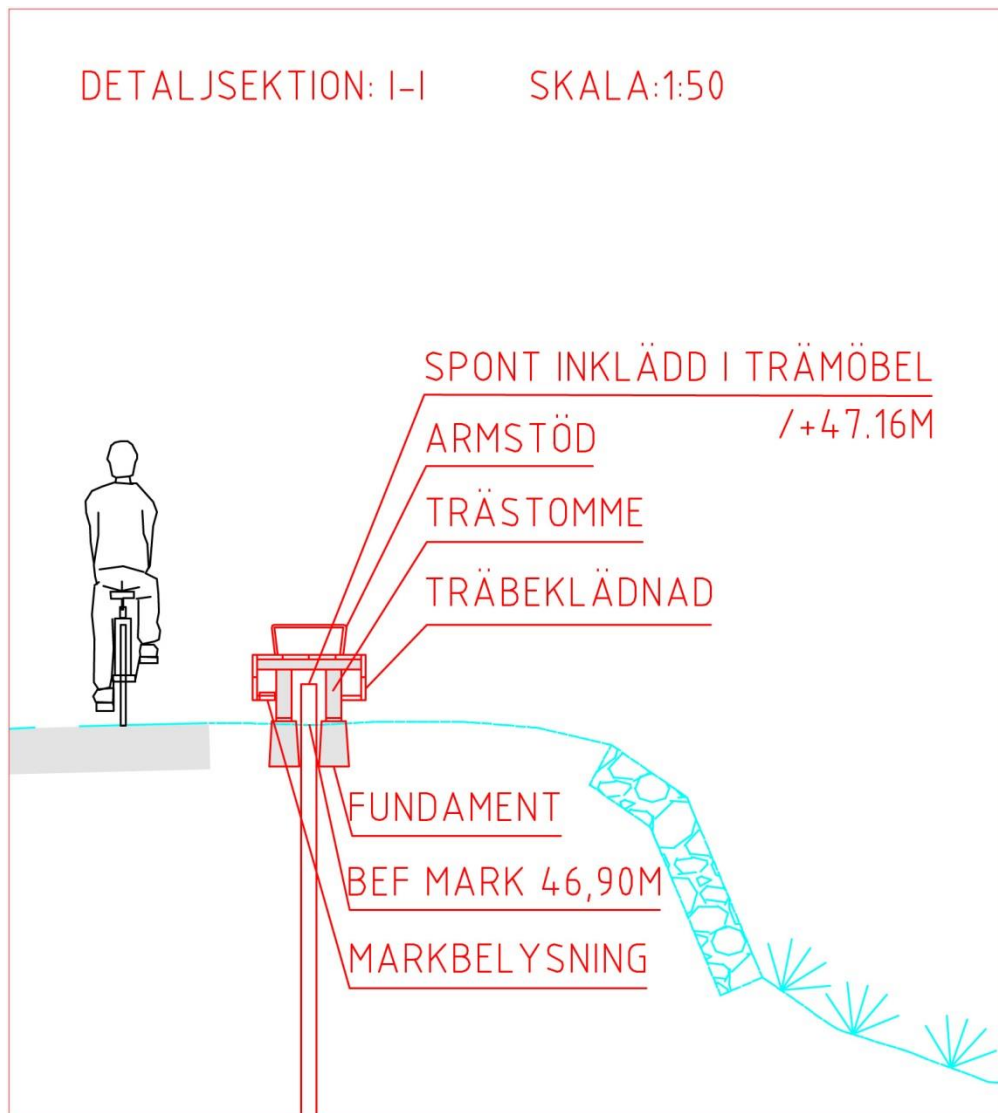
Detaljsektionerna som redovisas nedan visar hur en enkel trämöbel med dubbel sittyta, lutande rygg och armstöd kan byggas för att klä sponten i etapp 1, se Figur 44 och Figur 45. Bänken byggs på fundament vilket gör att beklädnaden av trä börjar en bit upp från marken. Till detta sätts en belysning i underkant för att lysa upp marken kring bänken när det är mörkt. Detta innebär att belysningen på utsidan av översvämningsskyddet behöver vara vattentätt. Hur belysning kan ordnas på detta sätt bör utredas i ett senare projekteringsskede. Rygghöjden på bänken varierar beroende på hur mycket spont det är som behöver kläs. På de sträckor där spontens visning ovan mark är liten anläggs en enkel sittbänk utan ryggstöd, se Figur 46 och Figur 47.



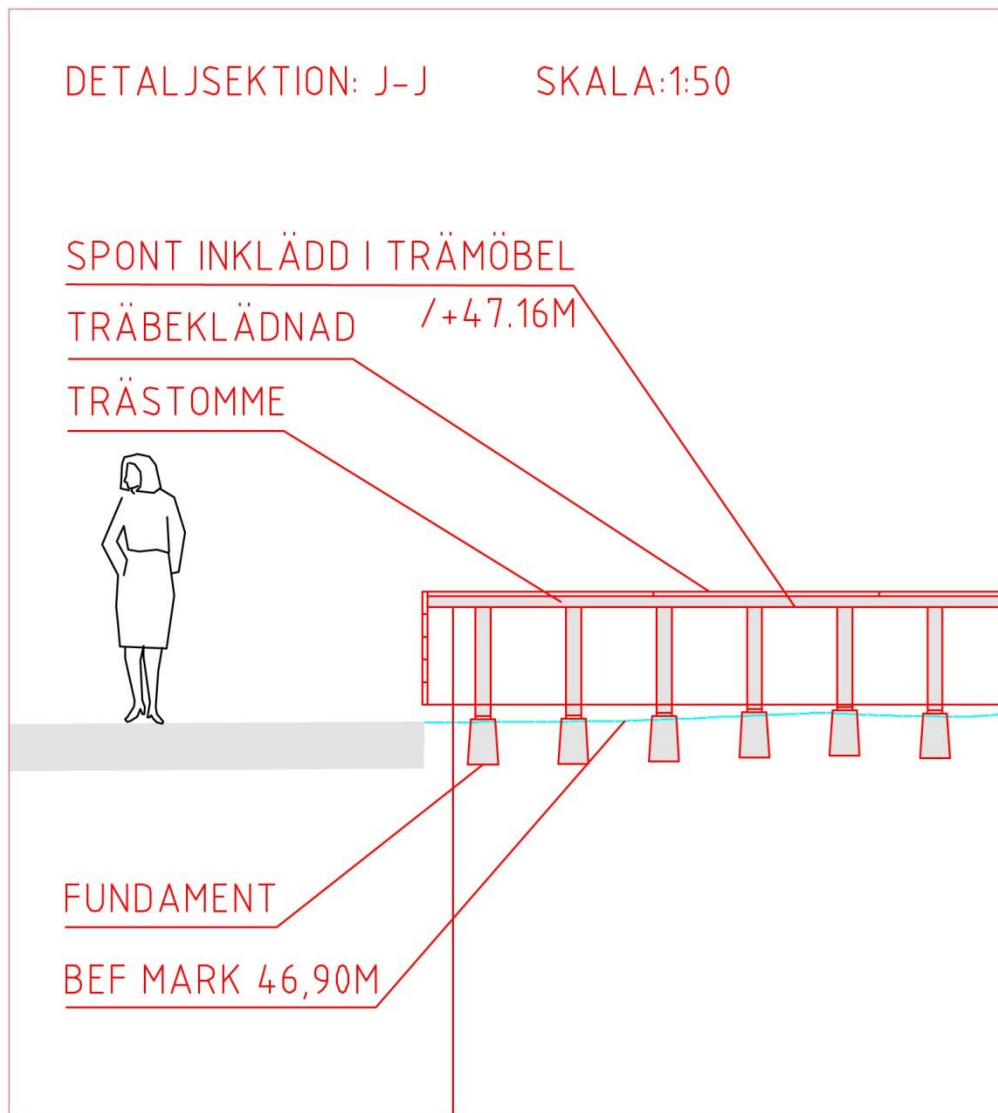
Figur 44. Sektion A-A, detaljutformning, etapp 1



Figur 45. Sektion B-B, detaljutformning, etapp 1



Figur 46. Sektion I-I, detaljutformning, etapp 1



Figur 47. Sektion J-J, detaljutformning, etapp 1

6. Kostnadsberäkning

För att kunna genomföra uppbyggnaden av översvämningsskydd i takt med omvandlingen av Sanden redovisas kostnaderna etappvis nedan och i bilagor. Detta gör att man exempelvis kan exploatera etapp 1 med ny bebyggelse och tillhörande översvämningsskydd först, utan att bygga resterande skydd. I det fallet får den sträcka som inte har permanent skydd skyddas med sandsäckar eller annan temporär lösning för att kringgärda bebyggelsen vid höga vattenstånd, se Figur 23.

I kostnadsbedömningen nedan är trämöbeln indelad i två plan. Detta ger en fingervisning om hur kostnaden att klä sponten med trämöbel kan variera beroende på hur mycket spont som visas ovan mark. Har sponten en liten visning ovan mark behövs endast ett plan, en hög visning ovan mark ger följaktligen två. Kostnaden för de två olika planen är baserad på den mycket uppskattade trämöbeln som finns i Bo01 i Västra Hamnen i Malmö, se Figur 40. Denna är något bredare än vad som är nödvändigt för att bara klä sponten med sittytta och ryggstöd, vilket ger höjd för att platsanpassa och gestalta trämöbeln efter önskemål och situation.

Kostnaden för att anlägga spont i de olika etapperna varierar genom att mängderna (längden spont som ska anläggas) är olika. Priset för anläggandet av spont utgår från marknadens normala prissättning för detta då denna rapport är skriven. I kostnaden för spont förutsätts att beställaren skapar goda förutsättningar för omlastningar så att byggprocessen går smidigt. Det är även mest troligt p.g.a. mängden spont att priset på inkomna anbud hamnar mellan Min och Trolig kostnad, se bilaga 10 Kostnadsberäkning.

Tabell 4. Översikt av kostnader för de olika etapperna.

Kod enl. kalkylbilaga	Beskrivning	Kostnad kr
Block 1	Byggherre	8 000 000
Block 2	Etapp 1	31 972 110
Block 3	Etapp 2	32 695 456
Block 4	Etapp 3	72 481 384
Block 5	Generella osäkerheter	4 130 612
SUMMA		149 279 562

Tabell 5. Kostnad för byggherre

Enl. kalkylbilaga	Alternativ	Kostnad kr
Block 1	Byggherre	
1.1	Byggherrekostnader	8 000 000
SUMMA		8 000 000

Tabell 6. Översikt av kostnader etapp 1

Kod enl. kalkylbilaga	Beskrivning	Kostnad kr
Block 2	Etapp 1	
2.1	Spont (348 m)	31 077 110
2.2	Trämöbel plan 1 (348 m)	261 000
2.3	Trämöbel plan 2 (348 m)	174 000
2.4	Schakt (fördröjningsmagasin 4, 800 m ³)	160 000
2.5	Etablering	200 000
2.6	Avetablering	100 000
SUMMA		31 972 110

Tabell 7. Översikt av kostnader etapp 2

Kod enl. kalkylbilaga	Beskrivning	Kostnad kr
Block 3	Etapp 2	
3.1	Spont (332 m)	26 648 278
3.2	Trämöbel plan 1 (227 m)	170 250
3.3	Trämöbel plan 2 (227 m)	113 500
3.4	Bullerplank (105 m)	2 241 429
3.5	Schakt (fördröjningsmagasin 3, 210 m ³)	42 000
3.6	Etablering	200 000
3.7	Avetablering	100 000
SUMMA		32 695 456

Tabell 8. Översikt av kostnader etapp 3

Kod enl. kalkylbilaga	Beskrivning	Kostnad kr
Block 4	Etapp 3	
4.1	Spont (726 m)	64 833 282
4.2	Trämöbel plan 1 (420 m)	315 000
4.3	Trämöbel plan 2 (420 m)	210 000
4.4	Bullerplank (263 m)	6 065 102
4.5	Schakt (fördröjningsmagasin 1, 2140 m ³)	428 000
4.6	Schakt (fördröjningsmagasin 2, 650 m ³)	130 000
4.7	Etablering	300 000
4.8	Avetablering	200 000
SUMMA		72 481 384

Tabell 9. Översikt av kostnader för generella osäkerheter

Kod enl. kalkylbilaga	Beskrivning	Kostnad kr
Block 5	Generella osäkerheter	
5.1	Brister (funktion och trafik)	3 591 837
5.2	Brister (miljö och kvalitet)	438 776
5.3	Marknaden (entreprenör/leverantör)	100 000
SUMMA		4 130 612

7. Fortsatt arbete

Under kommande arbete med att klimatanpassa södra Sandens nya stadsbebyggelse mot översvämningar och skyfall bör förslagsvis följande arbeten genomföras:

- Utredning av finansiering och tidplan för utbyggnad
- Fortsatta geotekniska/hydrogeologiska utredningar
- Fördjupade undersökningar avseende förorenad mark
- Gestaltungsprogram för översvämningsskydd och blågrön struktur
- Höjdmodell där planerade exploateringar och dess höjder infogas så att ny skyfallsmodell kan göras i samband med planering av exempelvis gators höjdsättning och markens avrinning
- VA-utredningar för omläggningar och eventuella kompletteringar
- Tillstånd och MKB för eventuell vattenverksamhet och detaljplaner
- Vidare utredning av förutsättningar och dimensionering för grönblå struktur som tar hand om skyfall.

8. Referenslista

Eurocode 3, SS-EN_1993-5_2007

Kvalitetsprogram, bilaga till Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron, Vänersborgs kommun, december 2008

PM Geoteknik, Planerad Värmecentral - Vassbotten, VIAK AB, 1990-04-18

Program för detaljplaner för Sanden söder om Dalbobron, Vänersborgs kommun, juli 2015

R-Geo, Detaljplan, Kv. Julen 4 och 5, GEO-gruppen AB, 2002-01-22

Utlåtande, Detaljplan för del av Vassbotten 1:2, GEO-VÄST AB, 1992-10-09

Utlåtande, Stabilitetsförhållanden för hamnområden intill Trafikkanalen, VIAK AB, 1983-01-10

Utlåtande, Stadsplaneändring i Kv. Strömsborg, VIAK AB, 1983-11-07

Översvämningsprogram – Kartläggning av Vänersborgs Kust mot Vänern, Vänersborgs Kommun, 2014-02-21



Vänersborgs kommun