





Grap 12070

# Förstudie - geoteknik, hydrologi, dagvatten och miljöföroreningar

Ulvsunda industriområde, programsamråd

Geosigma AB

Mars 2012

<h1>GEOSIGMA</h1> <h2>SYSTEM FÖR KVALITETSLEDNING</h2>						
Uppdragsledare: <b>Tommy Lundberg</b>	Uppdragsnr: <b>602613</b>	Grap nr: <b>12070</b>	Version: <b>3.0</b>	Antal Sidor: <b>57</b>	Antal Bilagor:	 <b>SS-EN ISO 9001</b> 
Beställare: <b>Stockholms stads exploateringskontor</b>	Beställares referens: <b>Teresia Skönström</b>		Beställares referensnr:			
Titel och eventuell undertitel: <b>Förstudie – geoteknik, hydrologi, dagvatten och miljöföroreningar</b> <b>Ulvsunda industriområde, programsamråd</b>						
Författad av: <b>Melissa Goicoechea-Feldtmann, miljöföroreningar</b> <b>Lars Nilsson, geoteknik</b> <b>Cecilia Sköld, dagvatten</b> <b>Tomas Svensson, hydrologi</b> <b>Tommy Lundberg, övriga frågor</b>				Datum: <b>2012-03-30</b>		
Granskad av: <b>Tommy Lundberg</b>				Datum: <b>2012-03-30</b>		
Godkänd av: <b>Tommy Lundberg</b>				Datum: <b>2012-03-30</b>		
<b>GEOSIGMA AB</b> www.geosigma.se geosigma@geosigma.se Bankgiro: 5331 - 7020 PlusGiro: 417 14 72 - 6 Org.nr: 556412 - 7735		<b>Uppsala</b> Postadress Box 894, 751 08 Uppsala Besöksadress Vattholmavägen 8, Uppsala Tel: 010-482 88 00		<b>Teknik &amp; Innovation</b> Seminariegatan 33 752 28 Uppsala Tel: 010-482 88 00		<b>Göteborg</b> Stora Badhusgatan 18-20 411 21 Göteborg Tel: 010-482 88 00
<b>Stockholm</b> Sankt Eriksgatan 113 113 43 Stockholm Tel: 010-482 88 00						

## Sammanfattning

Den här förstudien ingår i programarbetet för en utveckling av Ulvsunda industriområde med bostäder, service och handelskvarter. I området har det sedan 40-talet funnits verksamheter som kan ha förorenat mark och grundvatten. Syftet med förstudien har varit att belysa de förutsättningar och risker som finns i programområdet avseende geoteknik, hydrologi och miljöföroreningar.

Arbetet har inledningsvis bestått av insamling av befintliga data och arkivstudier. Därefter har övergripande bedömningar gjorts av:

- Geotekniska förhållanden.
- Grundvattenbildning och grundvattenströmning i avrinningsområdet; idag och efter genomförandet av planen.
- Lägsta rekommenderade nivå för bostadsbebyggelse.
- Dagvattenvolymer och föroreningshalter i dagvattnet idag och efter genomförandet av planen.
- Erforderliga ytor för hantering av dagvattnet från programområdet.
- Föroreningskällor och spridningsvägar.
- Bedömning av planens påverkan på miljökvalitetsnormerna för vatten.

Slutligen har en åtgärdslista gjorts för respektive av byggetapperna, enligt nuvarande tidplan. Åtgärderna omfattar bland annat provtagningsprogram för vidare undersökning av miljöföroreningar och de geotekniska förhållandena. I åtgärdslistan anges tids- och kostnadsaspekter för att åtgärderna ska kunna planeras och ges utrymme för i budget.

# Innehåll

Sammanfattning .....	3
1 Utredningens omfattning och avgränsning .....	7
2 Historik och nuläge-planförutsättningar.....	8
2.1 Programområdet .....	8
2.2 Bällstaviken-Ulvsundasjön.....	9
2.3 Miljökvalitetsnormer och statusbedömning .....	10
2.3.1 Provtagningar och tidigare rapporter.....	11
2.4 Åtgärder och mål från Stockholm stad .....	13
2.4.1 Program för Stockholms vattenarbete 2006-2015.....	13
2.4.2 Dagvattenstrategi för Stockholms stad.....	14
3 Geologi och Geoteknik.....	15
3.1 Nulägesbeskrivning .....	15
3.2 Områdesbeskrivning.....	15
3.2.1 Delområde 1 .....	16
3.2.2 Delområde 2 .....	16
3.2.3 Delområde 3 .....	17
3.3 Allmänna rekommendationer .....	18
3.3.1 Geoteknisk undersökning.....	18
3.3.2 Undersökning av kajkonstruktionerna .....	18
3.3.3 Åtgärder i byggskede .....	18
4 Hydrologi och hydrogeologi .....	19
4.1 Områdesbeskrivning.....	19
4.2 Avrinningsområde .....	21
4.3 Grundvattenbildning.....	22
4.4 Grundvatten i berg .....	22
4.5 Hydrauliska egenskaper.....	24
4.5.1 Undre akvifär.....	24
4.5.2 Övre akvifär.....	24
4.6 Gradienter och flöden .....	24
4.6.1 Undre akvifär.....	24
4.6.2 Övre akvifär.....	25
4.7 Planens inverkan på hydrologin .....	26
4.8 Extremsituationer.....	26
4.8.1 Mälarens nivå .....	26

4.8.2	Ytavrinning.....	28
4.9	Rekommenderade lägsta nivåer.....	28
5	Dagvatten .....	29
5.1	Allmänt om risker.....	29
5.2	Nuvarande system.....	29
5.3	Planens inverkan på dagvattenflöden och vattenkvalitet.....	31
5.3.1	Flöden.....	31
5.3.2	Föroreningsbelastning .....	32
5.4	Erforderliga ytor för dagvattenhantering.....	33
5.5	Övriga dagvattenlösningar.....	35
5.6	Allmänna rekommendationer .....	35
5.6.1	Lokala dagvattenlösningar .....	35
5.6.2	Föroreningar .....	35
5.6.3	Extrema nederbördssituationer.....	35
6	Miljöföroreningar .....	36
6.1	Bakgrundsinformation .....	36
6.2	Föroreningssituationen i recipienten Bällstaviken .....	37
6.3	Spridning av föroreningar via grundvattnet.....	38
6.3.1	Föroreningsspridning vid normalsituationen .....	38
6.3.2	Spridningsvägar i området .....	38
6.3.3	Föroreningsspridning vid översvämning.....	39
6.3.4	Påverkan på miljökvalitetsnormerna för vatten .....	41
6.4	Bedömningsgrunder för belastningen på Bällstaviken.....	41
6.5	Rekommendationer.....	43
6.5.1	Översiktlig provtagningsplan .....	43
6.5.2	Miljötekniska undersökningar vid potentiella föroreningskällor .....	44
6.5.3	Platsspecifik riskbedömning .....	45
6.5.4	Sanering/Riskreducerande åtgärder.....	45
6.5.5	Iakttagande av miljökvalitetsnormerna för vatten.....	46
7	Anmälningar och tillstånd .....	47
8	Slutsatser och rekommendationer .....	48
8.1	Samlad risk- och konsekvensanalys .....	48
8.1.1	Geotekniska förhållanden och kajkonstruktionernas stabilitet.....	48
8.1.2	Övervakning av grundvattennivåer .....	48
8.1.3	Miljöteknisk utredning .....	48

8.1.4	Ökad föroreningsspridning på grund av ökad infiltration .....	49
8.1.5	Påverkan på miljökvalitetsnormerna för vatten .....	49
8.1.6	Ytavrinning vid extrema händelser .....	49
8.1.7	Rekommenderad lägsta golvnivå .....	49
8.2	Åtgärder för de olika områdena .....	50
8.2.1	Område 1: Masugnen 5 och 7 .....	51
8.2.2	Område 2: Masugnen 1 .....	51
8.2.3	Område 3: Archimedes 1 och 2 .....	52
8.2.4	Område 4: Vallonsmidet .....	52
8.2.5	Område 5: Gjutmästaren och Valsverket .....	52
8.2.6	Område 6: Handelskvarter .....	52
8.3	Kostnader och tidplan .....	53
8.3.1	Generella åtgärder som omfattar hela programområdet .....	53
8.3.2	Kostnads kalkyl för miljöteknisk utredning .....	55
8.3.3	Kostnads kalkyl för detaljerad geoteknisk utredning- Masugnen 5 och 7 .....	56
9	Referenser .....	57

# 1 Utredningens omfattning och avgränsning

Geosigma har fått i uppdrag av exploateringskontoret i Stockholms stad att utarbeta ett underlag inför ett kommande programsamråd för Ulvsunda industriområde. Utredningen syftar till att belysa de problem, möjligheter, osäkerheter och risker som finns med en omdaning av Ulvsunda industriområde till en stadsdel med bostäder, service och verksamheter. Arbetet utförs utifrån befintligt underlag varför datainsamling och arkivstudier är viktiga inledande inslag i arbetet. Ett antal viktiga frågor att belysa i en förstudie har lyfts fram i de inledande diskussionerna:

- Miljökvalitetsnormer för ytvatten och vattenkvalitet
- Dagvatten
- Hydrologi och hydrogeologi inkl. översvämningsrisker
- Miljöföroreningar
- Geologi och geoteknik
- Anmälningar och tillstånd
- Samlad risk- och konsekvensanalys
- Behov av ytterligare utredningar och undersökningar
- Kostnader och tidsaspekter för de föreslagna åtgärderna.

## 2 Historik och nuläge-planförutsättningar

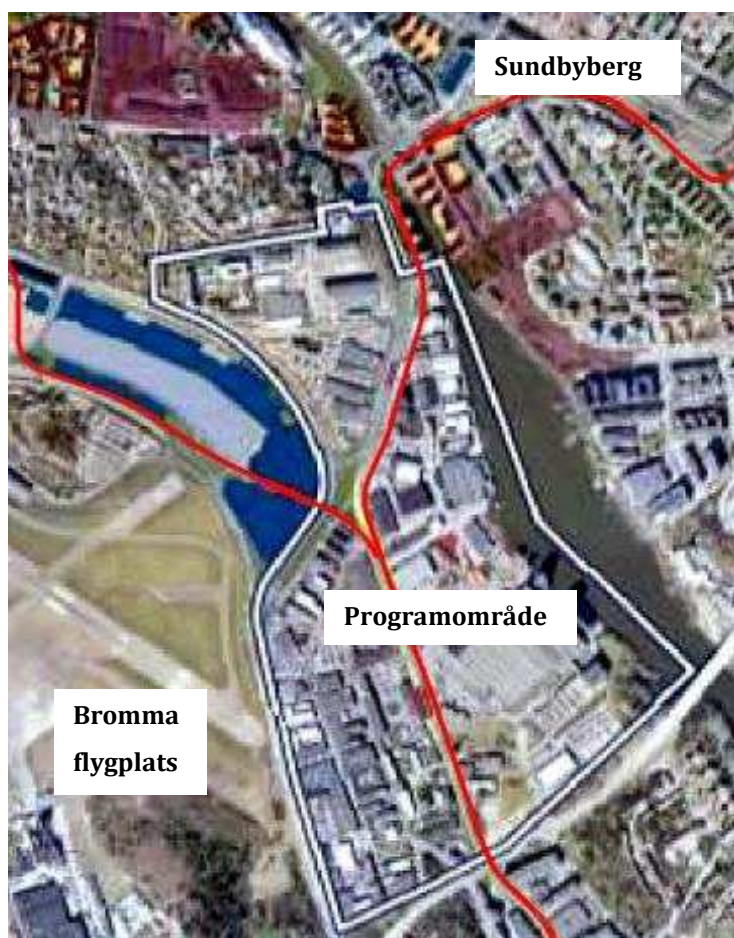
### 2.1 Programområdet

Utvecklingen av Ulvsunda industriområde syftar till att integrera området i ett större sammanhang. Programområdet är ca cirka 82 ha stort och ligger mellan Bromma flygplats och Bromma Blocks i väster och Bällstaviken på östra sidan.

Tvärbanans norra sträckning från Alvik mot Solna går igenom programområdet på befintliga industrispår och vidare mot Solna och enligt planer ska det byggas ut mot Kista. Från kvarteren Masugnen planeras även en gång- och cykelbro över till Solnasidan.

Ulvsunda industriområde omsluts av Ulvsundaleden och består idag av nästintill enbart hårdgjorda ytor med industriverksamhet, småföretag, handelskluster och kontorsfastigheter i varierande storlek. Den industriella verksamheten har sedan 1940-talet belastat marken och troligtvis Bällstaviken och Mälaren med diverse föroreningar. Föroreningssituationen och spridningsriskerna kan liknas vid föroreningssituationen i Hammarby sjöstad.

Med sitt läge nära flygplatsen har området restriktioner för bostadsbebyggelse på grund av bullernivåerna. Var gränsen för byggrestriktionerna kommer att gå är idag inte fastställt. Etablering av bostäder kommer i första hand därför att ske på fastigheter i de nordöstra delarna. I Figur 15 redovisas dagens tidplan för de olika planetapperna.

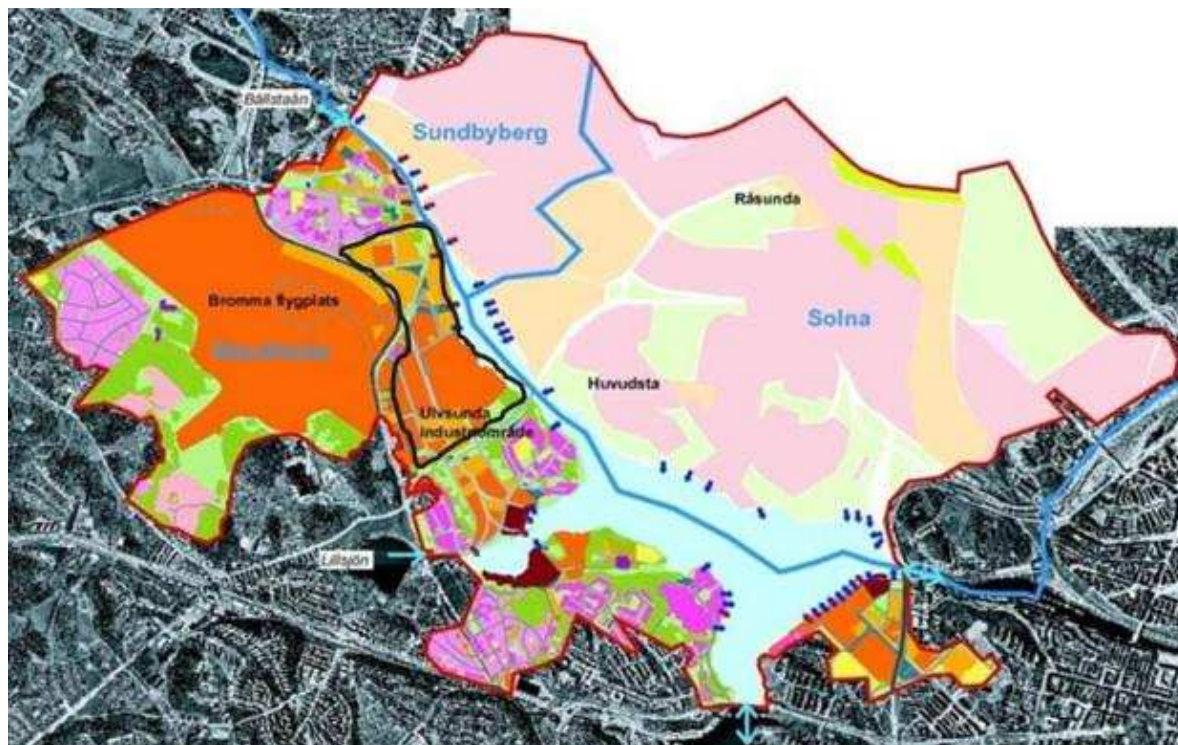


**Figur 1. Programområdet i Ulvsunda industriområde (vit linje) som genomkorsas av tvärbanan (röd linje).**



## 2.2 Bällstaviken-Ulvsundasjön

Programområdet sträcker sig utmed den västra sidan av Bällstaviken-Ulvsundasjön vars tillrinningsområde utgörs av ytor inom Stockholm, Solna och Sundbyberg. I höjd med programområdets norra del mynnar Bällstaån, vilket är Bällstavikens största tillflöde. Om man inkluderar Bällstaåns avrinningsområde, har Bällstaviken-Ulvsundasjön Stockholms största tillrinningsområde. Den totala ytan är ca 51 km<sup>2</sup> varav 36 km<sup>2</sup> avrinner via Bällstaån. Andra tillflöden är Lillsjön sydväst om programområdet som avrinner mot Ulvsundasjön via Margaretelundsviken samt Karlbergskanalen som mynnar i öst.

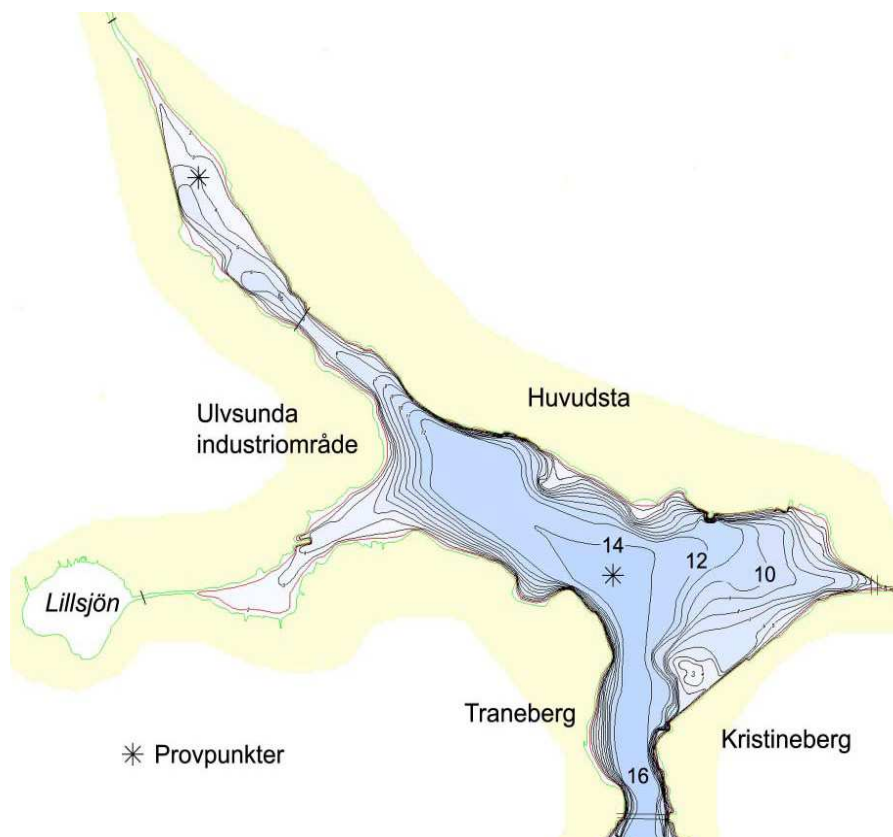


Figur 2. Bällstaviken och Ulvsundasjöns avrinningsområde, med programområdet markerat.

Tillrinningsområdet till Bällstaviken-Ulvsundasjön består till stor del av hårdgjorda ytor där markanvändningen utgörs av bostadsområden, centrumbebyggelse och industriområden. På sin väg från Järfälla, genom Sundbyberg och Stockholm, tar Bällstaån emot stora mängder dagvatten, vilket avspeglar sig i åns vattenkvalitet. Bällstaån beräknas stå för merparten av näringsbelastningen på Bällstaviken och vara källan till många av de miljögifter som har hittats i Bällstaviken-Ulvsundasjöns sediment.

Bällstaviken-Ulvsundasjöns totala volym är 11 Mm<sup>3</sup> med ett medeldjup på 7,4 meter (Miljöbarometern). Vattenomsättningen i viken är svårbedömd på grund av vattenutbytet med Mälaren, men har uppskattats till ca 18 dygn (SLU 2011). Bottenvattnet står i fri förbindelse med den öppna Mälaren genom Tranebergssundet.

Tidigare släpptes renat avloppsvatten ut i Mälaren och mellan 1985-1989 släpptes det ut i Ulvsundasjön medan sjöledningen till Saltsjön byggdes. Den inre delen av Bällstaviken grävuddrades 1988-89.



Figur 3. Djupdata i Bällstaviken-Ulvsundasjön.

## 2.3 Miljökvalitetsnormer och statusbedömning

Vattenmyndigheten för Norra Östersjön fastställde år 2009 miljökvalitetsnormer för ett antal vattenförekomster i norra Östersjöns avrinningsområde. På grund av sin storlek är Mälaren indelad i flera vattenförekomster varav Bällstaviken ingår i vattenförekomsten Mälaren-Stockholm (Figur 4).

Enligt länsstyrelsens bedömning från 2009 har Mälaren-Stockholm god ekologisk status men för höga halter av tributyltenn-föreningar för att uppnå god kemisk status. Det generella kravet från vattenmyndigheten är att god ekologisk och god kemisk status ska vara uppnådd till 2015.

På grund av svårigheter med att åtgärda förekomsten av tributyltennföreningar har vattenmyndigheten medgett en tidsfrist att god kemisk status för Mälaren-Stockholm ska vara uppnådd först 2021. I bedömningen av vattenförekomsten finns det även en uttalad risk för att vattenförekomsten inte kommer uppnå god ekologisk status 2015 på grund av en alltför hög fosforbelastning<sup>1</sup>.

Vid planläggning ska enligt PBL miljökvalitetsnormer iakttas. Detta innebär med avseende på ytvattnet att inga halter av de ämnen som ingår i kemisk status (Vattendirektivets Bilaga X över prioriterade ämnen) får överskridas samt att parametrar i den ekologiska statusen såsom fosforhalt, siktdjup, biologi inte får försämrats i och med planens genomförande.

<sup>1</sup> [www.viss.lansstyrelsen.se](http://www.viss.lansstyrelsen.se) (Mälaren-Stockholm), online [2011-11-18]



Figur 4. Vattenförekomsten där Ballstaviken-Ulvsundasjön ingår, programområdet uppe till höger är markerat i rött.

### 2.3.1 Provtagningar och tidigare rapporter

Ballstaviken provtas sju gånger om året i regi av Stockholm Vatten som en del av Mälarens miljöövervakningsprogram. Proverna tas på 0 och 4 meters djup och analyseras avseende Tot-P, PO<sub>4</sub>-P, Tot-N, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>+3-N, Kisel, Syre, Temperatur, Konduktivitet, E-coli, Siktdjup, Klorofyll a och Växtplankton<sup>2</sup>. Dessutom har Stockholms miljökontor inom ramen för stadens miljöövervakning utfört sedimentprovtagningar i Mälaren och en kartläggning av bottenfauna finns från Stockholm Vatten.

#### Näringsämnen

Provtagningarna i Mälarens miljöövervakningsprogram visar på övergödningssproblem genom förhöjda halter av fosfor. Ballstaviken har tidvis syrefattiga bottenförhållanden vilket även ger en intern fosforbelastning.

1986-89 när Bromma reningsverk ledde renat avloppsvatten till Margretelundsviken var kvävehalterna uppe på mycket höga nivåer (över 6 mg/l i Ballstaviken). Efter omledningen till Saltsjön minskade de oorganiska kvävehalterna drastiskt i Mälaren. Höga fosforhalter i Ballstaviken har tidvis bidragit till brist på oorganiskt kväve och kvävebegränsande förhållanden, vilket annars är ovanligt i sötvattenssjöar. Ett annat tecken på hög fosforbelastning i Ballstaviken är att det här har uppmätts fosfatfosfor medan det på övriga provtagningsplatser i östra Mälaren är uttömt under sommarmånaderna. Den goda tillgången på näringsämnen har även lett till låga kiselhalter under vårbloomingen (Stockholm Vatten 2010).

<sup>2</sup> Undersökningar i Östra Mälaren till och med 2009 (C. Lännergren, Stockholm Vatten 2010)



### *Klorofyll*

Generellt har östra Mälaren höga klorofyllhalter under sommarmånaderna. I en väl skiktad sjö orsakas detta av yttre tillförsel av näringsämnen, eftersom temperatursprångskiktet annars gör att transport av näringsämnen mellan yt- och bottenvatten sker. Klorofyllhalterna i Mälaren har också minskat sedan det att utsläppen från Bromma reningsverk upphörde. Bällstaviken har tillsammans med Klara sjö visat de högsta klorofyllhalterna i östra Mälaren. Ulvsunda har också högre klorofyllhalter än provtagningspunkter i mer öppna vatten.

### *Skiktning*

Bällstaviken är endast svagt skiktad och syresättningen bra i hela vattenmassan. I Ulvsundasjön är temperaturskiktningen mycket svag under tidig vår, men under högsommaren bildas ett språngskikt på ca 10-12 meters djup som normalt upphör i mitten av september. När syrehalterna minskar i bottenvattnet under sommaren ökar även fosforhalten. Fosfatfosforhalterna i ytvattenet är som störst i oktober då temperaturskiktet bryts och bottenvattnet omblandas med ytvattenskiktet.

### *Siktdjup*

Siktdjupet påverkas av mängden planktonalger, suspenderade partiklar och färg. Siktdjupet ökade vid överföring av avloppsvattnet till Saltsjön från Mälaren. Vid de stora flödena kring 2000 minskade återigen siktdjupet men återhämtade sig. På senare tid har en ytterligare ökning av näringsämnen setts i Ulvsundasjön och siktdjupet har minskat i både Bällstaviken och Ulvsundasjön. I Bällstaviken är siktdjupet knappt två meter medan det i Ulvsundasjön är ca 3 meter.

### *Syre*

Bällstaviken har stora variationer i syremättnaden, från övermättnad under vår och sommar till undermättade förhållanden vinter och höst. De båda extremerna kan indikera påverkan av föroreningar och tillförsel av näringsämnen. Den höga syremättnaden beror på stor tillväxt av syreproducerande växtplankton medan de låga syreförhållandena inträffar vid syretärande nedbrytningsprocesser. Syrehalterna sjunker i bottenvattnet från april/maj till juli/augusti.

### *Bottenfauna och djur*

Bällstaviken/Ulvsundasjön har ett ordinärt djurliv jämfört med det som råder i övriga vattenområden i Stockholm. En inventering av bottenfaunan i bland annat Ulvsunda sjön visar att fjädermygglarver och fåborstmaskar dominerar artsammansättningen (Stehn och Dromberg, 2000). Sedimentens beskaffenhet och syresättning i sediment och vatten anses i utredningen ha större inverkan på den rådande bottenfaunan än halter av metaller och organisk miljögifter. Danskt fauna index visar dock att artsammansättningen av tolerant bottenfauna tyder på att Ulvsunda sjö har en påverkan av organiska föroreningar och hög näringsbelastning.

I miljöförvaltningens miljöövervakning av ytvatten i Stockholm från 2009 (WSP, 2010) påträffades PCB, PBDE och PFOS i betydligt högre halter än tidigare uppmäts i nationella och regionala bakgrundslokaler. Det visar att abborrens exponering för dessa föroreningar är starkt förhöjd i Mälaren, vilket kan bero på pågående utsläpp eller spridning från historiska föroreningar i sediment och omgivande mark. Ämnena ackumuleras i djur och är mycket svårnedbrytbara och dessutom giftiga. Provfiske 2006 visade kvicksilverhalter på 101 µg/kg i abborre och 83 µg/kg i mört.

## 2.4 Åtgärder och mål från Stockholm stad

### 2.4.1 Program för Stockholms vattenarbete 2006-2015

Stockholms vattenprogram innehåller mål och åtgärder för stadens vattenområden, med det övergripande syftet att uppnå målen i vattendirektivet. Tabell 1 visar de mål och åtgärder som finns för vattenområdet Bällstaviken-Ulvsunda. Många av punkterna har stark anknytning till de ämnesområden som den här förstudien tar upp; hydrologi, rening av dagvatten och miljöföroreningar.

**Tabell 1. Åtgärdsförslag för Bällstaviken-Ulvsundasjön (Program för Stockholms vattenarbete 2006-2015).**

	MÅL	ÅTGÄRDSFÖRSLAG
Vattenkvalitet	Minska fosforhalt, ≤ måttligt höga halter*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utveckla samarbete med grannkommuner.</li> <li>• Åtgärder uppströms i Bällstaån.</li> </ul>
Sediment	Minskade föroreningshalter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se åtgärder för dagvatten.</li> <li>• Sanering av förorenade områden.</li> <li>• Källidentifiera med materialflödesanalys.</li> </ul>
Grundvatten	Grundvattenkvaliteten ska inte försämrast.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se åtgärder för dagvatten.</li> <li>• Identifiera föroreningskällor.</li> <li>• Utredda eventuellt läckage i ledningsnätet.</li> </ul>
Dagvatten	Minska föroreningsbelastningen från: <ul style="list-style-type: none"> <li>• miljöfarlig verksamhet</li> <li>• förorenad mark</li> <li>• trafik</li> <li>• bebyggelse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Krav på åtgärder för minskat läckage från förorenad mark.</li> <li>• Dagvattenstrategin ska beaktas vid ny-/ombebyggelse.</li> <li>• Tillsyn – skyddsåtgärder/rening av dagvatten från miljöfarliga verksamheter.</li> </ul>
Ekologi/ Naturmiljö	Bibehålla och utveckla naturvärdena.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rening av dagvatten från Ulvsundavägen/Bällstavägen.</li> <li>• Utöka grönytor när industrimark tas bort.</li> <li>• Se åtgärder för vattenkvalitet, sediment samt dagvatten.</li> </ul>

## 2.4.2 Dagvattenstrategi för Stockholms stad

Planeringen av dagvattenhanteringen sker i samarbete mellan Stockholm Vatten AB och Stockholms stads berörda förvaltningar. I oktober 2002 antog kommunfullmäktige i Stockholm en Dagvattenstrategi som tagits fram i samarbete mellan Stockholm vatten AB och Stockholm stads Miljöförvaltning, Gatu- och fastighetskontor och Stadsbyggnadskontor. Den övergripande målsättningen i dagvattenstrategin är att:

*”Dagvattensystemet ska avleda dagvatten från staden på ett säkert, miljöanpassat sätt så att invånarnas säkerhet, hälsa och ekonomiska intressen inte hotas”.*

Föroreningar i dagvatten ska i första hand angripas vid källan, genom att exempelvis ställa krav på att obehandlad koppar och obehandlad zink inte får användas som utvändigt byggnadsmaterial. Förorenat dagvatten ska renas lokalt och om det inte går, ledas till reningsverken för att renas där.

Dagvatten har klassificerats utifrån om det innehåller låga, måttliga eller höga halter av näringsämnen, metaller och olja<sup>3</sup>. För dagvatten med höga eller måttliga halter ska reningsåtgärder vidtas.

Reningskravet på dagvatten ska därefter utgå ifrån vad den aktuella recipienten tål. Recipienterna har liksom dagvattnet klassificerats i tre grupper utifrån deras känslighet för organiska föroreningar, tungmetaller, närsalter och förändringar i vattenomsättningen. Bällstaviken-Ulvsundasjön är klassad i den mellersta kategorin - *känslig för mänsklig påverkan*.

Dagvattenstrategin slår fast att det är mer kostnadseffektivt att åtgärda dagvatten vid ny- eller ombyggnad av ett område än i befintliga områden. För nybebyggelse och större omdaningar är prioriteringsordningen för dagvattenåtgärder följande:

1. Infiltration och fördröjning.
2. Avledning till recipient av dagvatten som ej behöver renas.
3. Rening lokalt och/eller i reningsverk av det dagvatten som behöver renas.

Ansvar för att avleda och rena dagvatten från stadens ägda eller förvaltade mark, vilar på Stockholm Vatten AB. De ansvarar även för stadens dagvattenanläggningar såsom brunnar, ledningar, dagvattendammar, diken och våtmarker som har en teknisk funktion för fördröjning eller rening av dagvattnet.

---

<sup>3</sup> Stockholm stad, 2001. Klassificering av dagvatten och recipienter samt riktlinjer för reningskrav – del 2, Dagvattenklassificering.

## 3 Geologi och Geoteknik

### 3.1 Nulägesbeskrivning

Området invid Bällstaviken har en mycket varierande geologi. Berget är mycket uppsprucket och partier med berg i dagen eller morän varvas med partier med stora mäktigheter lera (över 20 m). Större delen av området har fyllts upp med varierande mäktigheter för att åstadkomma dagens marknivåer. Dessa uppfyllningar har lokalt gett upphov till betydande marksättningar och det kan misstänkas att dessa till viss del pågår ännu idag. Nedan beskrivs områdets geologi mer ingående. Vissa osäkerheter avseende jorddjup finns, då arkivmaterialet delvis är gammalt och ibland svårtydligt. Ombyggnationer kan även ha skett inom området med justeringar av marknivåer m.m.

### 3.2 Områdesbeskrivning

Området har delats upp i 3 delområden, utifrån underlag från Exploateringskontoret, se Figur 5, vilket i huvudsak sammanfaller med de tekniska avrinningsområdena.



Figur 5. Områdesindelning.



### 3.2.1 Delområde 1

Delområdet sträcker sig från Smältvägen i norr till Norrbyvägen/Huvudstaleden i söder och angränsar i öster till Bällstaviken och i väster till det gamla spårområdet. Spårområdet sammanfaller med den planerade tvärbanan.

#### Topografi

I den norra delen av delområdet ligger marknivån huvudsakligen kring +2 invid Bällstaviken i öster och kring +5 i väster. Marknivåerna stiger söderut, för att uppgå till som mest ca +20 i den sydöstra delen av delområdet. I sydväst uppgår marknivån till mellan ca +8 - +10.

#### Geoteknik

Berg i dagen förekommer som en sträng i nordväst-sydostlig riktning genom delområdet. I angränsning till berg består jordlagren av finkornig kompakt morän. Fyllning förekommer generellt inom området med mäktigheter om ca 0,5 – 2 m. I anslutning till kajkonstruktionen invid Bällstaviken förekommer lokalt fyllningsmäktigheter om upp till 5 m. I de östra delarna, invid Bällstaviken, förekommer organisk jord (dy) i ett upp till flera meter mäktigt skikt. I höjd med Gjuterivägen har en stödfyllning nedpressats till förmodat fast botten, troligen under 1940-talet. Fyllningens mäktighet i stödbanken uppgår som mest till ca 14 m.

I delområdets nordöstra delar består jordlagren i huvudsak av lera med varierande mäktighet. I anslutning till fastmarkspartiet är lerdjupen små, men ökar åt nordost, för att i anslutning till Bällstaviken, längst upp i delområdets nordöstra del, uppgå till över 20 m. Väster om fastmarkspartiet, ökar lerdjupen åt väster, och bedöms som mest uppgå till ca 10-12 m. Områdets sydöstra del består av berg i dagen med angränsande lager av finkornig kompakt bottenmorän. I övrigt består de södra delarna i huvudsak av 1-4 meter tjocka lerlager som överlagrar tunna moränlager på berg. I den sydvästra delen av delområdet finner man också sporadiska förekomster av berg i dagen med angränsande lager av finkornig kompakt morän.

#### Stabilitet

Stabiliteten är till stor del beroende av befintliga kajkonstruktioners status, varför dessa bör statusbestämmas för att säkerställa avsedd funktion. Enligt uppgifter i arkivmaterial är kajerna träpålade. En detaljerad geoteknisk undersökning bör utföras i anslutning till Bällstaviken.

### 3.2.2 Delområde 2

Delområde 2 sträcker sig från Gårdsfogdevägen i norr till Smältvägen i söder. I öster angränsar området till Bällstaviken och i väster till Ulvsundavägen. Området genomskärs diagonalt av den planerade tvärbanan.

#### Topografi

Området är överlag låglänt, marknivån varierar mellan ca +2 m.ö.h. och +3 m.ö.h.

#### Geoteknik

Delområdets jordlager består i huvudsak av 0,5 – 3 m fyllning på lera. Fyllningsmäktigheten kan lokalt uppgå till mer än 5 meter i anslutning till kajkonstruktionerna invid Bällstaviken. I de östra delarna, invid Bällstaviken, förekommer organisk jord (dy) i ett upp till flera meter mäktigt skikt. Lerans mäktighet varierar kraftigt inom delområdet. Generellt kan sägas att lerdjupen är som störst i den östra delen av området, invid Bällstaviken, där lerdjupet bedöms uppgå till mellan ca 15 och 20 meter. Centralt i området, invid Karlsbodavägen i höjd med kvarteret Tackjärnet, förekommer fyllning direkt på morän, och ett parti med lerdjup om upp till ca 5 meter sträcker sig ut åt nord-nordväst/syd-sydväst från detta fastmarksparti. Väster om detta fastmarksparti ökar lerdjupen igen, och bedöms uppgå till mellan ca 10 och 15 meter i anslutning till Ulvsundavägen. Leran är, enligt äldre undersökningar, lös med en



skjuvhållfasthet på som lägst ca 10 kPa. Lerlagren vilar på finkornig kompakt bottenmorän ovan berg.

#### Stabilitet

Delområdets stabilitet har översiktligt undersökts i samband med Räddningsverkets stabilitetsundersökning i Stockholm år 1999. I denna undersökning beräknades stabiliteten översiktligt i två sektioner inom aktuellt område. I en sektion i den norra delen av delområde 2 bedömdes stabiliteten översiktligt vara tillfredsställande ( $F_c > 2,0$ ) medan stabiliteten i en beräknad sektion i den södra delen av delområdet ej kan anses vara tillfredsställande ( $F_c = 1,4$  respektive  $F_{c\phi} = 1,2$ ). Stabiliteten är till stor del beroende av befintliga kajkonstruktioners status, varför dessa bör statusbestämmas för att säkerställa avsedd funktion. Enligt uppgifter i arkivmaterial är kajerna träpålade.

En detaljerad geoteknisk undersökning bör utföras inom delområdet.

### 3.2.3 Delområde 3

Delområde 3 sträcker sig från Gårdsfogdevägen i söder till Adolfsbergsvägen i norr, i öster angränsar delområdet till Bällstaviken och i väster till Archimedesvägen.

#### Topografi

Området består av ett fastmarksparti med berg i eller nära dagen som åt väster, söder och öster omgärdas av partier bestående av lera på morän. Fastmarkspartiet är utsträckt i ungefär nord-sydlig riktning. Områdets markyta sluttar väster om fastmarkspartiet huvudsakligen åt söder, ner mot Gårdsfogdevägen, som ligger på nivån ca +4. Norra delen av området väster om fastmarkspartiet ligger på nivån ca +13. Öster om höjdpartiet stupar markytan brant åt öster, ner mot ett låglänt lerområde invid Bällstaviken. Marknivån uppgår för detta område till ca +2 närmast Bällstaviken. Fastmarkspartiet har inom området en högsta höjd på ca +14 m.ö.h.

#### Geoteknik

Området består, som tidigare nämnts, av ett fastmarksparti med berg i eller nära dagen som åt väster, söder och öster omgärdas av partier bestående av lera på morän. Jordlagren består i den sydvästra delen av området av ca 1,5 m fyllning på upp till 10 m lera på morän. I den nordvästra delen av området ligger ca 0,5 m fyllning direkt på friktionsjord (morän). Centralt i området återfinns ett fastmarksparti som sträcker sig i nord-sydlig riktning. Fastmarkspartiet består av berg i dagen och i anslutning till berg i dagen finns fast lagrad morän. I delområdets östra del, nedanför höjdpartiets brant, finns ett låglänt lerområde. Lerdjupen bedöms uppgå till uppmot ca 15 m längst i öster, invid Bällstaviken. Leran överlagrar tunna moränlager som vilar på berg. Ovan leran finns fyllning med varierande mäktighet, oftast någon meter men det förekommer fyllning ner till ca 5 m, troligen beroende på tidigare skred i samband med stora sandupplag på platsen.

#### Stabilitet

En detaljerad geoteknisk utredning bör utföras i anslutning till Bällstaviken.

### 3.3 Allmänna rekommendationer

#### 3.3.1 Geoteknisk undersökning

Mot bakgrund av de problem som uppkommit i Hammarby Sjöstad, med avseende på sättningarna i Båtbyggargatan m fl. och områdenas likartade historia, rekommenderas att ett kontrollprogram för att mäta pågående sättningar startas redan nu och fortsätter under ett antal år. Detta för att erhålla en uppfattning om huruvida sättningar pågår idag, inom vilka delar av området dessa i så fall pågår, storleksordning samt förlopp.

Det rekommenderas att en detaljerad geoteknisk undersökning utförs inom området, där jordlagerföljd, jorddjup, hållfasthets- och deformationsegenskaper bestäms i ett antal sektioner inom området. I den detaljerade undersökningen skall ingå inmätning av markyta och lodning av sjöbotten för att erhålla god indata för stabilitetsberäkningar. Grundvattenrör och porttryckspetsar bör installeras i varje sektion för erhållande av befintliga grundvatten- och porttrycksnivåer. Den detaljerade geotekniska undersökningen bör innefatta undersökning av den befintliga stödfyllningen i anslutning till Gjuterivägen, för att fastställa om denna nått fast botten eller ej.

#### 3.3.2 Undersökning av kajkonstruktionerna

En statusbedömning av befintliga kajkonstruktioner, inklusive dykinspektion, bör utföras för att säkerställa kajernas funktion och säkerhet. Enligt uppgift i arkivmaterial har dessa utförts med träpälars, vilkas funktion kan ha påverkats under årens lopp.

#### 3.3.3 Åtgärder i byggskede

Utifrån ett översiktligt geotekniskt perspektiv bedöms området i stora delar vara känsligt för tillkommande laster, både vad gäller sättningar och stabilitet. För att undvika problem med sättningar rekommenderas att byggnader, vägar och ledningar pålas där undergrunden består av mäktiga lager lera. Vid mindre lerdjup kan utskiftning vara ett alternativ. Pålning och urskiftning innebär att laster förs ner till fastare jordlager och medför även att områdets stabilitet ej påverkas negativt. Lättfyllning kan vara ett gångbart alternativ för gator, men behöver utredas ytterligare för att säkerställa att konstruktionerna blir sättningsfria och att en tillfredsställande säkerhet mot upplyftning kan åstadkommas med hänsyn till områdets grundvattennivåer. Särskild hänsyn behöver tas till att det invid Bällstaviken förekommer mäktiga skikt med organisk jord (dy). Dessa jordlager kan orsaka gasbildning vilket planerade byggnader måste anpassas för.

Behovet av åtgärder kan eventuellt minskas på fler ställen än ovan nämnda, då den geotekniska utredningen fördjupas och nyare geotekniskt material inarbetas samt kompletteras med nya undersökningar i fält och laboratorium.

## 4 Hydrologi och hydrogeologi

### 4.1 Områdesbeskrivning

Områdets hydrogeologiska egenskaper karaktäriseras av den generella jordlagerföljden med friktionsjord på berg som överlagras av lera samt fyllning. Jordlagrens mäktighet varierar kraftigt inom området från områden med ytligt liggande berg och berg i dagen till över 20 m i områdets östra delar ned mot Bällstaviken (Figur 6).

Övre jordlager utgörs inom hela området av fyllning. Fyllningens mäktighet varierar men kan antas ligga i intervallet 0,5 – 2 m med lokala avvikelser med djup upp till ca 5 m. Fyllningen utgörs av allt från naturliga material innehållande fina fraktioner till block och byggnadsrester.

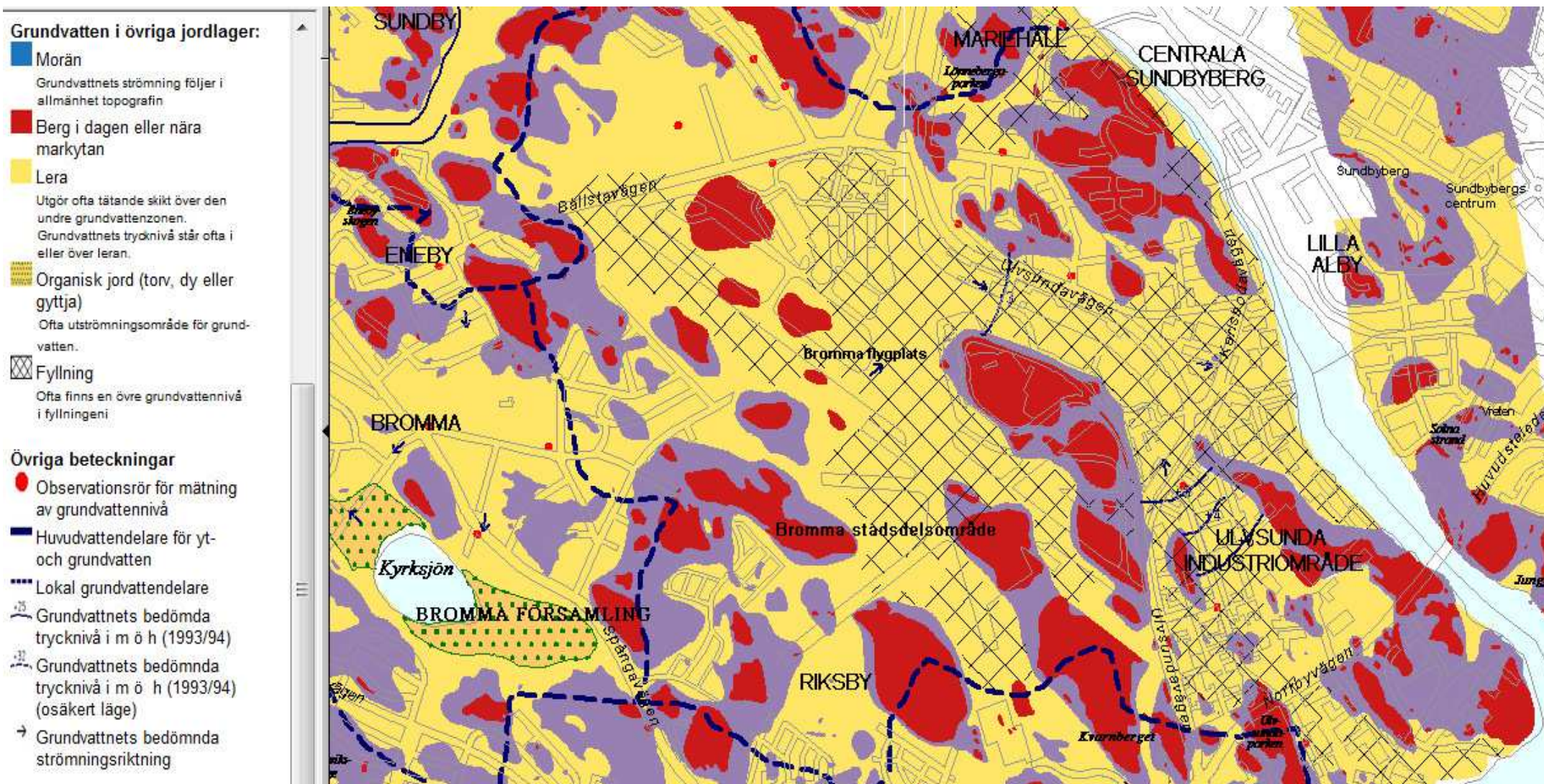
Under fyllningen finns en postglacial relativt lös lera. Lerlagrets mäktighet växer österut mot Bällstaviken. Lera återfinns mer eller mindre i hela området med varierande mäktighet från noll där berget går i dagen till ca 20 m i de östra delarna av området.

Friktionsjorden utgörs i huvudsak av en finkornig morän. Friktionsjordens egenskaper är inte närmare undersökt och mäktigheten varierar från noll där berget går i dagen till någon meter i områdets östra delar. Områden där friktionsjorden går i dagen finns i anslutning till de områden där berget är mycket ytligt eller går i dagen, se Byggnadsgeologiska kartan (Figur 6). Friktionsjordens mäktighet varierar från ett tunt lager som överlagrar berget till enstaka meter i områdets lägre belägna delar.

Utifrån områdets geologi kan man förvänta sig två, i stort sett, hydrauliskt åtskilda vattenförande lager. Dessa utgörs av en övre öppen akvifär i fyllningen och en undre sluten akvifär i friktionsmaterialet som överlagrar berget. Dessa är hydrauliskt åtskilda av lerlagret som i sammanhanget kan anses vara en tät barriär. Hydraulisk kontakt mellan de två akvifärerna kan finnas i de områden där moränen går i dagen samt vid kortslutning mellan övre och undre akvifär på grund av husgrundläggning, ledningar eller motsvarande. Lokalt finns även mindre områden med fyllning direkt på moränen.

Förekomsten av en grundvattenyta i fyllningen är inte klarlagd men det är möjligt att det uppstår en sådan vid perioder med nederbörd och snösmältning som sedan ställvis torkar ut.





Figur 6. Byggnadsgeologisk karta med avrinningsområde för Ulvsunda industriområde.

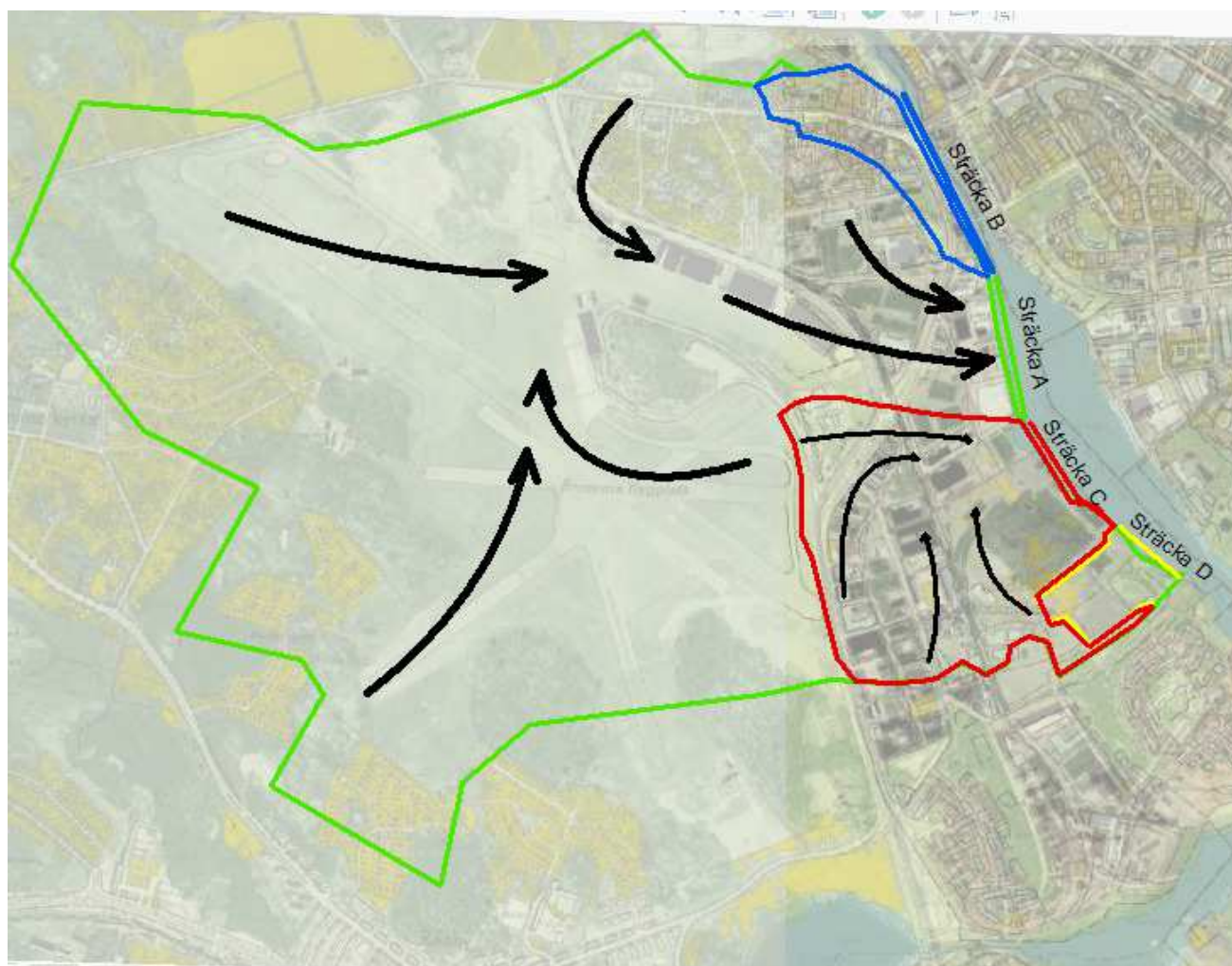


## 4.2 Avrinningsområde

Ulvsunda industriområde avrinner till Bällstaån, Bällstaviken samt Ulvsundasjön. För att skatta avrinning från programområdet har ett lokalt avrinningsområde definierats. Detta sammanfaller till stor del med avrinningsområdet för hela Ulvsunda industriområde, presenterat i Figur 2 men dess utsträckning begränsas topografiskt i norr och söder.

Programområdets avrinningsområde har i sin tur uppdelats i fyra mindre delavrinningsområden för att möjliggöra en uppdelning av flödesmönster för såväl ytvatten som övre och undre akvifär, se Figur 7. Grundvattenpotentialen, och därmed flödesmönstret, i den undre akvifären kan i större grad avvika från områdets topologi vilken denna analys baserar sig på.

Delområde A innefattar stora delar av Bromma Flygplats och utgör merparten av den totala arealen för programområdets totala avrinningsområde. Delområdena B och D är små och problematik med avseende på avvattning ses ej som trolig. Delområde C innehåller bland annat fastigheten Gjutmästaren och utgörs till mycket stor del av tak och hårdgjorda ytor med huvudsaklig avrinning till dagvattensystemet.



Figur 7. Lokala avrinningsområden inom aktuellt programområde.

### 4.3 Grundvattenbildning

Infiltration av nederbörd som sedan kan perkolera till den undre akvifären sker där moränen går i dagen samt genom eventuella sprickor i leran. Troligen är leran uppsprucken under vissa delar av året i de högt belägna områdena och kan då under kortare perioder ge ett signifikant bidrag till grundvattenbildningen genom kraftig infiltration via de makroporer som bildas i en sprucken lera. Påverkan från byggnation kan medföra att moränen står i hydraulisk kontakt med markytan. Detta utgör också områden där perkolation kan förekomma till grundvattenmagasinet i moränen och kan stå för en betydande del av grundvattenbildningen.

Totalt är ytan av potentiella infiltrationsområden, som avgör grundvattenbildningen till den undre akvifären, relativt liten. Potentiell perkolation/grundvattenbildning till den övre akvifären är betydligt större då det är en öppen akvifär som utgörs av fyllning. Dock utgörs stora delar av området av hårdgjorda ytor vilka avvattnas via dagvattensystemet.

Grundvattenbildning och avrinning hanteras inom respektive delavrinningsområde definierade i Figur 7. Sträcka A i Figur 7 belastas med ett högre flöde än övriga delar av programområdet. Den större arealen gör att ett större grundvattenmagasin försörjer området ned mot sträcka A vilket även ger en magasinseffekt. Vid snösmältning eller kraftig nederbörd sker därför en fördröjning och förlängning av flödespulser. Det är m.a.o. troligt att man finner en grundvattennivå i fyllningen i detta område alternativt att den är förhöjd i fyllningen under längre perioder i samband med flödespulser, jämfört med de södra och norra delarna av programområdet. I nuläget är det dock inte helt klarlagt i vilken utsträckning nederbörd som infiltrerar jordlagren på området kring Bromma Flygplats faktiskt avvattnas ned mot sträcka A vid Bällstaviken.

Avrinningsområde C består till större delen av byggnader (tak) och hårdgjorda ytor. Detta innebär att den potentiella grundvattenbildningen är mycket liten. Den undre akvifären i avrinningsområde C får troligtvis ett betydande bidrag av den totala grundvattenbildningen från område A i anslutning till dess västra gräns där moränen går i dagen, se Figur 6 och Figur 7.

Områdena B och D karakteriseras av små areor och stora topografiska skillnader inom respektive område. Berg i dagen och morän utgör större delen av område B och D. Små magasinseffekter och relativt snabb avrinning kopplad till nederbördstillfällen kan förväntas.

En kvantitativ utvärdering av grundvattenbildningen för övre respektive undre akvifär i programområdet låter sig ej göras med någon säkerhet, på grund av osäkerheterna i många inparametrar. Det är dock troligt att flödet i den övre akvifären är betydligt större än i den undre akvifären under perioder med stor nederbörd och eller snösmältning.

### 4.4 Grundvatten i berg

Berggrundvattnets strömningsriktningar är avhängiga de vattenförande strukturerna, och beror således på sprick- och krosszonernas orientering och tryckförhållandena i berget.

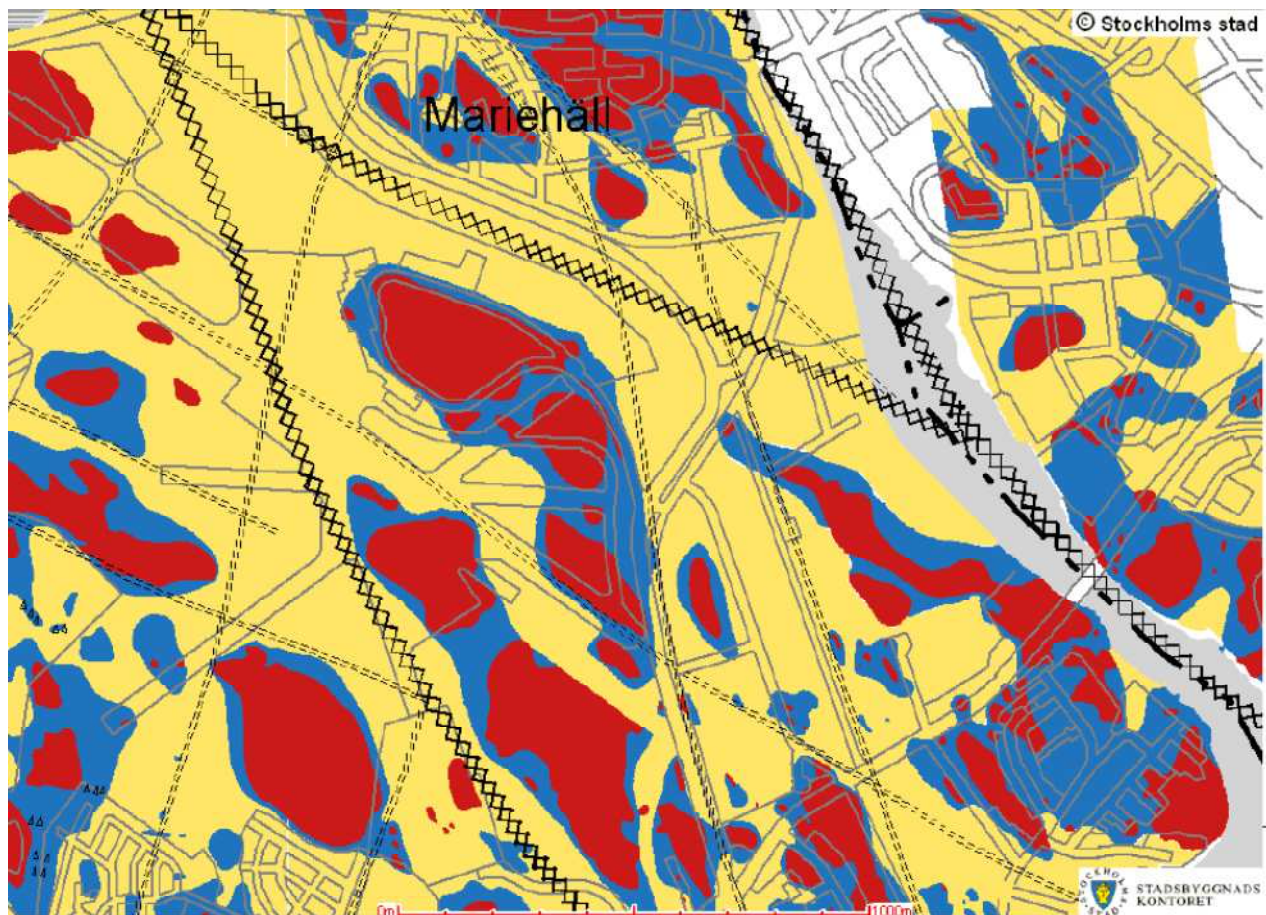
Strömningsriktningen i berggrundvattnet kan därför avvika kraftigt från det för markgrundvatten, som definierats i det lokala delavrinningsområdet (Figur 7). Den generella grundvattenströmningen i berget sker normalt i en större skala än det som visas i det definierade lokala avrinningsområdet. Beroende på de lokala förutsättningarna är grundvattnet i berget mer eller mindre hydrauliskt kopplat till de ytliga akvifererna dvs. grundvatten i de lösa jordlagren.

I den byggnadsgeologiska kartan finns större kross- och sprickzoner identifierade (Figur 8). Dessa strukturer dominerar troligtvis grundvattenflödet i berget. Deras hydrauliska



egenskaper kan dock variera kraftigt beroende på graden av finmaterial i sprickorna och kontakten med grundvattnet. Icke desto mindre kan enstaka punkter med god hydraulisk kontakt i närheten av förorenade områden utgöra en källa som under lång tid belastar grundvattnet i berget.

En närmare bedömning av risken för eventuell förorenings spridning i berget bör genomföras i samband med rekommenderade geotekniska undersökningar samt miljöprovtagning.



**Figur 8. Byggnadsgeologisk karta över området med större kross- och sprickzoner markerade.**

På fastigheten Gjutmästaren, under parkeringen söder om huvudbyggnaden, finns två berggrum som tidigare använts för lagring av olja. Det mindre berggrummet är ca 23\*13 m med en volym av 4 000 m<sup>3</sup>. Det större berggrummet är ca 54\*13 m med en volym på 9 000 m<sup>3</sup>. Hjässan i det mindre östra berggrummet ligger på -19 m och det större västra på -14 m. Botten i båda berggrummen ligger på -29 m.

Varannan vecka har det pumpats 500-1000 m<sup>3</sup> grundvatten för att hålla nivån på vattenbädden. Kring berggrummen skapas en avsänkningstratt i berget och detta kan även påverka grundvattnet i jordlagren i närområdet. Berggrummen genomkorsas dock inte av några större vattenförande strukturer och samverkan mellan grundvattnet i jordlagren och berget kan förväntas vara relativt liten samtidigt som förorenings spridningen från de tidigare oljelagren troligtvis är relativt lokal. Efter pågående avveckling och sanering kan det bli aktuellt att låta grundvatten fylla berggrummen och återgå till en nivå som i stort sett motsvarar den naturliga nivån före byggandet av berggrummen.

Erfarenheter kring mätningar vad gäller grundvattennivåer samt föroreningar inom ramen för kontrollprogram för bergrummen bör beaktas i det fortsatta planarbetet.

## 4.5 Hydrauliska egenskaper

### 4.5.1 Undre akvifär

Den undre akvifären utgörs av en finkornig morän. En morän av denna typ har en låg hydraulisk konduktivitet och låga flöden med påföljande långa omsättningstider kan förväntas. I de områden där moränen ligger relativt ytligt kan egenskaperna vara kraftigt påverkad av grundläggningar för byggnader, ledningsgravar o.s.v. Där lerans mäktighet är större kan den undre akvifären antas vara relativt opåverkad.

Hydrauliska tester eller provtagning av friktionsmaterialet finns inte tillgängligt för att verifiera skattade värden på den hydrauliska konduktiviteten för moränen i den undre akvifären men troligt är att den ligger i intervallet  $1 \cdot 10^{-8}$  -  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s.

### 4.5.2 Övre akvifär

Fyllningens hydrauliska egenskaper är inte kända och det är troligt att de varierar inom området. Fyllningen kan utgöras av schaktmassor, tekniska produkter och avfall varför variationer av den hydrauliska konduktiviteten inom flera tiopotenser är trolig.

Vidare är hela den övre akvifären kraftigt påverkad av grundläggningar av byggnader och vägar. Diken genomkorsar området och avleder vatten men kan även fungera som infiltrationsområden. Ledningsgravar verkar dränerande på omkringliggande mark och styr flöden i fyllningen. In- och utläckage från dag- och spillvattenledningar kan också vara en styrande faktor för grundvattennivåer i fyllningen.

Sammantaget gör detta att det finns många faktorer som påverkar fyllningens hydrauliska egenskaper och som påverkar grundvattennivåer, omsättningstider och flöden i fyllningen. Det är även troligt att det inte finns ett sammanhängande grundvattenmagasin i fyllningen beroende på lokala variationer i hydrauliska egenskaper, topografi och andra platsspecifika förutsättningar.

Fyllningens hydrauliska konduktivitet har inte utvärderats utifrån hydrauliska tester eller genom analys av fyllningens innehåll. Troligtvis ligger fyllningens representativa hydrauliska konduktivitet i intervallet  $1 \cdot 10^{-6}$  -  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s.

## 4.6 Gradienter och flöden

Flödets storlek och hastighet kan skattas genom att ansätta en hydraulisk konduktivitet och tjocklek för respektive akvifär samt genom att uppskatta gradienten. En sammanställning med gradient och hydraulisk konduktivitet varierade ger en grov skattning av det spann i vilket flöden och flödeshastighet ligger (Tabell 2 och 3). Analysen är dock behäftad med flera stora osäkerheter.

### 4.6.1 Undre akvifär

Den bottenmorän som underlagrar leran går i dagen i anslutning till de högre partierna av berg samt där lerlager saknas och fyllningen direkt överlagrar moränen. Dessa nivåer utgör en teoretisk övre gräns för grundvattenpotentialen, i de närbelägna delarna av den undre akvifären. I praktiken kommer dock grundvattennivåerna alltid att vara lägre än den teoretiska potentialen eftersom friktionsförluster uppkommer vid strömning från infiltrationsområden till de lägre belägna områdena ned mot Bällstaviken. Bällstavikens vattennivå utgör en nedre



referensnivå för grundvattenpotentialen i den undre akvifären. Detta förutsätter dock att grundvattenmagasinet i moränen står i kontakt med ytvattnet. Hur nära strandlinjen denna kontakt finns påverkar även den gradient som driver flödet i akvifären.

I dagsläget finns mycket knapphändiga mätdata om grundvattenytans läge i den undre akvifären. Mätningar i grundvattenrör på fastigheterna Båglampan och Motståndet indikerar att potentialen ligger på ca +3 m i området strax väster om Gjutmästaren. Detta stämmer bra med vad som kan förväntas. I Tabell 2 presenteras flöden och flödes hastigheter för de gradienter som kan förväntas i de dominerande områdena samt för tre olika hydrauliska konduktiviteter vilka kan antas vara representativa för moränen i den undre akvifären.

**Tabell 2. Skattade flöden och vattenhastighet utifrån ansatta parametrar i den undre akvifären.**

Parameter	Enhet	Varierad gradient			Varierad hydraulisk konduktivitet		
Akvifärens mäktighet, b	[m]	1	1	1	1	1	1
Gradient, $\Delta h/L$	[m/m]	0.001	0.005	0.01	0.005	0.005	0.005
Hydraulisk konduktivitet, K	[m/s]	1.00E-07	1.00E-07	1.00E-07	1.00E-08	1.00E-07	1.00E-06
Flöde per breddmeter akvifär	[m <sup>3</sup> /m/s]	1.00E-10	5.00E-10	1.00E-09	5.00E-11	5.00E-10	5.00E-09
Flöde per 100 m akvifär	m <sup>3</sup> /dygn	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Effektiv porositet, ne	[%]	20	20	20	20	20	20
Flödes hastighet	[m/s]	5.00E-10	2.50E-09	5.00E-09	2.50E-10	2.50E-09	2.50E-08
	[m/dygn]	0.0000432	0.000216	0.000432	2.16E-05	0.000216	0.00216
	[m/år]	0.015768	0.07884	0.15768	0.007884	0.07884	0.7884

#### 4.6.2 Övre akvifär

Grundvattnets gradient kan i en öppen akvifär förväntas följa markytans topografi. Fyllningens hydrauliska egenskaper är som nämnts okända vilket gör kvantitativa beräkningar osäkra, men de ger ändå en uppskattning av flöden och flödes hastigheter som kan uppstå. I Tabell 3 presenteras flöden och flödes hastigheter för gradienter som kan förväntas i de dominerande områdena.

Även hydraulisk konduktivitet har varierats inom intervall som kan antas vara representativa för fyllningen för att belysa effekten av fyllningens hydrauliska egenskaper.

**Tabell 3. Skattade flöden och vattenhastighet utifrån ansatta parametrar i den övre akvifären.**

Parameter	Enhet	Varierad gradient			Varierad hydraulisk konduktivitet		
Akvifärens mäktighet, b	[m]	1	1	1	1	1	1
Gradient, $\Delta h/L$	[m/m]	0.005	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Hydraulisk konduktivitet, K	[m/s]	1.00E-05	1.00E-05	1.00E-05	1.00E-06	1.00E-05	1.00E-04
Flöde per breddmeter akvifär	[m <sup>3</sup> /m/s]	5.00E-08	1.00E-07	2.00E-07	1.00E-08	1.00E-07	1.00E-06
Flöde per 100 m akvifär	m <sup>3</sup> /dygn	0.4	0.9	1.7	0.1	0.9	8.6
Effektiv porositet, ne	[%]	20	20	20	20	20	20
Flödes hastighet	[m/s]	2.50E-07	5.00E-07	1.00E-06	5.00E-08	5.00E-07	5.00E-06
	[m/dygn]	0.0216	0.0432	0.0864	4.32E-03	0.0432	0.432
	[m/år]	7.884	15.768	31.536	1.5768	15.768	157.68

## 4.7 Planens inverkan på hydrologin

Planerad exploatering och omvandling innebär att befintliga byggnader för industriell verksamhet till stor del ersätts med flerbostadshus. Detta kommer att leda till en ökning i andelen gröna ytor där infiltration är möjlig. Detta kommer trolig leda till en ökning av grundvattenbildningen. Då området även efter omvandling kommer att präglas av urban miljö kommer dock avrinning från tak och hårdgjorda ytor fortfarande att dominera.

Då grundvattenbildningen till den undre akvifären begränsas till de områden där moränen går i dagen, eller står i direkt kontakt med fyllningen, är den slutgiltiga placeringen av de tillkommande grönyterna avgörande för huruvida omvandlingen kommer att resultera i en långsiktig ökning eller minskning av grundvattennivåerna i den undre akvifären. Med tanke på föroreningssituationen påverkar även nivåerna i den undre akvifären huruvida det är möjligt att lokalt omhänderta dagvatten.

Långsiktiga förändringar i det undre grundvattenmagasinet kan ske till följd av planerad omvandling av området. Effekterna kan antas bli störst i delavrinningsområde som avvattnas via sträcka C i Figur 7, eftersom avrinningen från området till stor del beror av grundvattenbildningen inom programområdet. Vid eventuell anläggning av fördröjningsmagasin för dagvatten kan dessa komma att påverka grundvattensituationen i området beroende på utformning, detta bör beaktas i samband med projektering.

Risken för förändringar i den undre akvifären som påverkar byggnader ses dock som liten. Eventuella förändringar i det undre grundvattenmagasinet som kan leda till problem i form av sättningar eller i värsta fall påverkan av stabilitet kan åtgärdas med enkla medel.

I samband med nybyggnation kommer stora delar av den fyllning som idag överlagrar leran att schaktas bort och ersättas med nya massor. Vidare kommer ledningar, gator, grundläggning för byggnader m.m. att helt förändra de hydrologiska och hydrauliska förutsättningarna i det övre grundvattenmagasinet i fyllningen. En jämförelse med dagens situation är därför inte helt relevant.

Med en större andel gröna ytor kommer avrinningen i den övre akvifären att öka något men troligtvis ligga i samma storleksordning som tidigare. En större förändring av den totala avrinningen av grundvatten över året i fyllningen förväntas för område C eftersom grundvattenbildningen här till stor del sker inom programområdet. Förändringarna är dock relativt små och den eventuellt ökade avrinningen av grundvatten i fyllningen bedöms inte utgöra någon risk för stigande grundvattenytor, under förutsättning att de nya fyllningsmassorna har liknande eller högre genomsläpplighet än de befintliga.

## 4.8 Extremsituationer

### 4.8.1 Mälarens nivå

Områdets omedelbara närhet till Mälaren gör att riskerna för översvämning på grund av förhöjda nivåer i Mälaren måste beaktas (Figur 9). De nivåer som är vägledande för planeringen av ny bebyggelse är nivåer med återkomsttid på 100 år samt en nivå som speglar ett högsta dimensionerande flöde (beräknat enligt Flödeskommitténs riktlinjer för dammdimensionering av Klass 1 dammar) med en antagen återkomsttid av ca 10 000 år. Ett 100-års flöde återkommer statistiskt sett var hundra år med 63 % sannolikhet.

Mälaren är reglerad och nivåer vid höga flöden är därmed avhängig avbördningskapaciteten. I regeringens Klimat- och sårbarhetsutredning (SOU 2006:94) konstaterades att i dagsläget är avbördningskapaciteten inte tillfredsställande och det föreligger en oacceptabel hög risk för

skador samt störningar på viktiga samhällsfunktioner. Detta har medfört att en ökning av avbördningskapaciteten kommer att genomföras inom ramen för ombyggnad av Slussen.

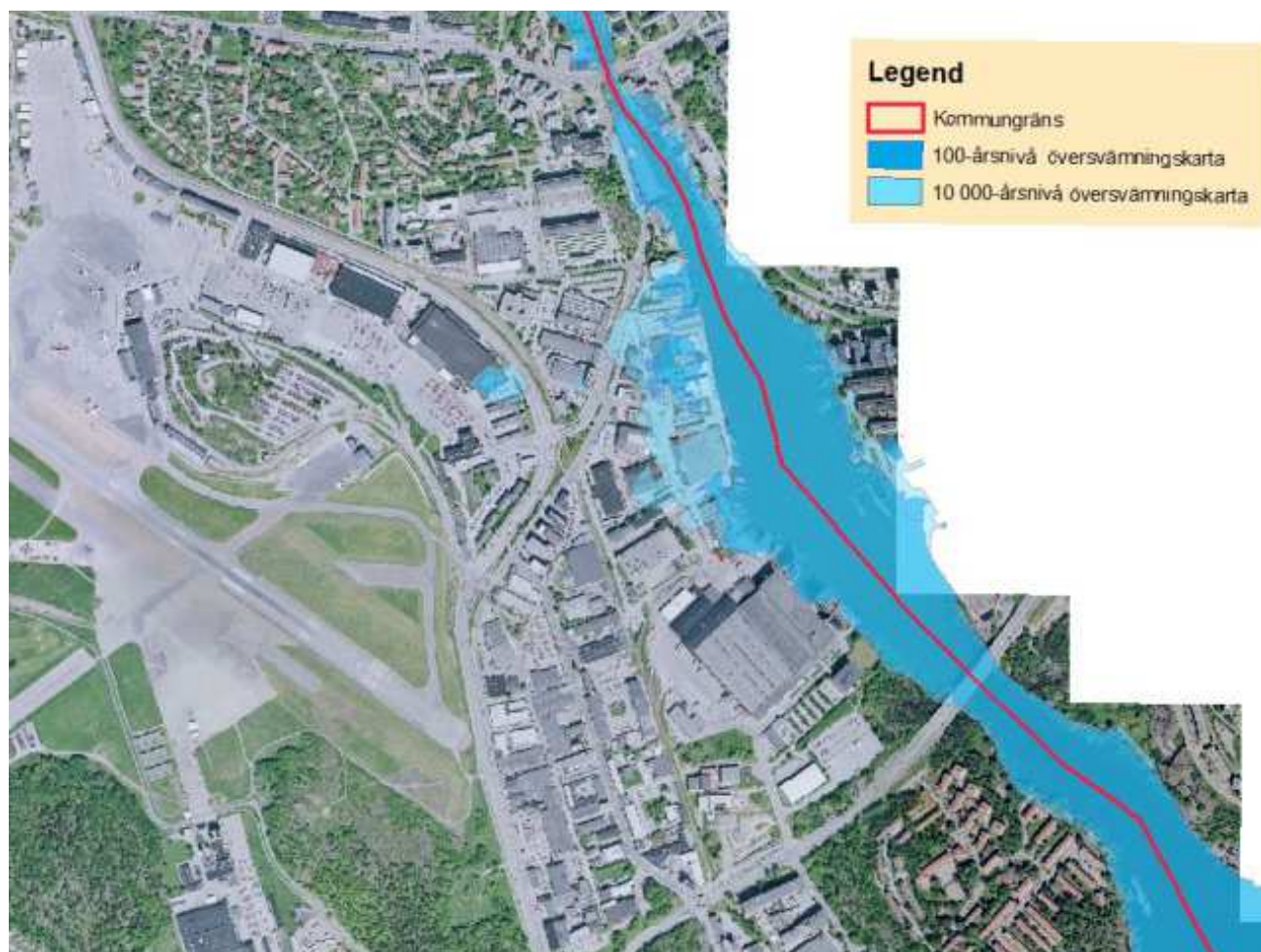
Nivåerna vid extrema situationer kommer då att minska betydligt från ca år 2020. En sammanställning av de nivåer som gäller för dagens reglering samt beräknade nivåer efter ökad avbördningskapacitet presenteras i Tabell 4.

Vid höga nivåer kan vågor utgöra ett hot genom att påskynda erosion och urspolning samt att den faktiska höjden för vatteninträngning i byggnader ökar. Bällstaviken har dock en relativt liten yta, vilket gör att våghöjden blir begränsad. Vågpåverkan bedöms därför inte utgöra något större hot för det aktuella området.

**Tabell 4. Nivåer för 100-års flöde samt dimensionerande nivå före respektive efter utbyggnad av Slussen\*.**

Höjdsystem	Mälarens höjdsystem	RH00	RH2000	RH70
100-års nivå dagens reglering	+5.17	+1.33	+1.85	+1.69
100-års nivå ny reglering	+4.59	+0.75	+1.27	+1.11
Dimensionerande nivå dagens reglering	>+6	>+2.16	>+2.68	>+2.52
Dimensionerande nivå ny reglering	+4.79	+0.95	+1.47	+1.31

\*Nivåer kan variera beroende på källa och skall ses som ungefärliga.



**Figur 9. Översvämningskartering från Klimat- och sårbarhetsutredningen, Stockholm 2006.**

#### 4.8.2 Ytavrinning

Ett annat hot för översvämningsrisker är ytavrinning vid extrema vädersituationer med intensiv nederbörd i kombination med hög markvattenhalt och/eller snösmältning. Detta problem uppstår i situationer då dagvattenssystemet inte klarar av att avbörda flödet. Störst risk för att denna typ av problem skall uppstå löper det låglänta område som avvattnas via sträcka A, eftersom det är troligt att stora delar av Bromma flygplats bidrar med flöde. En eventuell höjning av marknivåer i denna del av området gör att lutningen ned mot Ballstaviken minskar och risken för att detta problem skall uppstå ökar. Det är oklart hur stora flöden som kommer att avvattnas via ytavrinning i en Extremsituation men detta är en risk som bör beaktas i det fortsatta planarbetet. Täta konstruktioner kan övervägas för byggnader på fastigheter inom riskområdet.

#### 4.9 Rekommenderade lägsta nivåer

Bebyggelse av den typ som planeras inom området skall förläggas över den dimensionerande nivån (Tabell 4). Från ca 2020 kommer dock ökad kapacitet för avtappning vid Slussen att väsentligt minska den dimensionerande nivån för Mälaren. Enligt dagens prognoser kommer den dimensionerande nivån däremot också att höjas med ca 0.5 dm mot slutet av seklet beroende på en ökad nivå i Saltsjön. Även vindar i ögynnsam riktning kan ytterligare höja den faktiska nivån genom snedställning av vattenytan. Under stormen Gudrun höjdes vattennivån i Stockholm med nära 2 dm på grund av denna effekt. En rekommendation för lägsta golvnivå är +2,30 (RH00), utifrån dagens reglering.

Om det finns en önskan (byggtekniskt, ekonomiskt och estetiskt) att hålla lägsta golvnivå så nära vattenytan som möjligt kan nivåerna anpassas efter den dimensionerande nivå som kommer gälla då den nya regleringen av Mälaren tagits i drift. Detta betyder dock att man under ett antal år exponerar sig för en ökad risk att nivån vid en extremhändelse stiger över golvnivån.

Ett minsta krav är att lägsta golvnivå klarar ett 100-års flöde. Sannolikheten för att ett 100-års flöde skall inträffa under en tioårsperiod är nära 10 %. Det föreligger alltså en relativt stor risk att detta scenario inträffar under perioden från det att Ulvsunda industriområde omvandlas till den nya regleringen av Mälaren har förverkligats.

Sannolikheten att ett dimensionerande flöde (10 000-års flöde) skall inträffa under en tioårsperiod är ca 1 %. Detta betyder att en golvnivå under nuvarande dimensionerande nivå gör att byggnaderna exponeras för en inte helt irrelevant risk. Sannolikheten för ett dimensionerande flöde med en antagen återkomsttid på 10 000 år är dock behäftad med betydligt större osäkerheter, än de nivåer som kan uppstå i samband med mer frekventa händelser.

Detta sammantaget med att beräknade nivåer är behäftade med en viss osäkerhet, gör att en lägsta färdig golvnivå på +2,0 m (RH00) rekommenderas som utgångspunkt i det fortsatta planarbetet. Denna rekommendation gäller även för känsliga anläggningar (elcentraler o. dyl.). Rekommendationens värde är dock avhängigt principiella beslut, vilket ligger utanför ramen för denna rapport, om att ett avsteg från dagens dimensionerande nivå kan accepteras.

Värdering av en eventuell vinst med att anpassa lägsta golvnivå till framtida reglering och en uppskattning av de skador en översvämning över lägsta golvnivå skulle orsaka, bör i så fall genomföras. Denna värdering utgör grunden för ett ställningstagande om det är värt att exponera området för risken att lägsta golvnivån överskrids vid en extrem händelse med återkomsttid på mer än 100 år, under perioden fram till att ny reglering av Mälaren är genomförd.



## 5 Dagvatten

I det här avsnittet behandlas reningsbehov av dagvatten innan det leds ut till Bällstaviken samt uppkomst av dagvattenflöden från programområdet. För utredningen har modellverktyget StormTac använts. Dagvattenkvalitet och flöden har jämförts för förhållandena idag och efter genomförandet av planen. Bedömning av reningsbehov och övriga rekommendationer har utgått ifrån Stockholm Stads Dagvattenstrategi från 2002.

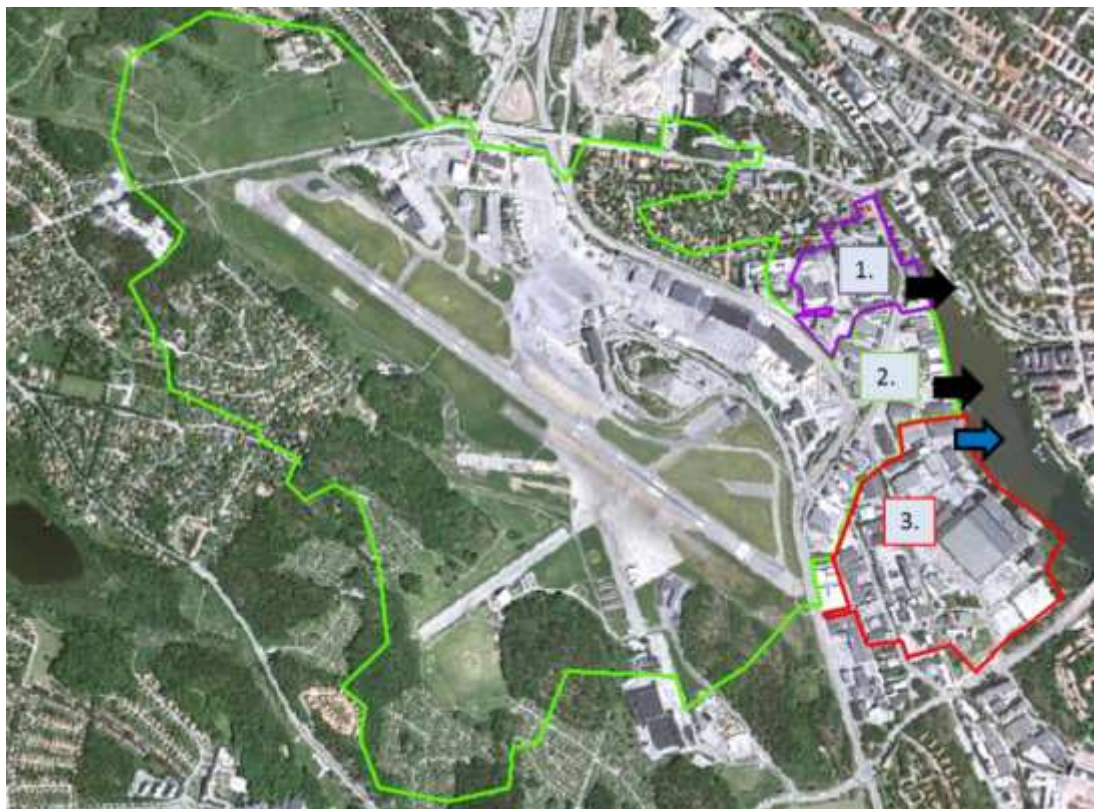
### 5.1 Allmänt om risker

Dagvatten som avrinner från urbana områden för ofta med sig föroreningar ut till recipienter. Stora områden med hårdgjorda ytor ökar mängden dagvatten vilket kan bidra till översvämning vid stora regn eller häftig snösmältning.

Föroreningshalten kopplas ofta till markanvändningen i ett område samt till mängden av partiklar. Generellt anses vägar med hög trafikintensitet och industrietor vara markanvändning som genererar höga föroreningshalter i dagvatten.

### 5.2 Nuvarande system

Merparten av Ulvsunda industriområde avvattnas mot Bällstaviken, förutom de sydvästra delarna av industriområdet som avleds ner mot Ulvsundasjön. Från programområdet avleds dagvatten via markförlagda ledningar till Bällstaviken i tre utloppspunkter (Figur 10). Det finns även mindre områden vars dagvatten avleds i kombinerade ledningssystem till Bromma reningsverk. När det kombinerade ledningssystemets kapacitet överskrids bräddas spill- och dagvatten via dagvattensystemet ut i Bällstaviken. De översta utloppen (1 och 2) avleder bräddavlopp från det kombinerade systemet.

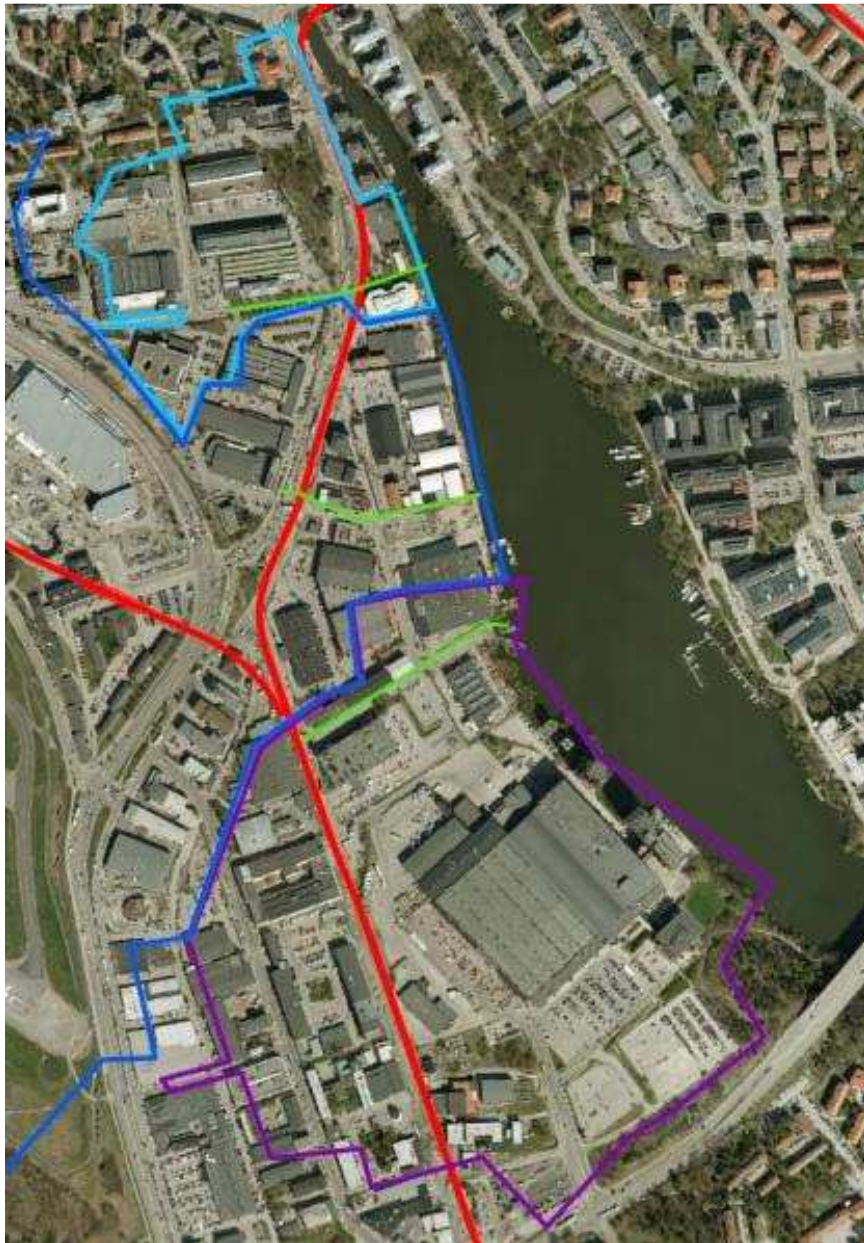


**Figur 10. Överblick över det tekniska avrinningsområdet för dagvatten**

Delavrinningsområdet 1 och 3 avleder främst dagvatten från fastigheter och lokalgator i Ulvsunda industriområde, inom programområdet. Delavrinningsområde 2 avleder däremot även dagvatten från Bromma flygplats (ca 40 ha hårdgjord yta), Bromma Blocks och delar av Ulvsundaleden. De sydvästra delarna och Huvudstaleden avleds till Margretelundsviken/Ulvsundasjön och resterande sträckan av Ulvsundaleden avleds mot Lillsjön<sup>4</sup>.

Dagvattenledningar är enligt svensk standard dimensionerade att klara ett 10-års regn utan att dämningnivån stiger över markytan. Vid regn som bidrar till större dagvattenflöden kan ledningsnätets kapacitet överskridas vilket kan leda till översvämning i gatubrunnar och materialskador på källare och hus. De tre huvudavloppsledningarna till utloppen har stora dimensioner av betong men med flack lutning (800 mm respektive 1800 mm och 800 mm). Fördröjningsmagasin är placerade i ledningsnätet uppströms utlopp 2 (Figur 10).

<sup>4</sup> Kartunderlag från Stockholm Vatten genom Jens Fagerberg och telefonsamtal med Nils-Erik Andersson



Figur 11. Befintliga lägen för huvudledningar för dagvatten (gröna linjer) ut i Bällstaviken.

### 5.3 Planens inverkan på dagvattenflöden och vattenkvalitet

Programområdet består idag av en stor del hårdgjorda ytor i form av tak, parkeringsplatser och vägar. Regnvatten har liten möjlighet att infiltrera marken utan avleds istället via ledningssystemen. Svagheter i dagens dagvattenhantering är att det sker ett snabbt avrinningsförlopp med stora flöden som följd.

#### 5.3.1 Flöden

Vid genomförandet av detaljplanen kommer industribebyggelsen att omformas till blandad stadsbebyggelse med ca 3500 lägenheter. Tidiga programsamrådiskartor visar två områden som kommer förvandlas till grönområden. Generellt innebär en förändring av industrimarken till bostadskvarter en ökning av grönytor och genomsläppliga material vilket fördröjer dagvattenvolymer och förbättrar dagvattnets kvalitet.



Utifrån dagens markanvändning och en tidig plankarta över det tilltänkta bostadsområdet kommer planområdets markanvändning förändras enligt Tabell 5, vilket motsvarar en total flödesminskning på ca 20 %. Skillnaden är störst för delavrinningsområde 2 och 3 där industriområden med mycket hårdgjorda ytor bebyggs med bostadskvarter med gröna gårdar. I område 1 däremot kommer flödet inte att förändras. Kontor och handelsfastigheter kommer till stor del bevaras samtidigt som skogspartiet bebyggs med bostäder. Beräkningarna som utgår ifrån markanvändning i Tabell 5 förutsätter att marken inte är vattenmättad.

**Tabell 5. Markanvändning i programområdet före och efter genomförande av planen.**

Markanvändning ( $\varphi$ )	Innan detaljplan (ha)	Efter detaljplan (ha)
Industriområde (0.8)	21	1
Parkeringsyta (0.8)	10	
Bostäder (0.4)	1.8	25.7
Grönt (0.18)	3	5.6
Ulvsundalet/Karlsbodaväg (0.8)	5	5
Lokalgator* (0.8)		4
Spårbana (0.5)		2.5
Kontor/handelsplats (0.8)	20	17
Medelavrinningskoefficient ( $\varphi$ )	0.76 (-)	0.56 (-)
<b>Totalt:</b>	60.8 ha	60.8 ha

\*Lokalgatorna är i fallet innan detaljplan inkluderade i arean för industriområdet. Påverkar inte beräkningarna då de har samma avrinningskoefficient och liknande föroreningsbelastning enligt schablonerna.

Mälaren är under normala omständigheter ingen känslig recipient för att ta emot stora dagvattenflöden. I ett scenario där mälarnivån stiger kommer däremot dagvattensystemets kapacitet att minska och översvämningar kan skapas i instängda områden. Åtgärder för att hantera höga mälarnivåer behandlas under avsnittet om *Hydrologi och hydrogeologi*.

### 5.3.2 Föroreningsbelastning

Föroreningshalten i dagvatten kopplas ofta till markanvändningen i ett område samt till mängden partiklar (SS). Generellt anses vägar med hög trafikintensitet och industrietor vara markanvändning som genererar höga föroreningshalter i dagvatten.

Utifrån markanvändningsdata och schablonhalter i dagvatten beräknar StormTac även årlig belastning av vanliga föroreningar från dagvatten och utifrån det medelkoncentrationen (Tabell 6). En generell förändring vid omvandling av industrifastigheter till bostadsområde är att fordonstransporterna minskar varför även halterna av tungmetaller som bly, koppar, zink och kadmium minskar. Enligt StormTac-beräkningarna kommer dock fosfor- och blyhalterna att vara höga enligt Stockholm Vattens klassificering av dagvatten för samtliga delområden och suspenderat material och olja för område 1. Krom, nickel och PAH:er beräknas finnas i måttliga halter.

För dagvatten med innehåll av ämnen över låga halter ska enligt Stockholms dagvattenstrategi reningsåtgärder vidtas. Både bly och fosfor är till stor del partikelbundna och kan avskiljas



genom sedimentation, i förslagsvis dammar. I nästa avsnitt redovisas för de ytor som krävs för att rena dagvattnet till låga halter enligt Stockholm vattens klassning.

**Tabell 6. Halter i dagvattnet från respektive delavrinningsområde efter exploatering, jämförda med Stockholm Vattens klassificering av dagvatten.**

Ämne	Koncentration		
	Område 1	Område 2	Område 3
P (µg/l)	314	232	225
N (mg/l)	1.89	1.61	1.67
Pb (µg/l)	27.5	12.8	12.1
Cu (µg/l)	35.5	24.7	24.8
Zn (µg/l)	186	89.6	87.6
Cd (µg/l)	1.03	0.61	0.58
Cr (µg/l)	5.48	9.39	10.3
Ni (µg/l)	10.4	7.23	7.04
Hg (µg/l)	0.05	0.03	0.03
SS (mg/l)	226	63.8	63.7
Olja (mg/l)	1.34	0.72	0.72
PAH (µg/l)	0.79	0.59	0.55

Låga halter    Måttliga halter    Höga halter

## 5.4 Erforderliga ytor för dagvattenhantering

Uppdraget omfattar en bedömning av erforderliga ytor för att ta hand om dagvattnet från programområdet ovan mark. Enligt Stockholms dagvattenstrategi ska dagvattnet till Bällstaviken renas till låga halter. För detta har en total erforderlig yta för dagvattenhantering beräknats till 5800 m<sup>2</sup>, utifrån markanvändning i aktuell plankarta (Figur 12. Erforderliga ytor för respektive delavrinningsområde har beräknats till ca 1500, 1300 och 3000 för område 1, 2 respektive 3.

Det är viktigt att dagvattenlösningar placeras i lågpunkter för att minska kostnader för schaktning och få en naturlig tillrinning. I Figur 12 utpekas programområdets lågpunkter utifrån dagens marknivåer på höjder 1, 1.4 och 1.8 (RH00) från norr till söder. De lågpunkter som visas i Figur 12 tar idag emot ytavrinning från var och ett av delavrinningsområdena om dagvattenledningarna skulle sättas ur funktion. Det är därför punkter som bör ses som översvämningskänsliga, om ingen teknisk avledningsväg finns för att avbörda vatten vid kraftiga regn.



**Figur 12. Placering av dammar i lågpunkter som tar emot dagvatten från respektive avrinningsområde i den aktuella plankartan (2012).**

Marknivåerna kan däremot komma att förändras vid ombyggnationen av området då fyllnadsmassor kan bytas. Det är dock viktigt att lyfta fram principen att anläggningar för ytavrinning ska förläggas i lokala lågpunkter, särskilt i ett plant område blir små terrängskillnader extra viktiga. Vid anläggandet av dagvattenanläggningar rekommenderas därför en noggrann inmätning av topografin för att vara säker på att dammar och diken placeras där vatten ansamlas vid kraftiga regn.

Dagvattenlösning ovan markytan går ofta att kombinera med ekologiska och rekreativa värden, i park- eller torgmiljö. Samtliga tre markerade områden i Figur 12 ligger i närheten av det parkområde som är markerat i programkartan. I Figur 12 ser man att dagvattenledningarna från område 2 och 3 löper nära och genom den planerade parken. Dagvatten från dessa områden kan ledas in i parken för rening.

## 5.5 Övriga dagvattenlösningar

Även andra dagvattenanläggningar kan tillämpas såsom svackdiken utmed vägar eller underjordiska magasin, beroende på detaljplanens utformning. Då träd planeras utmed gatorna kan dagvatten användas för bevattning. Liknande lösningar planeras i Norra Djurgårdsstaden. Träden placeras i princip i dagvattenmagasin som liknar makadamdiken. Då man leder ner regnvatten i växtbädden är det viktigt att träden som planteras omges av ett luftigt bärlager och att överskottsvatten dräneras bort.

Gröna tak och gröna gårdar är även det exempel på hur man minskar dagvattenmängden från en urban yta. Utjämningen av dagvattenflöden vid sådana åtgärder minskar dock vid långvariga eller kraftiga regn.

Preliminärt planeras underjordiska garage i bostadsområdena och infiltration kan inte tillämpas på dessa ytor. Infiltration är på grund av föroreningar i underliggande marklager ändå inte rekommenderad i industriområdet.

## 5.6 Allmänna rekommendationer

### 5.6.1 Lokala dagvattenlösningar

Med tanke på att området innehåller potentiellt förorenade fyllningsmassor underlagrade av täta leror bör infiltration undvikas, på grund av risk för utlakning av föroreningar som kan transporteras till ytvatten- eller grundvattenrecipienter. Detta kan göra det svårt att ställa krav på exploatörer och fastighetsägare att tillämpa LOD. Underjordiska parkeringsgarage kan även minska utrymmet för att anlägga infiltrationsanläggningar. Genom att utforma kvartermarken med hög andel växtlighet på tak och väggar kan däremot dagvattenflöden ut från kvartermark minskas och dagvattenkvaliteten förbättras.

Rekommendationen för dagvattenhanteringen i programområdet är att tillämpa så kallade 'end of pipe-lösningar', där dagvatten samlas upp i anläggningar på allmän platsmark. Anläggningar ovan jord bör placeras i naturliga lågpunkter för att minska kostnader för exempelvis schaktning. Placeringen måste också ta hänsyn till om området kan innehålla föroreningar, eftersom det påverkar omhändertagandet av eventuella schaktmassor och därmed kostnader. Det är dock viktigt att poängtera att dessa områden ligger under vatten vid översvämning av Mälaren vid 100-årsnivå med nuvarande höjdsättning i området. De fördröjer och renar alltså endast dagvattnet vid 'normala förhållanden'.

I Stockholms vattenprogram föreslås åtgärder för rening av dagvatten utmed Ulvsundavägen för att minska föroreningsbelastningen på Bällstaviken. Exempel kan vara dammar eller svackdiken utmed vägarna.

### 5.6.2 Föroreningar

Material på byggnader och tak måste väljas utifrån perspektivet att de kan sprida föroreningar via dagvattnet. Stockholms dagvattenstrategi ställer till exempel krav på att obehandlad koppar och obehandlad zink inte får användas som utvändigt byggnadsmaterial.

### 5.6.3 Extrema nederbördssituationer

Andra farhågor förknippade med dagvatten är översvämningsrisker vid kraftiga regn. Det är viktigt i utformandet av planen att se till att det finns alternativa avrinningsvägar på markytan för regnvatten, om ledningsnätet är fullt. Annars kan instängda områden översvämmas. Vägar bör placeras så att vatten från fastigheter kan rinna ut och transporteras längs väg eller diken, till en uppsamlingspunkt eller recipienten.

## 6 Miljöföroreningar

### 6.1 Bakgrundsinformation

Ulvsunda industriområde är ett av Stockholms mer intensiva verkstads- och tillverkningsindustriområden och har under längre tid varit hårt belastat av förorenande ämnen. Spridning och belastning är dels beroende av vattnets väg genom området och framkomligheten över och under mark. Geologin är beskriven under avsnitt *Geologi* och geoteknik och vattnets väg genom de ytliga jordlagren är beskriven i avsnittet om *Hydrologi och hydrogeologi*.

Befintlig information om föroreningssituationen i Ulvsunda industriområde är delvis redovisad i en arkivstudie gjord av Geosigma på uppdrag av Exploateringskontoret i oktober 2010 men kompletterande uppgifter har påträffats i miljöförvaltningens arkiv. Typiska verksamheter som finns beskrivna omfattar ytbehandling av metaller, färgtillverkning, träimpregnering och gjuterier. Höga halter av metaller kan förväntas i jorden och fyllnadsmassorna i flera delområden. Ett större antal potentiella punktkällor för halogenerade och ickehalogenerade lösningsmedel har påträffats. Mycket höga halter av klorerade lösningsmedel har påträffats i moränen under leran inom kvarteret Induktorn 27 som tyder på att bland annat fri fas trikloreten har läckt genom lerlagret nära tvärbanan och ned i moränen och spridits vidare. Höga halter av bly och arsenik har påträffats inom samma område.

Källpunkterna för kända och misstänkta industriella föroreningar som berör Ulvsunda industriområde finns återgivna i Figur 14 nedan. Föroreningssituationen är sådan att det kan antas vara stor risk för påverkan på miljö och hälsa via ett flertal exponeringsvägar. Exempel på sådana är:

- De höga halterna av klorerade alifater som spridits genom leran och ned till moränen utgör ett hot för såväl miljö och hälsa via grundvattnet och porluft som kan tränga in i byggnader nedströms. Industriområdet kan vara förorenat av ett flertal plymer som dessutom strömmar samman i det låglänta markområdet.
- Färgtillverkningen och doppningen innebär att metallföroreningar och organiska lösningsmedel har blandats med syror och baser och organiska lösningsmedel med svårtolkade spridningskonsekvenser. Mindre delområden i norr har redan åtgärdats men föroreningar under byggnader har lämnats kvar.
- Doppningsverksamheten innebär risk för förekomst av dioxiner och furaner i jorden i nära anslutning till ytvattnet i norra delen av området.



## 6.2 Föroreningssituationen i recipienten Bällstaviken

Halterna av lösta metaller är generellt höga i vattenområden i centrala Stockholm, främst avseende kadmium, koppar, bly och zink. Inga metallanalyser har hittats på ytvattnet.

Data från sedimentprovtagning i Ulvsundasjön finns rapporterade från 1998, 2000 och 2003. En utredning från 1998 (Östlund m.fl., 1998) omfattade ett flertal provtagningspunkter i en profil från Bällstabron ned mot Ulvsunda sjön (stationspunkter 71-75 i Figur 13 nedan). Undersökningen visade att den innersta grundare delen av Bällstaviken historiskt sett har haft en högre föroreningsbelastning än de djupare vattenområdena närmare Ulvsundasjön. Kvicksilver, krom, koppar, PCB och PAH påträffades i mycket höga halter. Även bly, zink, kadmium påträffades i höga till måttligt höga halter. Halterna i den inre delen av Bällstaviken klingar av i de övre sedimentskikten medan halterna i punkt 72 visar ökande halter ju yttligare sediment. Risken för pågående erosion och omlagring från de grundare områdena till de djupare kan antas vara stor. Bällstaviken har i andra rapporter klassificerats att ha *stor påverkan av punktkälla* (Naturvårdsverket 1999) avseende PCB:er och kadmium (IVL 2000).



Figur 13. Sedimentprovtagningsstationer i IVL:s undersökning redovisad i rapport B1297 från 1998.

I Ulvsundasjön togs 2003 ytsedimentprover som analyserades på vattendirektivets prioriterade ämnen samt sex andra metaller (As, Co, Cr, Cu, Mn och Zn), PCB, DDT, TBBPA och klordan. Samtliga metaller översteg bakgrundshalter i sediment för Stockholms län (IVL, 2003).

I miljöförvaltningens miljöövervakning av ytvatten i Stockholm från 2009 (WSP, 2010) påträffades PCB, PBDE och PFOS i betydligt högre halter än som tidigare uppmäts i nationella och regionala bakgrundslokalerna. Det visar att abborrens exponering för dessa föroreningar är starkt förhöjd i Mälaren, vilket kan bero på pågående utsläpp eller spridning från historiska föroreningar i sediment och omgivande mark. Ämnena ackumuleras starkt i

djur och är mycket svårnedbrytbara och dessutom giftiga. Provfiske 2006 visade kvicksilverhalter på 101 µg/kg i abborre och 83 µg/kg i mört.

## 6.3 Spridning av föroreningar via grundvattnet

### 6.3.1 Föroreningsspridning vid normalsituationen

De normala spridningsvägarna via grundvattnet sker både i det övre grundvattnet som flödar genom fyllnadsmassorna och ytlig jord samt i moränen under leran. Spridningen i leran är normalt långsam men kan ske snabbare i sprickorna i torrskorpeleran ovanför grundvattenytan. De ytliga spridningsvägarna är mest beroende av topografin i området och genomsläppligheten i ytmaterialet. Pilarna i Figur 14 visar spridningsvägarna genom fyllnadsmassorna och markavrinning vid snösmältning och nederbörd, men inte spridningsvägarna i den underliggande moränen.

Spridningen av föroreningarna i de ytliga jordlagren styrs av grundvattnets rörelsehastighet och riktning samt av fluktuationer i grundvattenytan. Spridningsegenskaperna beror av genomsläpplighet i materialet, grundvattenytans lutning, fluktuationer i grundvattenytan och grundvattnets fysikaliska egenskaper (t ex konduktivitet, pH och redox potential).

Andra viktiga faktorer är föroreningarnas lakningsegenskaper. Föroreningar som ligger under den normala grundvattenytan kan antas ha lakats ut under längre tid varvid de mest lösliga ämnena redan har gått i lösning och transporterats bort.

Det framgår tydligt i Figur 14 att risken för spridning från källområdena är mycket stor i de ytliga jordlagren. Föroreningarna i grundvattnet flödar från källområdena i norr och söder och sammanstrålar sedan i det låglänta mittersta området. Där flödar vattnet vidare i en gemensam plym mot Bällstaviken.

Mätning av halterna i grundvattnet innan det lämnar Ulvsundaområdet bör utföras dels för att kunna beräkna årsbelastningen och få en uppfattning av starthalterna före spädning. Mätning bör också ske uppströms flödesriktning för att få en bild av variationer inom området och påslag av halter och ämnen i nedströms riktning. Denna typ av uppgifter kan vägleda vid framtagande av platsspecifika riktvärden för området både med befintlig och framtida användning och för att påvisa om eventuella riskreducerande åtgärder har en positiv eller negativ inverkan på spridningen av föroreningarna via grundvattnet och till ytvattnet.

### 6.3.2 Spridningsvägar i området

Det finns tre olika marktyper med olika spridnings- och exponeringsförutsättningar i området:

- Högre liggande markområden där berget ligger ytligt och marken täcks av tunna lager av genomsläppliga jordarter som ytmorän, svallsand eller fyllnadsmassor. Lösliga föroreningar sprids här främst i de ytliga massorna i nedströms riktning och kan påverka nedströms land- och vattenområden. Tunga vätskor som t ex klorerade alifater kan koncentreras och spridas ned i bergsskrevor och därifrån förångas och spridas uppåt i jordmassorna och koncentreras under och i byggnader.
- Låglänta områden som underlagras av flera meter lera med upp till 20 meters djup till berget är ofta utfyllda med 1-3 meter fyllnadsmassor. Innehållet i fyllnadsmassorna är ofta odokumenterat. Flera högriskverksamheter avseende föroreningar har pågått i dessa låglänta områden och det kan antas finnas ett flertal källområden kopplade till verksamheterna och diffusa föroreningskällor från sot, markavrinning, brunnar, bräddavlopp och dagvattensystem. Spridningen sker primärt inom de ytliga

fyllnadsmassorna i nedströms riktning men det finns minst ett dokumenterat källområde (Induktorn) där klorerade alifater har trängt ned genom lerorna till underliggande berg. De klorerade alifaterna har här påträffats i mycket höga halter trots flera meter lera. Spridningsvägarna kan antas ha varit källare och utmed pålar som slagits ner i leran vid grundläggning av byggnaderna. I det låglänta området utgör genomströmningen i fyllnadsmassorna en hög spridningsrisk till Bällstaviken.

- Strand- och kajkanten har fyllts ut av många meter lera och sannolikt även fyllnadsmassor som är instabila och sannolikt förorenade. Lerorna utgör både en risk för skred och ras med extremlastning på Bällstavikens ytvatten. Men de utfyllda lerorna kan också utgöra en fördämning för grundvattnet i de ytliga marklagren vilket innebär att föroreningar kan ta längre tid att laka ut. Risk föreligger dock att förorenat grundvatten flödar i koncentrerade punkter genom friktionsmaterial i strandkanten, till exempel vid kajkonstruktioner och utlopp för ledningar. Grundvattnets föroreningssituation och spridningsriktning samt markens lakningsegenskaper och genomsläpplighet innanför lerkanten bör undersökas i de ytliga massorna för att bedöma den faktiska belastningen till Bällstaviken.

Spridningsvägarna i moränen under leran kan inte beskrivas med befintlig information. Det finns dock dokumentation som påvisar att det här har skett en transport. Inom fastigheten Induktorn (Område 6, Figur 15) har exempelvis mycket höga halter av klorerade alifater påträffats i grundvattnet närmast berg.

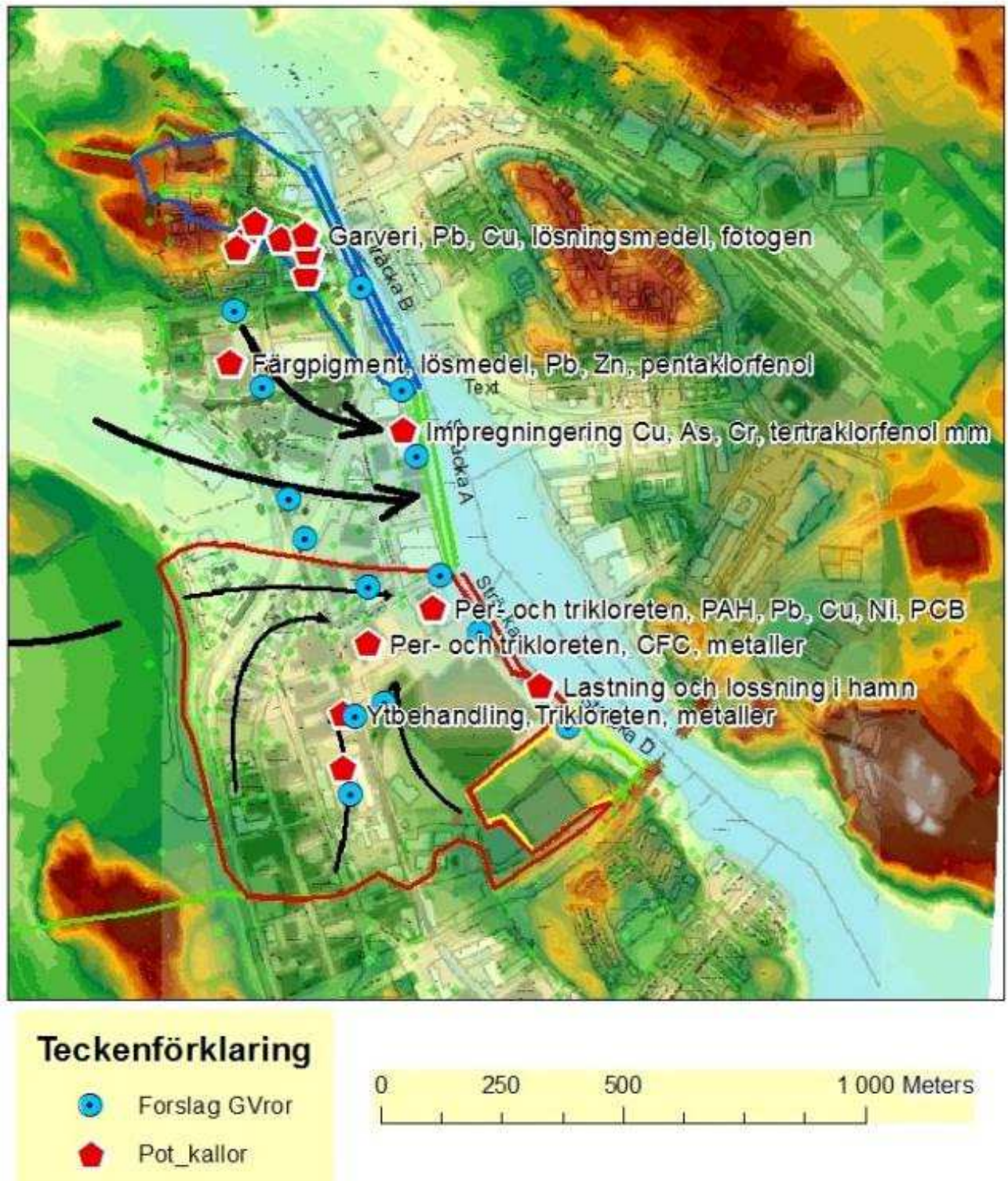
### 6.3.3 Föroreningsspridning vid översvämning

Vid översvämningssituationer blötläggs föroreningar ovanför den normala grundvattenytan och lakningen omfattar även massor som tidigare inte lakats i samma omfattning. Lakningen och spridningen av föroreningar blir i allmänhet mer intensiv vid översvämningar vare sig de kommer från Mälaren eller uppifrån. Halterna av förorenande ämnen kan därmed öka i grundvattnet som når Bällstaviken och orsaka tillfälliga föroreningstoppar i ytvattnet.

Vid extrem nederbörd kan situationen övergå i markerosion med strömmande vatten ovanpå markytan varvid ytliga markföroreningar riskerar att erodera och sköljas ned i Bällstaviken. Förorenade ytor som är täckta av byggnader eller hårdgjorda ytor berörs inte av den normala grundvattensituationen men när marken och dagvattenssystemet blir helt mättade kan vattenmassor erodera bort lera, sand och grus även kring byggnader och under asfalterade och hårdgjorda ytor.

Vid extrema situationer kan i värsta fall en akut förgiftningssituation uppstå i Bällstavikens ytvatten med en starkt förorenad grumling som sprids till alla nedströms ackumulationsområden. Motsvarande problem uppstår om en översvämning skulle orsaka ras i strandzonen då förorenade leror blandas med ytvattnet i en stark grumling eller lakvattnet i fyllningen bakom leran kan flöda ut utan att först filtreras genom leran i strandzonen.





Figur 14. Kända och misstänkta källområden för föroreningar och förslag till provtagningspunkter för bedömning av spridning via grundvattnet är markerade i kartskissen ovan.



### 6.3.4 Påverkan på miljökvalitetsnormerna för vatten

Miljöriskerna vid normalt grundvattenflöde bör bedömas utifrån halter och mängder förorenande ämnen i grundvattnet som flödar ut i Bällstaviken och årsmedelvärden för miljökvalitetsnormerna (AA-MKN eller kroniskt tolerabla halter). Inga mätningar av halter i grundvattnet i kontakt med Bällstaviken har påträffats varför inga belastningsberäkningar har kunnat utföras. Det går därför inte heller att bedöma områdets inverkan på Bällstaviken och dess miljökvalitetsnormer utifrån befintligt underlag.

Halterna i ytvattnet nedströms visar förhöjda kopparhalter men det är ett generellt problem för hela vattenområdet. Flora och fauna kan därför antas vara anpassade till de höga kopparhalterna. Halterna i sedimenten påvisar en hög föroreningsbelastning med ökande halter i de ytliga sedimenten i ackumulationsområdet. Det går dock inte utifrån befintlig information att beräkna hur stor andel av föroreningsbelastningen i Bällstaviken som kommer från Ulvsunda industriområde. En systematisk provtagning och analys av grundvattnet och jorden i områdena bör därför utföras.

I ett översvämningsscenario är det främst grumlingen och den plötsliga extremlastningen av föroreningar som avgör miljöpåverkan på Bällstaviken. Denna typ av påverkan brukar vara kortvarig och ska bedömas utifrån maximal tillåten koncentration (MAC-MKN).

## 6.4 Bedömningsgrunder för belastningen på Bällstaviken

Det finns mycket lite data att jämföra med både avseende grundvattnets halter som mynnar ut i Bällstaviken och halterna i ytvattnet i Bällstaviken. Vattenkvaliteten avseende föroreningar i Bällstavikens ytvatten och sediment har inte mätts regelbundet men det finns indikativa data från ett antal undersökningar beskrivna ovan. Sedimenten är tydligt förorenade och avspeglar erosion inne i viken och ackumulation i yttre delen av viken. Föroreningsbelastningen kan antas vara stor från området uppströms. En bedömning av acceptabla halter och acceptabel spridning från Ulvsunda industriområde måste därför vägas av i förhållande till övrig omgivningsbelastning så att den sammanvägda belastningen inte överskrider akuttoxiska nivåer.

För att beräkna riktvärden för mark som ger ett skydd mot förorening av ytvatten används riktvärdesmodellens haltkriterier för ytvatten,  $C_{crit\_sw}$ , som finns sammanställda i tabell A3.7 i Naturvårdsverkets rapport 5976. Haltkriterierna är framtagna för att användas som underlag för riktvärdesberäkningen och utgör således inte riktvärden för ytvatten som kan användas för bedömning av uppmätta halter. Dessa halter kan ses som ett sätt att bedöma vad som är acceptabla halter i övergången mellan grundvatten och ytvatten enligt Naturvårdsverkets beräkningsmodell för riktvärden, liknande ett randvillkor. Halterna får antas vara på motsvarande grundvattenprover, dvs filtrerade. Jämförelser har gjorts avseende metaller i ofiltrerat vatten från Hornsbergs strandområde för en grov jämförelse. Suspensionshalter i dessa prover var från  $<2-3$  mg/l under de olika mätningarna.

Tabell 7. Metaller i ytvatten nedströms Bällstaviken med jämförelse mot kriterier för ytvattenskydd och övergångsvatten.

	Hornsberg strand			Ulvsundasjön 2004			Norra Ulvsunda			Miljökvalitetsnormer		NOAA Screening for inorganics in freshwater		Ccrit_sw
	Blandprov från 0,5 och 4 meters vattendjup													
	juli	september	november	juli	september	november	juli	september	november			AA-MKN	MAC-MKN	
Ämne	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l
Arsenik	0,6	0,6	0,6	0,5	0,7	0,6	0,5	0,6	0,6			340	150	0,3
Kadmium	<0,01	0,02	<0,01	0,02	0,02	0,01	<0,01	0,02	0,01	0.1	0.5	2	0,25	0,02
Krom	0,1	0,2	0,2	5	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2			16*	11*	0,3*
Koppar	3	5	9	0,1	6	12	4	13	14			13	9	1
Kviksilver	<0,01	0,05	<0,02	0,01	0,05	<0,02	0,01	0,03	<0,02	0.05	0.07	1,4	0,77	0,005
Nickel	2	3	1	3	3	1	3	3	1	20		470	52	1
Bly	0,4	0,4	0,6	0,2	0,5	0,7	0,5	0,5	0,9	7.2		65	2,5	0,5
Zink	7	4	4	13	5	5	7	5	6			120	120	4
Kobolt	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3			1500	3	0,2
Silver	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	<0,02	0,01	0,01	<0,02			1,6	0,36	
Tenn	0,1	0,1	<0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	<0,1					
Vanadin		0,5	0,7		0,5	0,7		0,4	0,6			280	19	
Wolfram	0,1	0,3	0,1	0,1	0,4	0,1	0,2	0,3	0,1					

\* bedömning har gjorts utifrån den giftigaste formen av ämnet

Klass 1	mycket låg halt
Klass 2	låg halt
Klass 3	måttligt hög halt
Klass 4	hög halt
Klass 5	mycket hög halt

## 6.5 Rekommendationer

Redan tidigt i planprocessen bör översiktliga undersökningar av varje delområde utföras med mål att hitta källområden och i viss mån avgränsa dessa. Föroreningssituationen är sannolikt mycket heterogen och starkt beroende av befintliga och tidigare verksamheters läge och aktivitet. Tidigare MIFO-inventeringar och inrapporterade upplysningar om föroreningar bör användas för att identifiera källområden. Uppgifter om lägen för cisterner och både nya och gamla ledningsgravar bör identifieras. Kontakter kan tas med närboende och tidigare verksamhetsutövare och dess anställda för att klargöra hur verksamheter varit fördelade över området. Befintligt underlag behöver sedan kompletteras med undersökningar av mark och grundvatten.

De översiktliga undersökningarna bör inriktas på att först identifiera spridningsvägarna i framförallt luft och grundvatten. De planerade delområdena (Figur 15) kan inte avskiljas helt från varandra i dessa undersökningar. Istället bör delområden avgränsas utifrån spridningsvägarna. Område 1 och 3 bör undersökas parallellt. Område 4, 2 och norra område 5 bör undersökas parallellt. Område 6 har dokumenterat höga halter klorerade alifater som sannolikt sprids. Källområdet och dess risker bör utredas tidigt i processen. Södra område 5 är sannolikt mer avgränsat men utsätts troligen för viss spridning från område 6, 4 och 5. Nedan följer en översiktlig provtagningsplan.

Stora delar av markområdena i Ulvsunda är utfyllda för att jämna eller stabilisera markytan. Tyvärr är det vanligt att utfyllnadsmassorna består av återvunna rivnings- och schaktmassor från andra förorenade områden. Denna typ av föroreningar är svår att förutse och avgränsa. Den kräver ofta fler provtagningspunkter för att identifieras och avgränsas.

### 6.5.1 Översiktlig provtagningsplan

- För bäst samordning av resultaten bör miljöundersökningarna göras parallellt med geotekniska stabilitets- och grundläggningsundersökningar samt de hydrogeologiska undersökningarna. Kostnaderna för borrhning och installation av grundvattenrör ned till fast berg under leran bekostas till viss del av de geotekniska undersökningarna. Kostnader för installation av grunda grundvattenrören i fyllningen tillkommer (se Tabell 8). Kostnader för analyser av grundvatten i de djupa grundvattenrören ned till berg bedöms initialt vara ca 2000-3000 kr per grundvattenrör för screeninganalyser (se Tabell 8).
- Breda screeninganalyser bör initialt tillämpas i spridningsområdet, där grundvattnet flödar samman, för att ge en bild av vilka förorenande ämnen som spridits nedströms. Underlaget visar att både det djupa och det ytliga grundvattnet i fyllnadsmassorna bör undersökas och analyseras var och en för sig i separata grundvattenrör. I de ytliga grundvattenrören bör filt delen installeras så att eventuell olja i frifas på grundvattenytan kan tränga in i grundvattenröret. Hänsyn bör tas till grundvattnets fluktuationer varför filt delen bör vara generöst tilltagen.
- När föroreningssituationen kan beskrivas översiktligt riktas de fysiska undersökningarna till områden som antas vara källområden utifrån befintliga MIFO-inventeringar samt tidigare genomförda undersökningar och saneringar. Undersökningen bör inriktas på att hitta källområden och eventuella ledningsgravar som är troliga spridningsvägar. Därefter kan man gå vidare med att avgränsa det förorenade området och den nedströms liggande spridningsplymen.

### 6.5.2 Miljötekniska undersökningar vid potentiella föroreningskällor

I brist på befintligt underlag bör kända fastigheter med dokumenterade förorenande verksamheter undersökas översiktligt på ett tidigt stadie av planeringen av området (se Tabell 9 för kostnadskalkyl). Generellt bör sådana undersökningar omfatta:

- 8-12 provpunkter för undersökningar av halter i jord i de ytliga jordlagren ned i den övre leran och installation av tre grundvattenrör med efterföljande provtagning i grundvattnet. Prover bör uttas varje halvmeter i fyllnadsmassorna med justeringar för tydliga förändringar i jordprofilen.
- Inmätning av provpunkter och grundvattenytans lutning bör göras i samtliga punkter. I samband med provtagningen av grundvattnet bör fysikaliska parametrar mätas (redox, konduktivitet, löst syre, pH och genomsläpplighet). Metallprover bör filtreras i fält och övriga prover insamlas baserat på resultaten från synintryck och fältmätningar med PID och fältHDI.
- Lukt och synintryck är av stor vikt vid dessa undersökningar och bör endast utföras av personer som med stor erfarenhet av undersökningar i förorenade områden. Syn- och luktintryck bör kompletteras med mätning med PID och HDI för att detektera flyktiga ämnen i jorden. Grundvattenrörens filter bör installeras så att oljefilm kan strömma in i grundvattenröret för att påvisa frifas oljor på grundvattenytan.
- I de områden där luktfria och osynliga föroreningar såsom biocider eller dioxiner kan förekomma eller där verksamheterna varit många kan screeninganalyser användas initialt för att avgränsa vilka föroreningar som förekommer inom området innan avgränsningen påbörjas.
- Jorden i fyllnadsmassorna och i källområdena bör initialt analyseras utifrån historisk och pågående verksamhet och kan omfatta analyser av lösta metaller, lösningsmedel, alifater, aromater, BTEX, klorerade alifater, biocider, dioxiner och furaner. Analyserna bör alltid omfatta metaller i denna typ av industri- och utfyllnadsområde men kompletteras med analyser beroende på lukt och synintryck. Kostnaderna för analyser av jord kan bli omfattande och bör väljas med omsorg för att bäst beskriva riskerna inom området och anpassat till risker för erosion, framtida schaktning och lakningsrisker över och under grundvattenytan.
- Grundvattnet bör besiktigas okulärt för olja och missfärgning. Prover av grundvattnet bör rutinmässigt uttas och filtreras i fält för analys av metaller. Prover för olja eller lösningsmedel i grundvattnet bör uttas där PID eller fältHDI har registrerat förekomst av VOC i jordproverna.
- I de områden där grundvattnet är förorenat med lättflyktiga ämnen bör luften i täta byggnader identifieras. Dessa kan kompletteras med porluftmätningar i jorden i ett rutnät för att avgränsa spridningsplymen och för jämförelse med beräkningar utifrån halter i grundvattnet och bedömning av risker för inträngning i byggnader.



- Inmätning av grundvattenytan, bedömning av grundvattenytans lutning och jordens genomsläpplighet bör utföras i både de ytliga och djupa grundvattenrören för att komplettera och verifiera den hydrogeologiska konduktiviteten och gradienten.

### 6.5.3 Platsspecifik riskbedömning

Utifrån naturvårdsverkets modellverktyg för riskbedömningar av förorenade områden bör en fördjupad riskbedömning utföras där det aktuella området beskrivs i en konceptuell modell. Utifrån dessa förhållanden bestäms platsspecifika riktvärden vilka ligger till grund för framtagande av mätbara åtgärds mål i området.

Exponeringsvägarna och exponeringstiden är av stor vikt vid riskbedömningar och för vad som kan bedömas som acceptabla halter för människors hälsa eller miljö. Ett område med bostäder innebär sannolikt att människor vistas i området dygnet runt, att det bor barn i bostäder, att det anläggs förskolor och kanske även skolor och eventuellt någon yta där växter odlas.

Vid planeringen av områdets utveckling kan exponeringsvägarna vara vägledande för vilket riktvärde som bör tillämpas. I områden påverkade av klorerade alifater med diffus spridning är det till exempel olämpligt att anlägga källare. Man bör istället välja byggnader med tät platta mot mark för att minska risken för lättflyktiga ämnen tar sig in i bostadsutrymmena.

Svårsanerade områden med förhöjda hälso- och miljörisker kan påverka placeringen av skolor, förskolor eller boendetrymmen. Genom att tidigt sammanställa information om föroreningsituationen och göra en exponeringsanalys av området kan platsspecifika riktvärden räknas fram utifrån tänkt användning av markområdet. De platsspecifika riktvärdena ska ge ett acceptabelt skydd av människors hälsa och miljön. De ska också utgöra begränsande åtgärds mål av föroreningsbelastningen till Bällstaviken.

### 6.5.4 Sanering/Riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder bör alltid inriktas på att i första hand ta bort källområden (hotspots) och i andra hand att reducera halter och mängder i spridningszonen. Generellt bör alltså uppströms områden saneras först för att minska belastningen nedströms.

Vilka riskreducerande åtgärder som vidtas är beroende av vilken förorening som har påträffats. Flyktiga föroreningar riskerar att tränga in i byggnader varför reduktionen kan vara en kombination av sanering och utformning av byggnadernas grundläggning.

För metaller, dioxiner och tunga PAH:er som är hårt partikelbundna räcker det oftast med att reducera exponeringsrisken och ta bort källområden med mycket höga halter. Avseende metaller och grundämnen som är mer lösliga, så kan rörligheten minskas genom att förändra markens lakningsegenskaper. Naturvårdsverkets riktlinje är att ett område ska saneras på både kort och lång sikt med avseende på människors hälsa och miljön. Därför bör källområden alltid saneras genom eliminerande åtgärder oavsett den nuvarande och planerade användningen av området. Här nedan följer några övergripande råd för sanering och riskreducerande åtgärder.

- Saneringsåtgärder av förorenade ytliga jordmassor bör samordnas så att mellanupplag av förorenade och återvinningsbara massor kan inrättas inom området för att minimera transporter till och från exploateringsområdet. Blandningen av olika föroreningstyper och halter är inte tillåtna varför avgränsning av föroreningar avseende både halt och typ av ämnen bör ske innan schaktningsarbetet påbörjas.

- In situ-metoder för avdrivning av lösningsmedel och alifater bör beaktas som en tänkbar saneringsmetod i de ytliga jordmassorna eftersom schaktsanering på stora djup under lera bedöms vara svårt att hantera och troligen är mycket kostsamt.
- I de fall där saneringsåtgärder inte bedöms som lämpliga bör istället skyddsåtgärder och riskreducerande åtgärder utredas.

#### **6.5.5 Iakttagande av miljö kvalitetsnormerna för vatten**

För att kunna beakta miljö kvalitetsnormerna för vatten måste årlig belastning på Bällstaviken från Ulvsunda industriområde beräknas och jämföras mot miljö kvalitetsnormernas kriterier. Den totala belastningen kan bedömas översiktligt genom att provta grundvattnet i det låglänta område där grundvattnet ansamlas. Det är det ytliga grundvattnet som bedöms bidra till belastningen på Bällstaviken.

## 7 Anmälningar och tillstånd

Genomförandet av kommande detaljplaner kommer innebära att tillstånd krävs för ett flertal åtgärder:

- Arbeten i vatten såsom muddring, utfyllnad, rivning av kajer och konstruktioner, byggande av kajer och konstruktioner är med stor sannolikhet tillståndspliktig vattenverksamhet enligt 11 kap. Miljöbalken eftersom det är ett flertal vattenåtgärder som ska utföras.

I avsnitt Geoteknik har framhållits behovet av att undersöka kajers konstruktion och mothållande förmåga på grund av att konstruktionerna är äldre med bland annat träpålar. Om kajer och strandzoner behöver förstärkas med konstruktioner i vatten såsom tryckbankar eller liknande så är även det vattenverksamhet.

- Tillfälliga upplag av utskiftade fyllningsmaterial, muddermassor kan kräva tillstånd.
- I det fallet att förorenade massor förekommer och ska schaktas eller efterbehandling/sanering ske så ska detta anmälas till tillsynsmyndighet. Vissa moment i en efterbehandling är dessutom alltid tillståndspliktiga. Om åtgärden i sig kan betraktas som miljöfarlig verksamhet (risk för spridning till mark eller vatten eller annan störning) så är den tillståndspliktig enligt 9 kap. Miljöbalken.

## 8 Slutsatser och rekommendationer

Nedan görs en samlad bedömning av de åtgärder som bör utföras i programområdet som rör frågeställningar kring hydrologi, hydrogeologi, miljöföroreningar, geoteknik och miljökvalitetsnormer för vatten. Därefter specificeras åtgärderna för respektive utbyggnadsetapp enligt preliminär tidplan våren 2012 (Figur 15). Kostnader och tidplan för att genomföra åtgärderna i förhållande till planstart listas i Tabell 8.

### 8.1 Samlad risk- och konsekvensanalys

#### 8.1.1 Geotekniska förhållanden och kajkonstruktionernas stabilitet

Området bedöms vara geotekniskt känsligt både med avseende på sättningar och på stabilitet. Därför rekommenderas ett kontrollprogram för att undersöka sättningar samt en detaljerad geoteknisk utredning för att få ett bättre underlag. I Tabell 8 har kostnader för en utredning som omfattar hela programområdet bedömts till ca 650 000 kr. Kontrollprogrammet bör pågå under ett antal år. Kajkonstruktionernas status behöver också undersökas.

#### 8.1.2 Övervakning av grundvattennivåer

Tillgänglig information om grundvattensituationen i området utgör inte en god bas för bedömningar av och beslut kring frågor om porttryck, grundvattenbildning, grundvattenflöden, vattenhastigheter o.s.v. Dessa variabler är viktiga indata för utvärdering av föroreningssituationen.

Att i god tid upprätta ett kontrollprogram för att skapa en god förståelse för systemets respons samt att skapa mätserier som kan utgöra referensdata före exploatering är avgörande för att bedöma framtida effekter. Till exempel är det i dagsläget oklart om det finns en grundvattenyta i fyllningen och om den är sammanhängande. Detta påverkar även planering av arbeten med schaktning i befintlig fyllning. Rör för registrering av grundvattennivåer bedöms i stor utsträckning kunna samordnas med punkter för miljöprovtagning av grundvatten.

#### 8.1.3 Miljöteknisk utredning

Förstudien har visat att hela programområdet troligtvis bidrar till föroreningsspridningen till Bällstaviken och även inom området. Utifrån tidigare MIFO-undersökningar i området har misstänkta källområden lokaliserats. Spridningsvägarna har övergripande markerats i Figur 14 men omfattningen måste utredas genom provtagningar av jord och grundvatten i den övre och undre akvifären.

Provtagningen bör som nämnts samordnas med undersökningar för geoteknik och hydrologi. Initialt tas prover i det misstänkta spridningsområdet utmed kajen med breda screeningtester för att få en övergripande bild av föroreningssituationen. Allteftersom förorenande ämnen identifieras eller utesluts kan analyserna riktas mot kemiska ämnen och källområden som indikerar förhöjd risk för miljö och/eller hälsa (se rekommendationer för provtagningen i avsnitt 6.5). I källområdena bör miljötekniska undersökningar ske så snart som möjligt för att få en översiktlig bild av föroreningsspridningen i området. Detta är ett viktigt underlag för planeringen av hur området kan utvecklas.



### 8.1.4 Ökad förorenings spridning på grund av ökad infiltration

Dagvattnets föroreningshalter bedöms bli lägre efter utbyggnaden än i nuläget. Den samlade förorenings spridningen till Bällstaviken kan dock komma att öka om dagvattnet infiltreras genom förorenad mark. I dagsläget består området av hårdgjorda ytor och dagvattnet avleds via ledningar till Bällstaviken och kommer därför inte i kontakt med fyllnadsmassorna.

På grund av risken för ökad utlakning av föroreningar vid infiltration samt att det på kvartersmark planeras underjordiska garage rekommenderas att dagvattnet leds ut på allmän platsmark för att fördröjas i allmänna anläggningar; exempelvis dammar eller underjordiska magasin. Mindre anläggningar kan även anläggas inom kvartersmark liksom att generella åtgärder kan vidtas med gröna tak eller fördröjningsmagasin.

I mer slutna system som exempelvis trädplanteringar utmed gator så kan dagvatten från hustak och gator däremot ledas ner. Det överskottsvatten som inte tas upp av träden leds bort till ledningsnätet.

### 8.1.5 Påverkan på miljö kvalitets normerna för vatten

För att kunna beakta miljö kvalitets normerna för vatten måste den årliga belastningen på Bällstaviken från Ulvsunda industriområde bedömas och jämföras mot miljö kvalitets normernas kriterier. Generellt kan sägas att sanering av vissa områden med punktkällor som idag transporterar föroreningar ut i Bällstaviken borde förbättra den kemiska statusen i vattenförekomsten. Omdaning av områden med industrimark till bostadsområden kommer även minska dagvattnets innehåll av fosfor, olja och metaller.

### 8.1.6 Ytavrinning vid extrema händelser

Vid extrema regn överskrids kapaciteten i dagvattenledningarna och marken mättas. Regnvattnet avrinner då längs markytan och ansamlas i lågpunkter vilket kan orsaka översvämningar med stora materiella skador och risk för miljö och människors hälsa. Störst risk löper det låglänta området som avvattnas via sträcka A i Figur 7 då det är troligt att stora delar av Bromma flygplats bidrar med flöde.

En eventuell höjning av marknivåer i denna del av området gör att lutningen ned mot Bällstaviken minskar och risken för att detta problem skall uppstå ökar. Eventuellt kan täta konstruktioner övervägas för byggnader på fastigheter inom riskområdet. Det är oklart hur stora flöden som kommer att avvattnas via ytavrinning i en Extremsituation men detta är en risk som bör beaktas i det fortsatta planarbetet.

För att utreda konsekvenserna av en sådan händelse kan man titta på historiska händelser av extrema regn. En skattning av flödets storlek under en Extremsituation kan genomföras för att eventuellt anpassa detaljplanen för att kunna avbörda förväntade flöden ned till Bällstaviken på ett säkert sätt med avseende på byggnader, infrastruktur och andra anläggningar. Även klimatförändringar och framtida flöden bör beaktas.

### 8.1.7 Rekommenderad lägsta golvnivå

En utredning pågår för att klarlägga vilken policy som skall gälla för omvandling och nybyggnation som genomförs innan ny reglering av Mälaren med sänkta dimensionerande nivåer som resultat. Arbetet utgörs av en sammanställning av nuvarande läge och en sammanställning av hur många omvandlingsprojekt/nybyggnationer som kan beröras. Kontakt och remissförfarande hos relevanta instanser i frågan rekommenderas för specifika rekommendationer för de olika etapperna. Detta är en fråga som aktualiserats genom beslut om ny reglering av Mälaren och att denna troligtvis kommer att gälla från ca år 2020.

## 8.2 Åtgärder för de olika områdena



Figur 15. Översikt av byggetapperna enligt preliminär tidplan, februari 2012.

**1. Masugnen 5 och 7:** Planarbete pågår. Ca 315 lägenheter planeras.

**2. Masugnen 1:** Preliminär planstart år 2013. Ca 325 lägenheter planeras. Preliminär byggstart ca 2015.

**3. Archimedes 1 och 2:** Preliminär planstart 2013. Ett hundratal lägenheter planeras.

**4. Vallonsmidet:** Området består idag av handelsverksamhet. Bostäder kan komma att planeras om fastigheterna inte hamnar inom restriktionerna från flygbullret. Planarbetet kan i så fall komma att påbörjas 2015.

**5. Gjutmästaren och Valsverket:** Området ligger möjligtvis helt inom byggrestriktionsgränsen på grund av flygbullret. Om bostäder kan byggas är preliminär planstart 2013-2014. Området skulle då planeras för ca 3000 lägenheter.

**6. Induktorn, Strömbrytaren m.fl.:** Området utgörs idag av handelsverksamhet och är lågbebyggt på grund av flygtrafiken. Vid en utveckling av området kan exploateringen komma att öka genom att nuvarande parkeringsytor bebyggs.

### 8.2.1 Område 1: Masugnen 5 och 7

Planarbetet med Masugnen 5 och 7 har redan startat. Risken för föroreningar i området är stor eftersom grundvattnet flödar från planområdet 3 (Archimedes 1 och 2) ner till Masugnen 5 och 7. Område 1 och 3 bör därför utredas parallellt enligt rekommendationerna under 6.5. På grund av misstankar att området kan vara förorenat av lösningsmedel kan byggnader med garage ansamlar klorerade alifater och andra flyktiga ämnen. För att utreda i hur stor utsträckning som föroreningar tar sig in i de befintliga kan passiva provtagare sättas i befintliga byggnader.

I den geotekniska utredningen (kapitel 3) bedöms lerdjupen uppgå till ca 15 m längst i öster, invid Bällstaviken. Leran överlagrar tunna moränlager som vilar på berg. Ovan leran finns fyllning med varierande mäktighet, oftast någon meter men det förekommer fyllning ner till ca 5 m, troligen beroende på tidigare skred i samband med stora sandupplag på platsen. Ett område med dessa egenskaper bör utredas genom en detaljerad geoteknisk utredning. Kostnader för detta uppskattas till ca 285 000 kronor (Tabell 10).

Eftersom planarbetet redan är igång för Masugnen 5 och 7 kan nivåer för lägsta golvnivå, baserade på Mälarens nya reglering, vara för tidiga att utgå ifrån. I nuläget rekommenderas därför +2.30 m (RH00) för lägsta golvnivå samt anläggningar för elförsörjning.

Bedömningen av den lägsta golvnivån är en fråga om risk. Risken för att nivån skall överstiga +2.00 m, dvs. hur stor risk man eliminerar genom att sätta lägsta nivå till +2.30, är svår att bedöma då återkomsttiden för ett 10 000 års flöde är en konstruktion av ogynnsamma faktorer och inte grundat på en statistisk analys. Detta skall dessutom sammanfalla med ogynnsam snedställning av vattenyta p.g.a. vind o.s.v. för att nå +2.30.

Man skulle även kunna misstänka att vattennivån i de norra delarna där Bällstaån övergår i Bällstaviken skulle kunna höjas ytterligare p.g.a. dämning vid extrema flöden i Bällstaån. Detta är dock inte ett problem enligt hydrologisk/hydraulisk modell framtagen av Stockholm Vatten 2007.

### 8.2.2 Område 2: Masugnen 1

Masugnen 1 är idag Aktiebolaget Ekesiöös trämarknad och brädgård vilka fram till 1993 utförde omfattande impregnering av trä. Fastigheten ligger på fyllnadsmaterial över lera vilket ger stora förutsättningar för spridning av föroreningar i sediment och ytvatten. En utredning som Länsstyrelsen gjort visar att vid avveckling av hela verksamheten bör efterbehandling utföras. Området ligger troligtvis även i spridningszonen från verksamheter i område 4 (Vallonsmidet) uppströms samt den norra delen av område 5 (Gjutmästaren). Dessa fastigheter bör därför utredas parallellt avseende miljöföroreningar.

För att skapa en länk över tvärbanans sträckning planeras en gång- och cykelbro över tvärbanan med anknytning till Smältvägen, precis söder om Masugnen 1. För att få en lämplig lutning på bron måste marknivåerna vid Smältvägen höjas. Enligt det befintliga geotekniska underlaget finns i området lerlager av varierande mäktighet mellan 2-6 meter. Vid mindre lerdjup (2-3 meter) kan lera skiftas ut mot krossmaterial. Där lerlagret är mäktigare, är utskiftning inget bra alternativ eftersom schakten skulle bli väldigt djup och kan komma att kräva temporära åtgärder (spont) för att genomföras. Här är det troligen nödvändigt att utföra något som kallas bankpålning. Detta innebär att man slår pålar till fast botten som man gjuter pålplattor på och sedan lägger banken på. Även på detta sätt för man ner lasten till djupare liggande friktionsjordlager. Även här blir sättningarna mycket små och områdets stabilitet påverkas ej negativt. Ett alternativ med lättfyllning kan eventuellt också vara gångbart, ytterligare utredning krävs dock för att säkerställa detta.

### 8.2.3 Område 3: Archimedes 1 och 2

Här finns många föroreningskällor som bör undersökas redan i samband med föreslagna undersökningar för Masugnen 5 och 7 (område 1) (se Figur 15).

### 8.2.4 Område 4: Vallonsmidet

I Vallonsmidet har funnits en färgindustri. Bly, zink, lösningsmedel är troliga föroreningar från verksamheten varav framförallt lösningsmedel kan sprida sig över stora områden och även förorena den undre akvifären där sanering är svår eller omöjlig. Området måste därför undersökas med avseende på främst klorerade lösningsmedel. Som en första bild kan mätare sättas in i hus för att mäta halter i stängda utrymmen.

Spridningsplymen sträcker sig troligtvis ut till Masugnen 1 och Gjutmästaren via en krosszon (Figur 6) och borde därför undersökas parallellt med område 2 och de norra delarna av område 5 (Figur 15).

### 8.2.5 Område 5: Gjutmästaren och Valsverket

Gjutmästaren är beläget mitt i det misstänkta utströmningsstråket för föroreningar uppströms i avrinningsområdet (område 2 i Figur 7). Genom område 4 och 5 går möjligtvis en krosszon (Figur 8). Om kartan stämmer är krosszonen en spridare av föroreningar från föroreningskällan i Vallonsmidet (område 4, Figur 15). Områden ovanför föroreningsplymen kan vara olämpliga att bebygga med bostäder. För att undersöka krosszonens sträckning kan grundvattenrör sättas för att mäta porluften. Även befintliga brunnar som går att isolera (dagvatten, gamla grundvattenrör) kan provtas, för att få en övergripande bild av markens läckage av lösningsmedel. Om halterna visar sig vara höga, är området som det planerats i nuvarande plankarta väl anpassat med parker placerade i det misstänkt värst drabbade området.

Troligtvis kan källare och underjordiska garage inte anläggas i utströmningsstråket, men kan däremot bli möjliga i de södra delarna av område 5.

Parkerna kommer inte att anläggas förrän staden får klartecken att bygga de planerade bostäderna i området. Stockholms stad avvaktar beslut om de nya flygbullerzonerna från Bromma flygplats.

Se även resonemang om gång- och cykelbro med anslutning till Smältvägen i avsnitt 8.2.2.

### 8.2.6 Område 6: Handelskvarter

Det här området ligger så pass nära flygplatsen att inga bostäder planeras. Istället ska de idag brokiga handelskvarteren utvecklas till att bli attraktiva miljöer för företagande och handel.

På fastigheten Induktorn har klorerade lösningsmedel använts och även påträffats djupt nere i grundvattnet. Spridningen från fastigheten är därför mycket trolig. Området bör därför undersökas med avseende på föroreningshalten i nedströms liggande område 5 (Gjutmästaren och Valsverket).



## 8.3 Kostnader och tidplan

### 8.3.1 Generella åtgärder som omfattar hela programområdet

Nedan redovisas kostnader för att ta fram det kompletterande underlag som behövs för att bedöma risker gällande geoteknik, hydrologi och föroreningar. Det anges även en tidsaspekt som antingen avser vilken framförhållning de föreslagna åtgärderna kräver i tid, eller hur lång tid utförandet beräknas ta. Den sammanlagda kostnaden för de nedan föreslagna undersökningarna och utredningarna skattas till ca **2 500 000 kr**.

**Tabell 8. Kostnadskalkyl för åtgärdsprogrammet.**

Tema	Åtgärd	Kostnad	Tid	Kommentar
Geoteknik	Detaljerad geoteknisk undersökning	650 000 kr	Genomförandetid är 6 månader.	Innefattar geotekniska undersökningar (uppskattningsvis 13 fältdagar), sättnings- och stabilitetsutredning, inmätning av markytan och lodning av Bällstaviken i tre sektioner alternativt multibeamekolodning längs kajerna. Statusbedömning av kajer ingår ej i summan.
Geoteknik	Geoteknisk undersökning om markens sättningsegenskaper	Kan eventuellt utföras av Stockholms stad.	3 år	Precisionsavvägning av ett antal strategiska punkter inom området, där sättningar kan misstänkas pågå, för att få information om sättningsförlopp. Avvägs förslagsvis var tredje månad under 3 års tid.
Hydrologi	Övervakning av grundvattennivåer med syfte att skapa referensdata för grundvattenytans nivå och få en överblick av områdets naturliga variationer i nuläget. Underlaget ska ge förutsättningar för att bedöma/påvisa eventuell framtida påverkan.	85 000 kr	Genomförande så snart som möjligt.	Kostnad inkluderar ej installation av grundvattenrör (samordnas med miljö och geotekniska undersökningar)

Hydrologi	Ytavrinning vid extrema händelser	70 000 kr	Genomförande så snart som möjligt för att klargöra om detta är ett problem som bör beaktas i detaljplaner. Gäller främst område 2, 4 och norra delen av 5 (Figur 2).	
Hydrologi	Utredning av rekommenderad lägsta golvnivå	35 000 kr	Genomförs något år innan planstart då detta är en parameter som skall beaktas i detaljplaner.	
Miljöteknik	Miljöteknisk markundersökning. Priset avser en utredning som ger en översiktlig bild av föroreningsituationen.	1 500 000 kr	Omgående	För kostnad och omfattning av respektive fastighet, se Tabell 9 nedan.
Miljöteknik	Platsspecifik riskbedömning med framtagande av platsspecifika riktvärden utifrån Naturvårdsverkets konceptuella modellverktyg.	100 000 kr	Parallellt med den miljötekniska markundersökningen.	
Miljöteknik	Utredning om årlig belastning på Bällstaviken från Ulvsunda industriområde	40 000 kr	Efter underlag som framtagits i den miljötekniska undersökningen ovan.	
Miljöteknik	Åtgärder/saneringskostnader	Går ej att prissätta		
Miljöteknik	Provtagning inne i byggnader med passiva provtagare	Ca 3000 kr/prov (inkl. analys)	Omgående	Ger en bild av förorenings spridning.
<b>Summa exkl. moms</b>		<b>2 500 000 kr</b>		

## 8.3.2 Kostnadskalkyl för miljöteknisk utredning

En översiktlig bedömning av föroreningsläget i fastigheter och verksamheter belägna inom samma kvarter eller industriområde kostar 2012 ca 125 000 kr (Tabell 9). De områden som kan uppfattas ha ett sådant behov är räknat från norr: \* Fredsfors, Archimedes, Betongblandaren, Masungen 1, Vallonsmidet, Valsverket/Gjutmästaren 3, Gjutmästaren 4/5/6, Motståndet/Strömbrytaren, Mätaren/Generatoren/Induktorn, Båglampan/Sladdlampan, Elementet/Glödlampan och Gjutmästaren 9/Gjutjärnet, dvs. totalt ca 12 undersökningsområden.

Lägen och föroreningsinventerade fastigheter är beskrivna översiktligt i tidigare sammanställd i Geosigmas rapport från 2010 "Arkivstudie, Ulvsunda Industriområde". I korthet innebär kostnadsbedömningen i Tabell 9, att underlag för att få en översiktlig bild av föroreningssituationen kostar ca **1 500 000 kr**. Tillkommande avgränsningar är i nuläget omöjliga att bedöma utan ett översiktligt underlag, likaså eventuella åtgärds kostnader. I delområden där djupa grundvattenrör sätts ned genom leran för utredning av geotekniska förhållanden bör en erfaren miljögeolog medfölja för att ta ut prover i de ytliga jordlagren och därefter komplettera med grundvattenprover och screeninganalyser i jordlagren närmast berget. Kostnaden för borrhningen täcks då av geoteknikundersökningen medan kostnader för provtagning och analyser tillkommer.

**Tabell 9. Kostnadskalkyl och omfattning av den miljötekniska undersökningen.**

Aktivitet	Ca á-priser	Ca per område*
Borrning 2 dagar 8-12 punkter utomhus, max 5 meter djupt	15 000 kr/dag	30 000 kr
Installation av tre grundvattenrör	Ca 1000 kr/st	3 000 kr
En miljökonsult/provtagning/mätning 3 dagar	7000 kr/dag	21 000 kr
Instrumenthyror PID, HDI, avvägning, kemfysmätning och fältmaterial	3000 kr/dag	9 000 kr
Analyser jord	400-2500 kr/provpunkt	18 000 kr
Analyser grundvatten	500-3000 kr/provpunkt	6 000 kr
Fältundersökning porluft (VOC) med porluftspetsar 1 dag vid behov efter utslag på jord eller grundvatten	8 000 kr	8 000 kr
Riskbedömning utifrån NVs riktvärdesmodell	10 000 kr	10 000 kr
Rapportering fastighet inkl bedömning, rekommendationer och kartframställning i GIS med tillhörande föroreningsdatabas	20 000 kr	20 000 kr
	<b>Summa exkl moms</b>	<b>125 000 kr</b>

### 8.3.3 Kostnadskalkyl för detaljerad geoteknisk utredning- Masugnen 5 och 7

Tabell 10 visar en kostnadsbedömning av en geoteknisk utredning som omfattar undersökningar i vatten och på land, inklusive inmätning och lodning av sjöbotten i två sektioner, samt handläggning inkluderande sättningsuppskattning och stabilitetsberäkning av två sektioner. Uppskattad kostnad för detta är **285 000:-**.

**Tabell 10. Kostnadskalkyl för detaljerad geoteknisk utredning för Masugnen 5 och 7.**

Aktivitet	Ca priser
Fält- och laboratoriekostnad	200 000 kr
Handläggning	85 000 kr
<b>Summa exkl. moms</b>	<b>285 000 kr</b>



## 9 Referenser

IVL 2000, Sediment som mått på belastning av metaller, PAH och PCB i Stockholm, J. Sternbeck, IVL A20110.

IVL 2003, Rapport B1538. WFD Priority substances in sediments from Stockholm and the Svealand coastal region.

Länsstyrelsen 2011, Rapport 2011:19. Metaller och miljögifter i sediment – inom Stockholm stad och Stockholms län.

SLU 2011, Rapport 2011:14. Miljöövervakning i Mälaren 2010.

Stockholm Vatten AB 2000, Levande bottenar i Stockholm- bottenfauna i östligaste Mälaren hösten 1995, A. Stehn och P. Dromberg.

WSP 2010, Miljöövervakning av ytvatten i Stockholm Stad – sammanställning för år 2009.

<http://vattenweb.smhi.se/>

Länsstyrelserna 2006, *Översvämningsrisker i fysisk planering, Rekommendationer för markanvändning vid nybebyggelse.*

SOU 2006:94, delbetänkande Översvämningsshot, åtgärder och risker i Mälaren, Hjälmaren och Vänern.

Risk- och sårbarhetsanalys avseende översvämningsshot mot trafik- och försörjningstunnlar i Stockholms län 2011-06-23.

SMHI 2011, Regional klimatsammanställning för Stockholms län- Översvämningsshot i ett vidare perspektiv 2011-02-25 Version 1, Björn Stensen, Johan Andréasson, Sten Bergström, Joel Dahné, Dan Eklund, Jonas German, Hanna Gustavsson, Kristoffer Hallberg, Sandra Martinsson, Signild Nerheim och Lennart Wern.

SMHI 2001, Översiktlig översvämningskartering för Mälaren

Projekt: Översiktlig översvämningskartering, Rapport nr 22, 2001-10-23, SRV D-nr 249-4365-2001, SMHI D-nr 2000/156/204.

Stockholm Stad, 2001. Klassificering av dagvatten och recipienter samt riktlinjer för reningskrav- del 2.

Tyrens 2011, Risk- och sårbarhetsanalys avseende översvämningsshot mot trafik- och försörjningstunnlar i Stockholms län 2011-06-23.

Exploateringskontoret, Stockholms Stad, 2010, Preliminär MKB, tillstånd enligt miljöbalken, Samrådsunderlag 2010-10-27, Samrådshandling Dnr E2010-510-01340.

Via mail:

Nivåer för Mälaren framtagna inom Slussenprojektet, Mats Dunkars, SWECO.