



**Stockholms stad**

# Dagvattenutredning Tjockan

**Stockholm 2019-04-09**

# Dagvattenutredning Tjockan

Datum	2019-04-09
Uppdragsnummer	1320034566
Utgåva/Status	Slutversion

Johanna Ardland Bojvall  
Uppdragsledare

Petter Berglund  
Handläggare

Per Boholm  
Granskare

Rambøll Sverige AB  
Box 17009, Krukmakargatan 21  
104 62 Stockholm

Telefon 010-615 60 00

Unr 1320034566 Organisationsnummer 556133-0506

## Sammanfattning

Ramboll Sverige AB har fått i uppdrag av Stockholms stad att ta fram en dagvattenutredning för en del av Malmövägen i Johanneshov. På en del av den befintliga vägkroppen planeras för bostäder, varför Malmövägen flyttas något västerut. Samtidigt sänks vägens profil, lutningen minskar bitvis och höjdpunkten på vägen flyttas något norrut.

En systemhandling har tagits och omfattar bl.a. teknikområdena Gata, VA och Landskap. Denna dagvattenutredning syftar till att utvärdera det förslag som tagits fram ur ett dagvattenperspektiv. Enligt systemhandlingen leds dagvatten från gatan via ledningar till en trädrad med skelettjord uppbyggd av bl.a. kolmakadam. I skelettjorden renas och fördröjs dagvattnet innan det leds vidare till allmän dagvattenledning.

För att uppnå Stockholms stad krav på dagvattenhantering enligt Åtgärdsnivån (Stockholms stad, 2016a) skall 20 mm regndjup omhändertas. Den skelettjord som projekterats i systemhandlingen klarar inte att omhänderta 20 mm och föreslås därför dimensioneras upp, antingen genom ökad area eller ökat djup. Arean skulle exempelvis behöva ökas från 117 m<sup>2</sup> till 178 m<sup>2</sup> för att klara kraven enligt Åtgärdsnivån.

Denna dagvattenutredning föreslår att skelettjordens dräneringsledning inte ansluta till befintlig dagvattenkulvert i sydost, så som föreslagits i systemhandlingen. Dagvattenkulverten kan nämligen komma att slopas i framtiden. Vidare är geotekniken mellan skelettjorden och kulverten relativt okänd och att lägga en ny dagvattenledning där kan innebära stora kostnader. Istället föreslås att dräneringsledningen ansluter västerut till den dagvattenledning som WSP projekterat och som ansluter vidare till befintlig allmän dagvattenledning västerut på Ystadsvägen.

Ur ett skyfallsperspektiv innebär planerad exploatering endast små förändringar jämfört med nuläget. Gatunätet ligger fortsatt lägre än omgivande byggnader och gatorna fungerar därmed som sekundära avrinningsvägar vid kraftiga regn.

Om föreslagna ändringar görs för att öka kapaciteten i skelettjorden kommer Åtgärdsnivån uppfyllas och reningen ska därmed uppnå de krav som Stockholms stad ställt (Stockholms stad, 2016a). Enligt föroreningsberäkningarna innebär planerad exploatering med rening i skelettjorden att halten av samtliga undersökta ämnen minskar eller förblir densamma som i nuläget. Trots att medelavrinningen ökar beräknas mängden föroreningar minska eller förbli densamma som i nuläget, med undantag för nickel och BaP som beräknas öka något i mängd.

Vid projektering av skelettjord inom systemhandling utökas ytan från 117 m<sup>2</sup> i tidigare skede till 200 m<sup>2</sup>. Åtgärdsnivån om ett omhändertagande av 20 mm enligt Stockholms stad uppnås därmed inom systemhandling.

## Innehållsförteckning

<b>1.</b>	<b>Inledning .....</b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrund och syfte .....	1
1.2	Uppdraget .....	1
1.3	Underlag .....	2
<b>2.</b>	<b>Förutsättningar .....</b>	<b>3</b>
2.1	Utredningsområde .....	3
2.2	Åtgärdsnivå .....	3
2.3	Checklista för dagvattenutredningar .....	4
2.4	Riksbyggens exploatering .....	4
2.5	Weserdomen .....	5
<b>3.</b>	<b>Befintliga förhållanden .....</b>	<b>6</b>
3.1	Geologi, geotekniska förhållanden och hydrologi .....	6
3.2	Recipient .....	7
3.2.1	Miljökvalitetsnormer .....	8
3.2.2	Lilla Värtan .....	8
3.3	Natur- och kulturintressen .....	9
3.4	Markavvattningsföretag .....	9
3.5	Potentiellt förorenade områden .....	9
3.6	Topografi, avrinning och befintligt VA .....	9
3.6.1	Lågpunktskartering .....	12
<b>4.</b>	<b>Utredningsområdets föreslagna utformning enligt systemhandling .....</b>	<b>13</b>
4.1	Framtida avvattning och projekterat dagvattensystem .....	14
4.1.1	Utformning av trädtrad med skelettjord .....	17
<b>5.</b>	<b>Beräkning av magasinsbehov .....</b>	<b>19</b>
5.1	Metod .....	19
5.2	Magasinsberäkning .....	19
5.3	Tömningstid .....	19
<b>6.</b>	<b>Flödes- och föroreningsberäkningar .....</b>	<b>20</b>
6.1	Metod .....	20
6.1.1	<b>Osäkerheter i beräkningsverktyget StormTac .....</b>	<b>20</b>
6.2	Flödesberäkning .....	21
6.3	Föroreningsberäkning .....	23
<b>7.</b>	<b>Rekommendationer och analys av föreslaget dagvattensystem .....</b>	<b>24</b>
7.1	Höjdsättning och sekundära avrinningsvägar .....	24

7.2	Dimensionering av skeletttjord .....	25
7.3	Rening.....	25
7.4	Dränering och anslutning till det allmänna dagvattennätet.....	26
7.5	Befintliga dagvattenledningar avleds till Henriksdals reningsverk .....	27
<b>8.</b>	<b>Påverkan på recipient .....</b>	<b>27</b>
<b>9.</b>	<b>Fortsatt arbete .....</b>	<b>28</b>
<b>10.</b>	<b>Så här blev det .....</b>	<b>28</b>
<b>11.</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>29</b>

## Bilagor

Bilaga 1. Avvattningsplan

## Dagvattenutredning Tjockan

### 1. Inledning

#### 1.1 Bakgrund och syfte

Malmövägen i Björkhagen ska flyttas och ett bostadshus ska byggas på den befintliga vägkroppen. I samband med framtagande av systemhandling för Malmövägens nya sträckning skall förutsättningarna för omhändertagande av dagvatten klarläggas.

#### 1.2 Uppdraget

Exploateringskontoret i Stockholms stad har gett Ramböll Sverige AB i uppdrag att ta fram en dagvattenutredning i samband med flytt och ombyggnation av en befintlig gata, Malmövägen, i Björkhagen. Utredningen ska klarlägga förutsättningarna för dagvattenhantering inom området med hänsyn till planerad exploatering. Utredningen ska följa Stockholm stads checklista för dagvattenutredningar (Stockholms stad, 2017a).

Utredningen omfattar:

- beskrivning av dagvattenrecipienten och dess statusklassning
- beskrivning av dagvattenavrinningen före och efter exploatering
- beräkning av flöden samt erforderligt fördröjningsmagasin enligt Stockholms stads åtgärdsnivå (Stockholms stad, 2016a)
- översiktliga föroreningsberäkningar
- konsekvenser på recipienten av planförslaget

### 1.3

#### Underlag

Det underlag som ligger till grund för utredningen redovisas i Tabell 1.

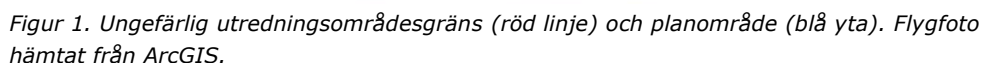
Tabell 1. Underlag som använts i dagvattenutredningen.

Underlag	Datum	Källa
Åtgärdsnivå vid ny- och större ombyggnation	2016, version 1.1	Stockholms stad
Checklista		
dagvattenutredningar i stadsbyggnadsprocessen	2017-06-16	Stockholms stad
T-50-P-001.dwg (Systemhandling Gata)	2018-02-20	iBinder Tjockan-Malmövägen/Systemhandling/02 T-Gata/Modell
ACAD-T-33-V-003-Model.dwg (Systemhandling Gata)	2018-02-20	iBinder Tjockan-Malmövägen/Systemhandling/02 T-Gata/Modell
R-51-P-001.dwg (Systemhandling VA)	2018-05-16	Agneta Norén, WSP
L-30.1-003, L-30.6-002 (Systemhandling LA)	2018-03-19	iBinder Tjockan-Malmövägen/Systemhandling/01 L-Landskap/Pdf
Bergtekniskt PM07	2018-01-29 rev. 2018-03-14	Geosigma
Plankarta, Samrådshandling, Förslag, Detaljplan för del av fastigheten Hammarbyhöjden 1:1	2016-11-08	Stockholms stadsbyggnadskontor, Planavdelningen
Plankarta, Utkast, Detaljplan för del av fastigheten Hammarbyhöjden 1:1	2018-05-17	Saba Carelli, Planarkitekt Ramböll
Planbeskrivning, Detaljplan för Hammarbyhöjden 1:1 i stadsdelen Björkhagen, S-Dp 2014-00357	2016-11-15	Stockholms stadsbyggnadskontor, Planavdelningen



## 2.1 Utredningsområde

\\sto3\sva\2018\1320034566\3\_teknik\rdokument\beskrivningar\dagvattenutredning\_tjockan\_20190409.docx



Stockholms stad har tagit fram ett dimensioneringskrav för dagvatten, en så kallad Åtgärdsnivå (Stockholms stad, 2016a) (hädanefter kallad "Åtgärdsnivån") som gäller vid ny- och större ombyggnation. Åtgärdsnivån baseras på bedömningen att föroreningsbelastningen från dagvatten behöver minska med 70-80 % för att miljökvalitetsnormerna för stadens vattenförekomster ska följas. För att nå detta krävs enligt Stockholms stad att 90 % av dagvattnets årsvolym



fördröjs, vilket motsvarar magasinering av de första 20 mm nederbörd i dagvattenanläggningar.

Stockholms stads åtgärdsnivå säger följande:

- Vid ny- och större ombyggnation i Stockholms stad ska dagvatten från hårdgjorda ytor fördröjas och renas i hållbara dagvattensystem.
- Systemen ska dimensioneras med en våtvoly m på 20 mm och ha en mer långtgående rening än sedimentation. För att ge tillräcklig avskiljning ska våtvoly men utformas som en permanentvoly m, eller en volym som avtappas via ett filtrerande material med en hastighet som ger en effektiv avskiljning av föroreningar.
- En mindre våtvoly m kan accepteras i de fall anläggningen ändå kan uppnå syftet med åtgärdsnivå n. Förväntad funktion och reningseffekt ska kunna redovisas.
- Avsteg kan medges i de fall tekniska förutsättningar, naturliga förhållanden eller orimliga kostnader i förhållande till miljönyttan medför att det inte är möjligt eller motiverar att dimensionera en dagvattenanläggning som ger den reduktion av föroreningar som behöver uppnås. Motiv och underlag ska i så fall redovisas.

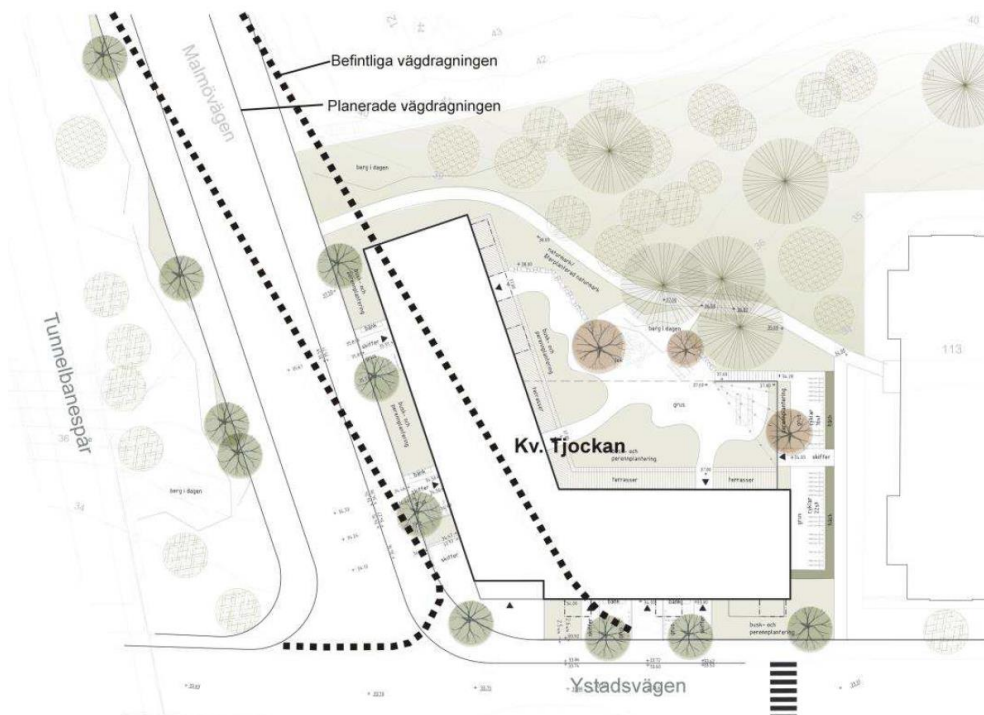
Åtgärdsnivå n ligger till grund för beräkningar av magasinbehov i denna utredning.

### 2.3 Checklista för dagvattenutredningar

Stockholms stad har utvecklat en checklista för dagvattenutredningar. Syftet med checklistan är att belysa viktiga frågor i dagvattenhanteringen och ge en enhetlig handledning i arbetet med dagvattenutredningar. Checklistan har följts i denna dagvattenutredning.

### 2.4 Riksbyggens exploatering

Riksbyggen planerar att uppföra bostadshus i grönområdet öster om Malmövägen samt på en del av Malmövägens befintliga läge (Figur 2). WRS har tagit fram en dagvattenutredning för dessa bostadshus (WRS, 2016). WRS föreslår bl.a. gröna tak, svackdiken och nedsänkta växtbäddar för att omhänderta 20 mm nederbörd.



Figur 2. Riksbyggen planerar att uppföra bostadshus öster om Malmövägen, delvis på den befintliga vägkroppen. Illustrationsplan daterad 2015-11-13, hämtad från WRS dagvattenutredning (WRS, 2016).

## 2.5

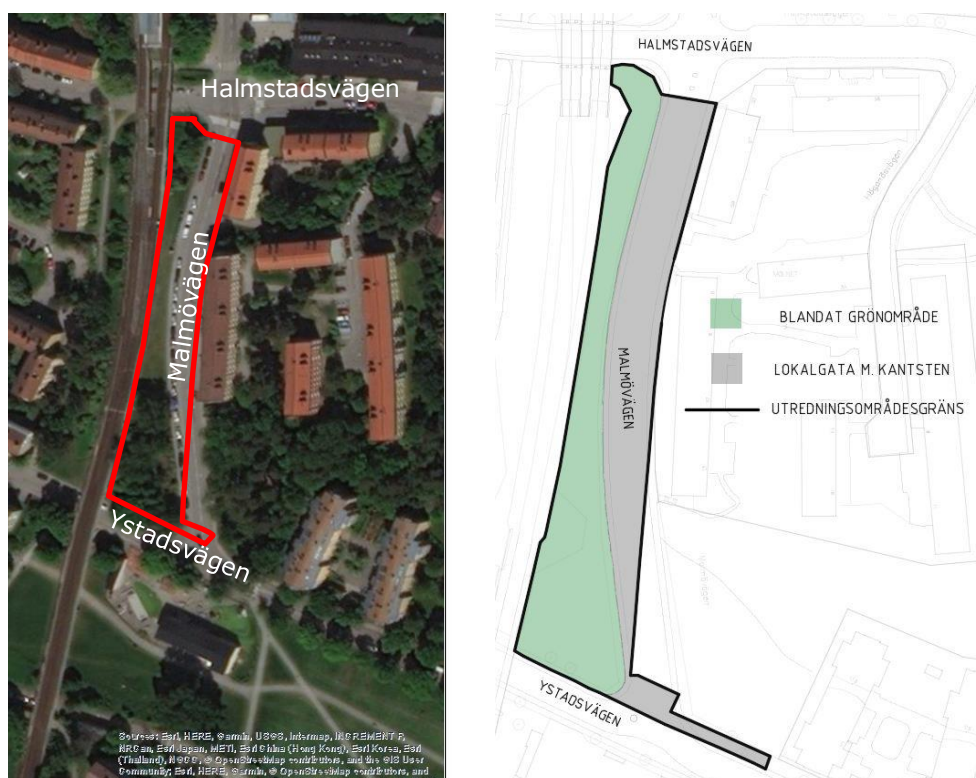
### Weserdomen

Under en prövning i Tyskland begärde den tyska domstolen ett förhandsavgörande från EU-domstolen gällande hur miljö kvalitetsnormerna i EU:s vattendirektiv ska tolkas och tillämpas. I förhandsavgörandet fastslog EU-domstolen att en medlemsstad är skyldig att inte meddela tillstånd till verksamheter som riskerar att orsaka en försämring av status eller äventyrar att miljö kvalitetsnormerna uppnås. EU-domstolen tolkar också begreppet "försämring" som en försämring till en lägre klass för en enskild kvalitetsfaktor, även om inte den sammanvägda statusen försämras. Om en kvalitetsfaktor redan befinner sig i den lägsta klassen innebär varje ytterligare försämring av denna en försämring av statusen.

### 3. Befintliga förhållanden

Utredningsområdets yta är ca 4 720 m<sup>2</sup> och omfattar Malmövägens befintliga och planerade läge samt ett grönområde väster om Malmövägen (Figur 3).

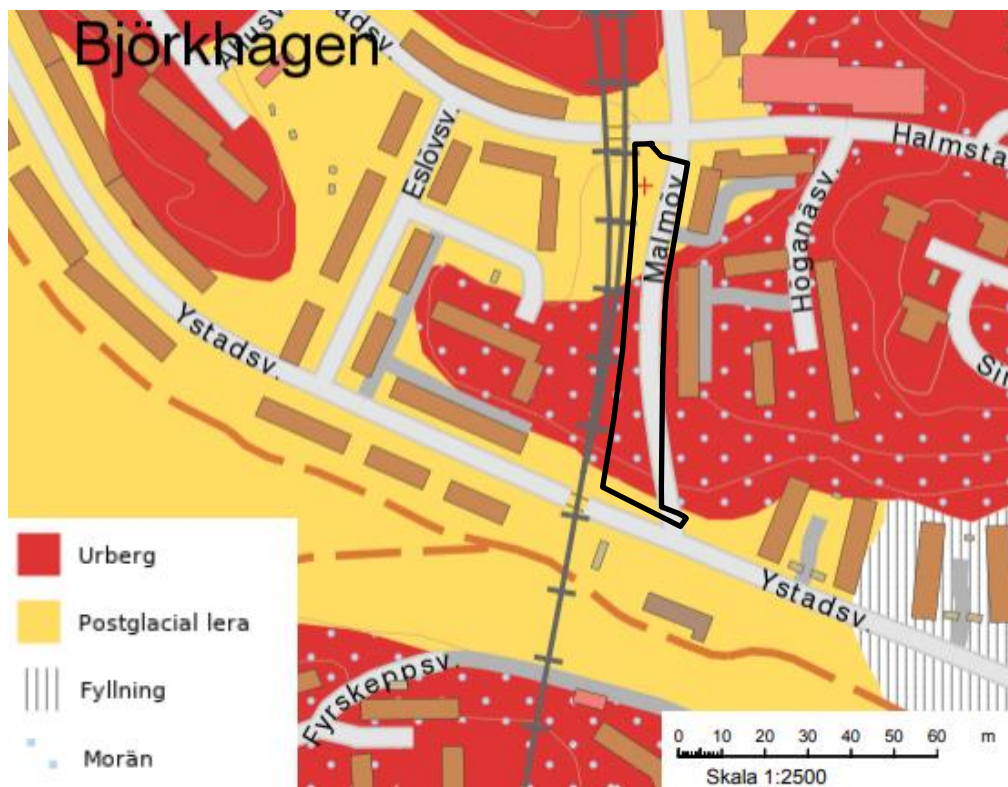
Malmövägens nuvarande sträckning mellan Halmstadsvägen och Ystadsvägen är svängd och bitvis brant. Öster om Malmövägen ligger två flerbostadshus. I väster finns naturmark med gräsmatta och bergiga partier samt tunnelbanespår. Söder om Ystadsvägen finns en större gräsyta, ett gärde.



Figur 3. Utredningsområdets nuvarande markanvändning.

#### 3.1 Geologi, geotekniska förhållanden och hydrologi

Sveriges geologiska undersökning (SGU) tillhandahåller kartor över geologisk information i Sverige via *Geokartan* (SGU, 2018). De dominerande jordarterna inom utredningsområdet är enligt SGU urberg med ett tunt eller osammanhängande ytlager av morän samt postglacial lera (Figur 4). Lera och berg har mycket låg genomsläpplighet för vatten och infiltrationen i området är troligen begränsad.



Figur 4. Jordartskarta för utredningsområdet med omgivning (SGU, 2018b). Ungefärlig utredningsområdesgräns är markerade med svart.

Enligt det bergtekniska PM som tagits fram (Geosigma, 2018) bedöms baserat på områdets topografi att grundvattennivån ligger "en bit ner" under marken.

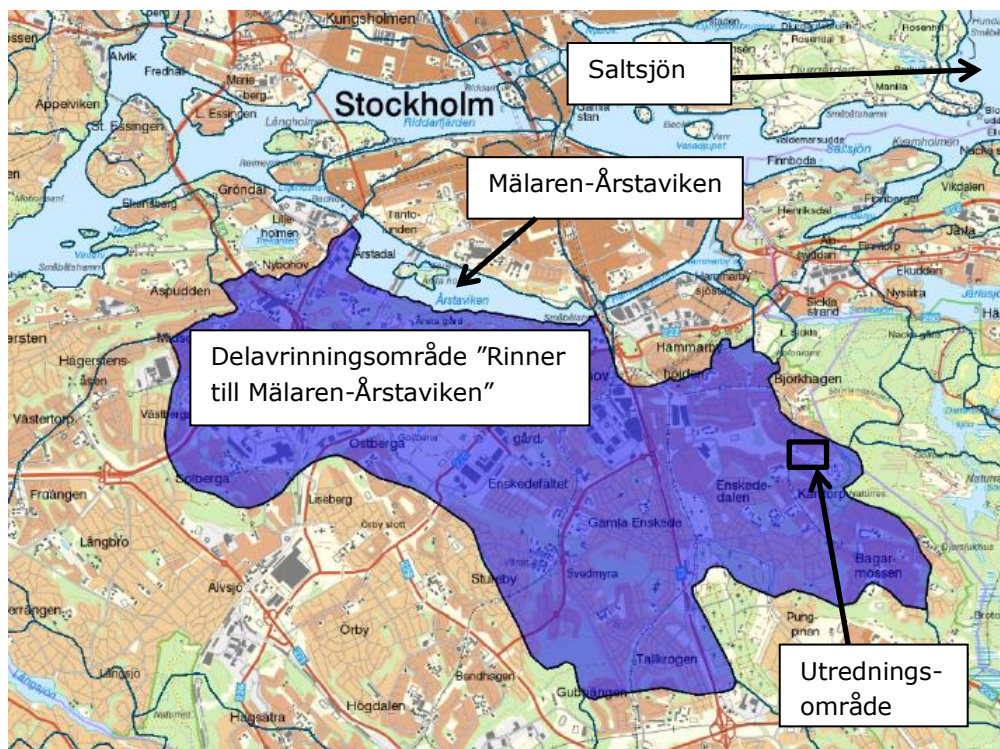
### 3.2

#### Recipient

Utredningsområdet är en del av huvudavrinningsområdet Norrström (VISS, 2018a). Utredningsområdet ingår i delavrinningsområdet "Rinner till Mälaren-Årstaviken" som avvattnas i recipienten Mälaren-Årstaviken (Figur 5). Enligt VISS är avrinningsområdets area ca 21,0 km<sup>2</sup>. Utredningsområdet upptar därmed ca 0,02 % av delavrinningsområdets totala area.

Enligt en övergripande dagvattenutredning för Hammarbyhöjden och Björkhagen (Ramböll, 2014) avleds dagvattenledningar inom och i anslutning till utredningsområdet till en spillvattentunnel och vidare till Henriksdals reningsverk. Där renas vattnet och släpps ut i Saltsjön som tillhör vattenförekomsten Lilla Värtan.





Figur 5. Översikt av delavrinningsområdet Rinner till Mälaren-Årstaviken samt recipienten (VISS, 2018b).

### 3.2.1

#### Miljökvalitetsnormer

Miljökvalitetsnormer (MKN) för vattenförekomster utgör kvalitetskrav. För ytvattenförekomster syftar normerna till att hög eller god ekologisk status och god kemisk ytvattenstatus skulle uppnås senast 2015, om de inte omfattas av undantag. Undantag kan meddelas i form av tidsfrist, exempelvis god ekologisk status 2021, eller mindre strängt krav. Som underlag för MKN har ekologisk status eller potential samt kemisk ytvattenstatus bedömts för varje vattenförekomst. Ekologisk status är en sammanvägning av biologiska, kemiska och hydrologiska parametrar och klassificeras i fem klasser: hög, god, måttlig, otillfredsställande och dålig status. Kemisk ytvattenstatus bestäms av gränsvärden för ett antal ämnen som är gemensamma för EU. Samtliga ämnen är miljögifter och benämns i vattenförvaltningsarbetet som prioriterade ämnen. Exempel på prioriterade ämnen är: kadmium, kvicksilver, tributyltenn (TBT) och flera olika polyaromatiska kolväten (PAH). Om gränsvärdet för ett av ämnena överskrider klaras inte kravet på god kemisk ytvattenstatus.

### 3.2.2

#### Lilla Värtan

Lilla Värtans (EU-CD: SE658352-163189) status klassades av VISS 2015-08-14 (VISS, 2018c). Enligt klassningen har Lilla Värtan måttlig ekologisk status. Avgörande för statusbedömningen är måttlig status för bottenfauna och

växtplankton. Lilla Värtan uppnår ej god kemisk status, även utan överallt överskridande ämnen, pga. höga halter PBDE, PFOS, antracen, tributyltenn samt dioxinlika PCB:er och dioxiner.

Enligt VISS arbetsmaterial daterat 2017-09-06 är miljökvalitetsnormen Måttlig ekologisk status senast 2027 och God kemisk ytvattenstatus, med undantag i form av mindre stränga krav för PBDE och kvicksilver samt tidsfrist 2027 för antracen och tributyltenn.

### 3.3 **Natur- och kulturintressen**

Det finns inte några särskilda natur- eller kulturintressen inom utredningsområdet. Ungefär 500 meter öster om utredningsområde ligger Nacka naturreservat. Den planerade byggnationen bedöms inte ha en negativ inverkan på naturreservatet eftersom utredningsområdet inte avvattas mot reservatet.

### 3.4 **Markavvattningsföretag**

Inom utredningsområdet finns inga kända markavvattningsföretag.

### 3.5 **Potentiellt förorenade områden**

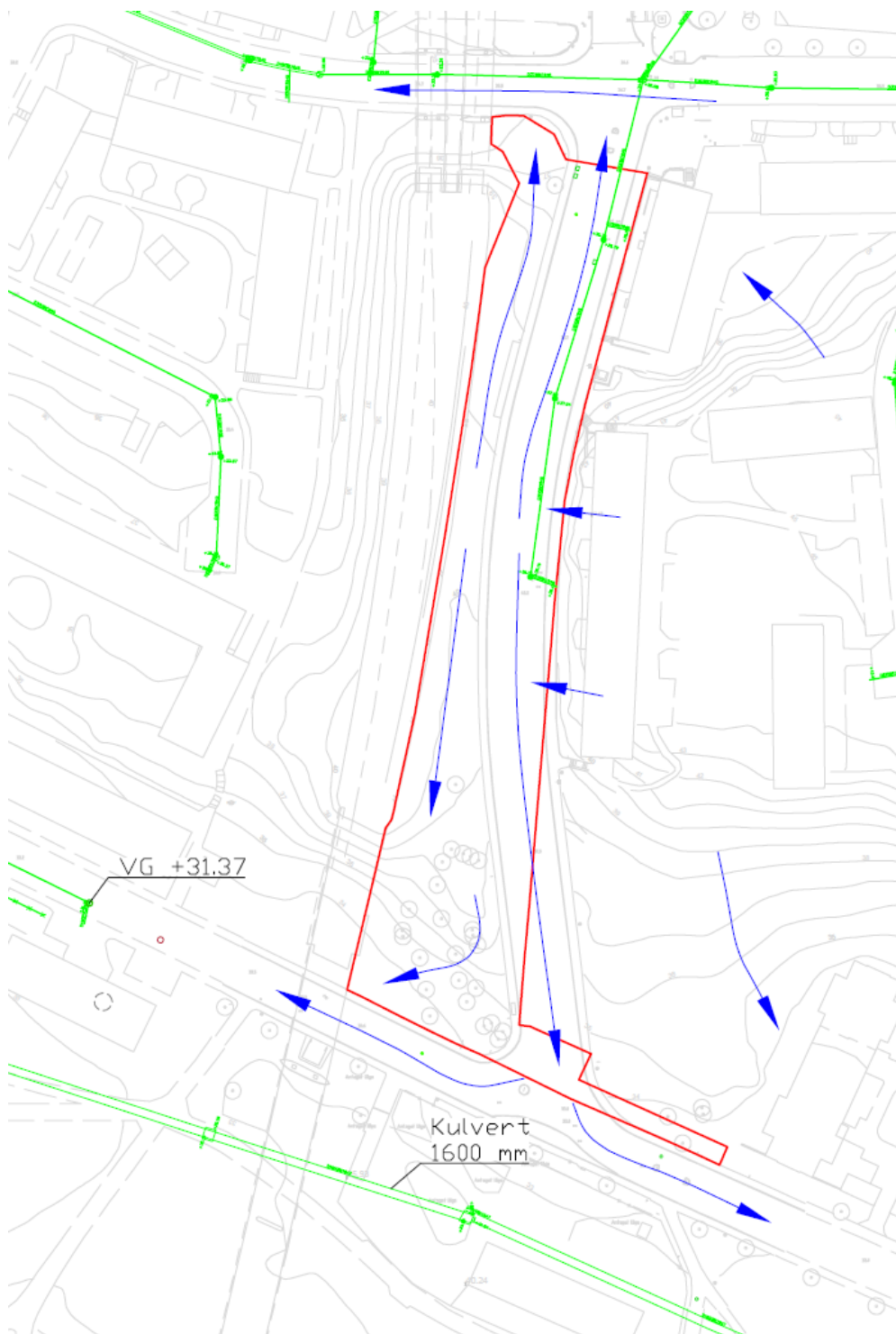
Enligt Länsstyrelsens WebbGIS (Länsstyrelsen Stockholm, 2018a) finns ett potentiellt förorenat område inom utredningsområdet, vid befintligt flerbostadshus öster om Malmövägen. Området är inte är riskklassat. Enligt Länsstyrelsen är den primära branschen "Grafisk industri" och den sekundära branschen "Ytbehandling av metaller, mekaniska/fysikaliska processer".

### 3.6 **Topografi, avrinning och befintligt VA**

Malmövägen lutar bitvis kraftigt och har en höjdpunkt inom utredningsområdet vilket gör att vägen kan delas upp i två avrinningsområden, ett som avvattas söderut och ett som avvattas norrut. Marknivån i höjdpunkten ligger på ca +40. Nivån längst i norr i korsningen med Halmstadsvägen ligger på ca +36. I söder på Ystadsvägen ligger marknivån på ca +33. Söder om Ystadsvägen ligger ett gärde med markhöjd omkring +33. Ystadsvägen i söder är relativt flack medan Halmstadsvägen i norr lutar västerut.

En befintlig dagvattenledning avleder vatten från de två flerbostadshusen norrut (Figur 6). Det finns inga gallerbrunnar längs Malmövägen. Dagvatten som rinner på ytan längs Malmövägen norrut leds troligen till någon av gallerbrunnarna i korsningen mellan Malmövägen och Halmstadsvägen (Figur 7).





Figur 6. Nuvarande avvattning. Utredningsområde (röd linje), ytavrinning (blå pilar) och allmänna dagvattenledningar (gröna).



Figur 7. Gallerbrunn i korsningen mellan Malmövägen och Halmstadsvägen. Foto taget under platsbesök 2018-05-07.

Större delen av Malmövägen avvattnas söderut och rinner troligen till stor del vidare på ytan längs Ystadsvägen österut eller västerut ned i befintliga gallerbrunnar och dagvattenledningen längs Ystadsvägen. Vid brunnen i Ystadsvägen närmast Malmövägen är vattengången på befintlig dagvattenledning +31,37.

Vid skyfall leds troligen en del vatten ut på gårdet söder om Ystadsvägen. Under platsbesök 2018-05-07 noterades att mycket skräp låg längs kantstenen på Ystadsvägen nära korsningen med Malmövägen. Skräpet har troligen förts dit med dagvatten som fastnat i detta område.

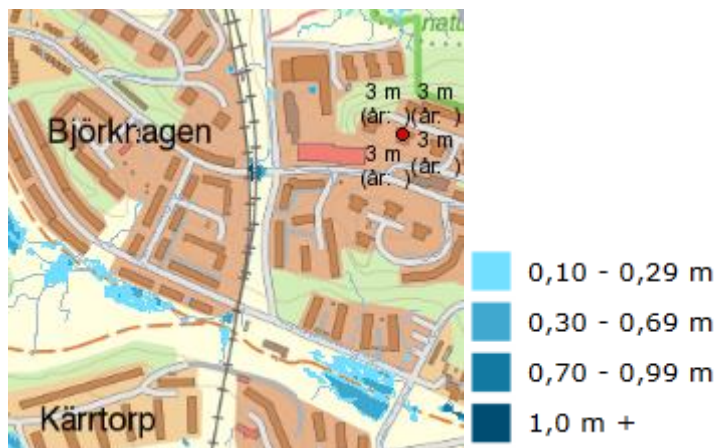
På gårdet finns en dagvattenkulvert med dimension 1600 mm (Figur 6). Kulverten lutar svagt västerut. Det pågår diskussioner om att i framtiden bebygga delar av gårdet och kulverten kan då behöva slopas eller läggas om.

Markhöjderna inom utredningsområdet ligger mellan +33 och +40 m över havsnivå. Utredningsområdet påverkas därmed inte av stigande havsnivåer.

### 3.6.1

#### Lågpunktskartering

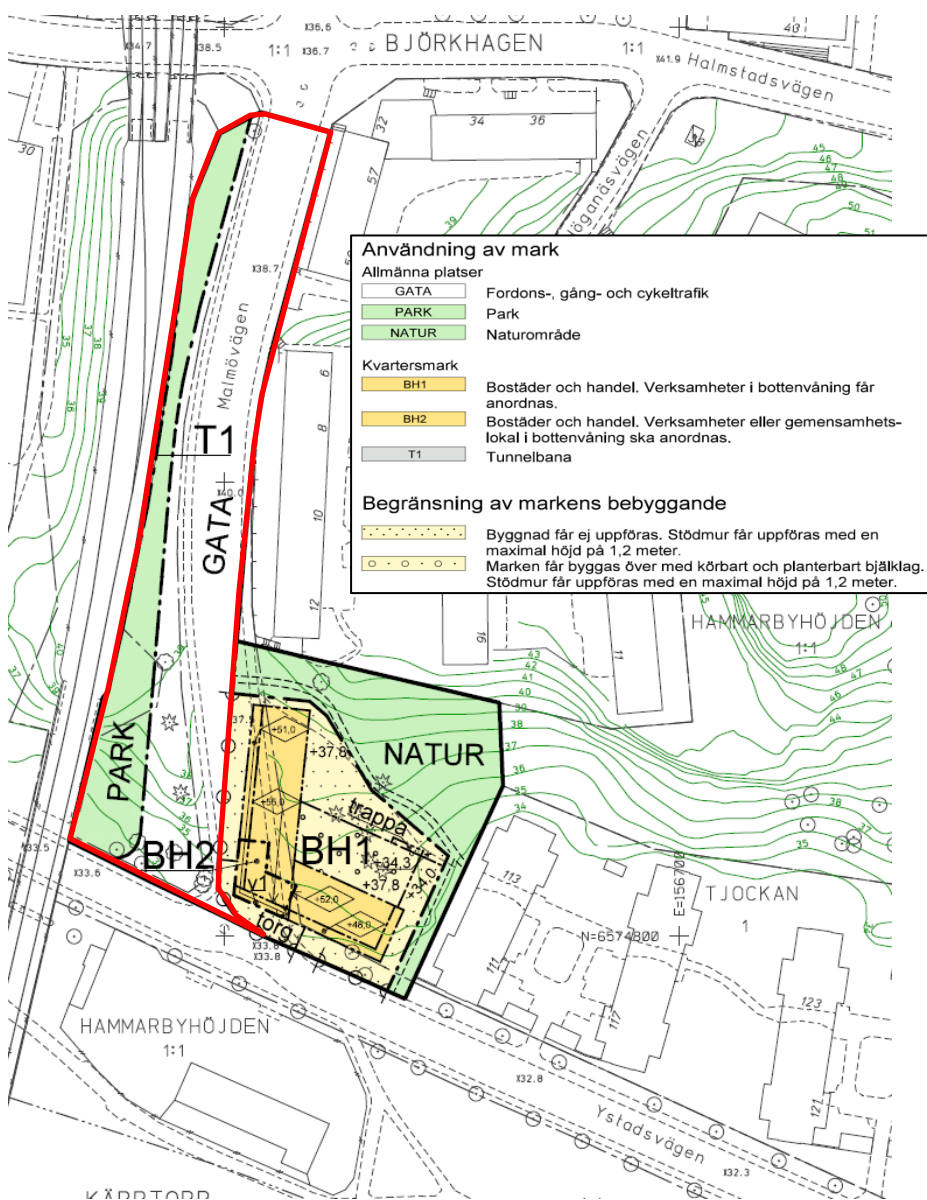
Stockholms länsstyrelse har genomfört en bedömning av översvämningsrisken vid skyfall (Länsstyrelsen Stockholm, 2018b). Figur 8 visar ett utdrag från denna innehållandes lågpunktskartering och flödesackumulationslinjer. Karteringen visar att inget ytligt rinnande vatten samlas inom utredningsområdet. På gårdet söder om utredningsområdet ses en större ansamling med vatten. Även under tunnelbanan längs Halmstadsvägen, norr om utredningsområdet, finns en lågpunkt.



Figur 8. Lågpunktskartering och flödesackumulationslinjer för detaljplaneområdet och dess närmaste omgivning (Länsstyrelsen Stockholm, 2018).

#### 4. Utredningsområdets föreslagna utformning enligt systemhandling

Utredningsområdet utgör en del av detaljplaneområdet för "Del av fastigheten Hammarbyhöjden 1:1" (Figur 9). En del av Malmövägen, närmast Ystadsvägen, planeras att flyttas åt väster så att en rätare vinkel bildas i korsningen mellan Malmövägen och Ystadsvägen. Syftet är att göra plats för de bostäder (BH1, BH2) som Riksbyggen planerar att bygga på delar av den befintliga vägkroppen.



Figur 9. Plankarta för Hammarbyhöjden 1:1 (Stockholms stadsbyggnadskontor, 2016). Planområdesgränsen är markerad med svart linje och den ungefärliga utredningsområdesgränsen är markerad med röd linje. Malmövägens nuvarande dragning ses också i figuren.

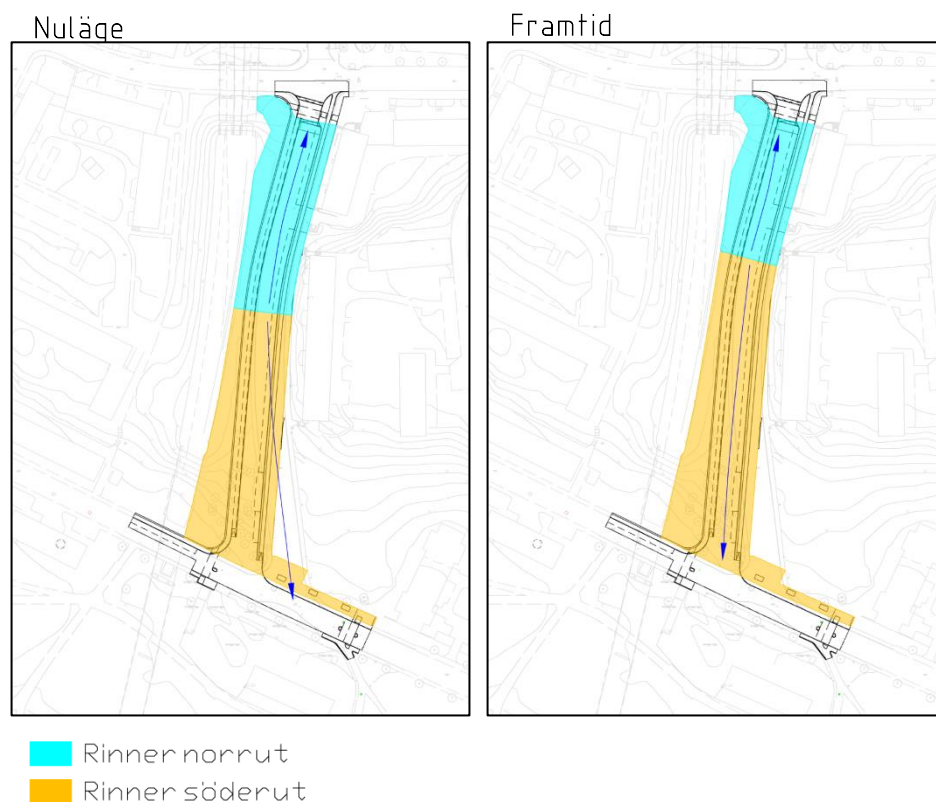
I och med Malmövägens nya sträckning minskar arean på grönområdet mellan Malmövägen och tunnelbanespåret. Befintliga grönytor och träd planeras att bevaras i den mån det är möjligt.

Malmövägens profil sänks och bitvis minskar vägens lutning. Samtidigt flyttas höjdpunkten på Malmövägen något norrut, så att en större del av Malmövägen avvattas söderut.

#### 4.1

#### Framtida avvattning och projekterat dagvattensystem

När Malmövägens höjdpunkt flyttas kommer en större del av vägen avvattas söderut (Figur 10). I och med detta ökar dagvattenflödet söderut, medan flödet norrut minskar.



Figur 10. Avrinningsområden i nuläget (t.v.) och i framtiden (t.h.). Malmövägens nuvarande läge ses i den grå bakgrundskartan.

Malmövägen föreslås ha bombering, dvs. dubbelskevning, så att dagvatten rinner mot kantstenen. Även gångbanan avvattas mot kantstenen. Dagvatten kommer



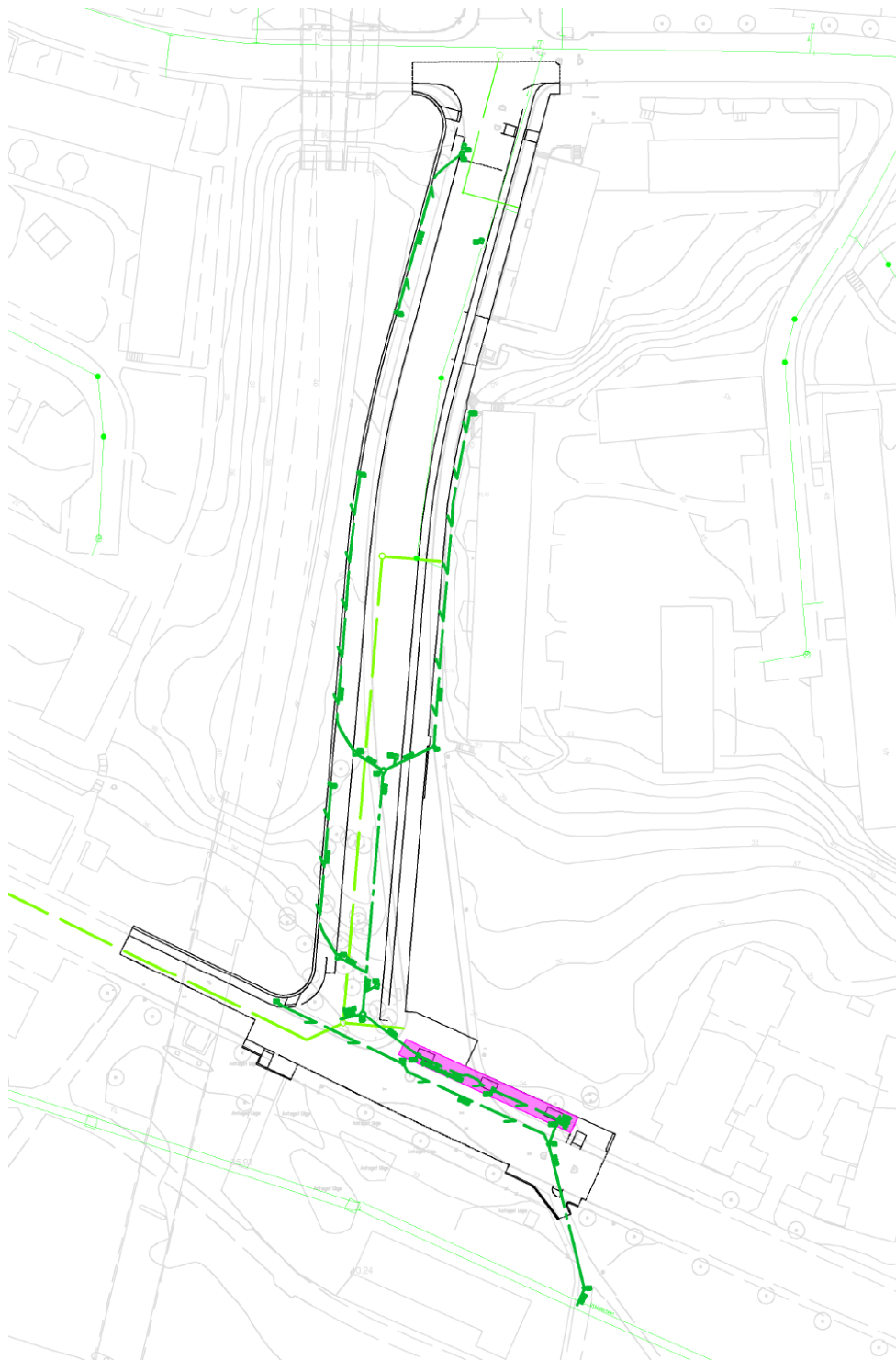
alltså rinna längs kantstenen norrut samt söderut. Dagvatten som rinner norrut längs den västra kantstenen leds ned i en ny dagvattenledning som ansluter till en befintlig dagvattenledning i Halmstadsvägen (Figur 11). Dagvatten som rinner norrut längs den östra kantstenen leds på ytan till befintliga dagvattenbrunnar i korsningen mellan Malmövägen och Halmstadsvägen och rinner sedan också vidare i den befintliga dagvattenledning i Halmstadsvägen.

Dagvatten som avleds söderut längs Malmövägen rinner först på ytan längs kantstenen och sedan ned i fyra dagvattenbrunnar, två på vardera sidan av vägen. Dagvattnet leds ned i dagvattenledningar med dimension 200 mm och samlas sedan upp i dagvattenledning med dimension 300 mm. Denna leds vidare till en skelettjord via en spridarledning med dimension 160 mm (Dr160) som är perforerad och vars syfte är att så snabbt som möjligt leda ut dagvattnet i det luftiga bärlagret och skelettjorden (Figur 12).

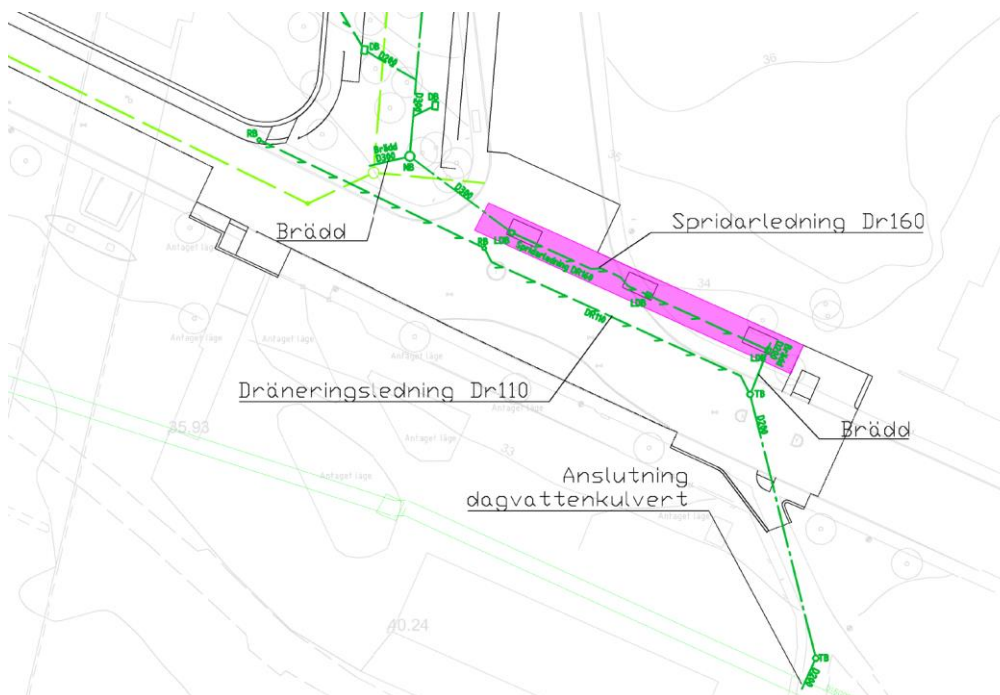
I skelettjordens botten föreslås en dräneringsledning med dimension 110 mm (Dr110) som leder bort överskottsvatten. Enligt systemhandlingen ansluter dräneringsledningen till befintlig dagvattenkylvert ute på gärdet med dimension 1600 mm via en dagvattenledning med dimension 200 mm.

Två bräddpunkter har projekterats på vardera sidan om skelettjorden. Den västra bräddpunkten ansluter till en dagvattenledning som WSP projekterat längs Ystadsvägen och som leder vidare till befintlig allmän dagvattenledning. Den östra bräddpunkten ansluter till befintlig dagvattenkylvert på gärdet.





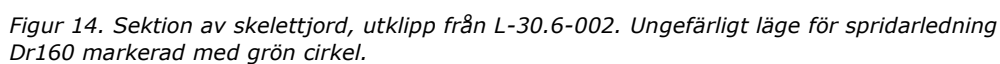
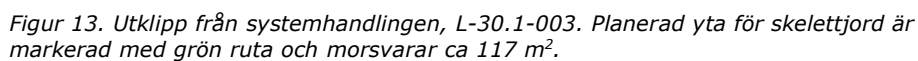
Figur 11. Projekterade dagvattenledningar i systemhandling i mörkgröna tjocka linjer (Structor) och ljusgröna tjocka linjer (WSP) samt skelettjord (rosa yta). Befintliga dagvattenledningar ses i gröna, tunna linjer. Linjer med pilar är dränerings/spridarledningar.



Figur 12. Projekterade dagvattenledningar i systemhandling i mörkgröna tjocka linjer (Structor) och ljusgröna tjocka linjer (WSP) samt skelettjord (rosa yta). Befintliga dagvattenledningar ses i gröna, tunna linjer. Linjer med pilar är dränerings/spridarledningar.

#### 4.1.1 Utformning av trädrad med skelettjord

I systemhandlingen (L-30.1-003) föreslås skelettjorden uppta ca 117 m<sup>2</sup> (Figur 13). Skelettjorden är uppbyggt av ett luftigt bärlager följt av ett lager av kolmakadam som är utblandat med kompost och biokol (Figur 14). Det luftiga bärlagret är 150 mm djupt och uppbyggt med en makadamfraktion av 32/63 mm. Kolmakadamen är 600 mm djup och uppbyggt av makadamfraktionen 32/90 mm med 15 volymprocent inblandning av 1 del näringsberikad biokol och 1 del kompost. Biokolen ska bl.a. bidra till att hålla vatten och näring i jorden och bidrar därmed till trädens välmående.



## 5. Beräkning av magasinsbehov

### 5.1 Metod

Dagvattenmagasinen ska dimensioneras enligt Stockholms stads åtgärdsnivå (Stockholms stad, 2016a). Beräkningarna av magasinsbehov har gjorts enligt stadens beräkningsmetodik (Stockholms stad, 2017b).

I samråd med Stockholms stad har en bedömning gjorts att endast det södra avrinningsområdet (Figur 10) omfattas av Åtgärdsnivån. Åtgärdsnivån gäller vid ny- och större ombyggnation. I det norra området sker ingen större ombyggnation eftersom gatan i stora drag bevaras som i nuläget. Dessutom minskar avrinningen norrut pga. den nya höjdsättningen av gatan.

### 5.2 Magasinsberäkning

Magasinsberäkningen är gjord för den reducerade area som avvattnas söderut, till skelettjorden, efter planerad ombyggnation dvs. ca 0,20 ha (Tabell 2). 20 mm regndjup på 0,20 ha = 2 000 m<sup>2</sup> ger en volym att fördröja på 2 000 m<sup>2</sup> \* (20/1000) m = 40 m<sup>3</sup>. För att uppnå åtgärdsnivån krävs alltså en magasinsvolym om **40 m<sup>3</sup>**.

Den skelettjord som projekterats omfattar ca 117 m<sup>2</sup> och består av 150 mm luftigt bärlager och 600 mm kolmakadam. Om det luftiga bärlagret och kolmakadamen antas ha en porositet på 0,3 blir den totala porvolymen i den projekterade skelettjorden  $117 * (0,15 + 0,6) * 0,3 = 26 \text{ m}^3$ , vilket är mindre än vad som är erforderligt för att uppnå åtgärdsnivån (40 m<sup>3</sup>).

För att skapa erforderlig magasinsvolym i skelettjorden krävs att skelettjordens area ökar och/eller att djupet ökar. Om föreslagen sektion behålls (Figur 14) krävs att arean på skelettjorden ökas till ca **178 m<sup>2</sup>**.

### 5.3 Tömningstid

Enligt systemhandlingen läggs en dräneringsledning med dimension 110 mm i botten på skelettjorden. Enligt Pipelifes beräkningsverktyg för flödesförlustberäkning för fyllda tryckrör och avloppsrör (Pipelife, 2018) har en självfallsledning med ytterdiameter 110 mm, SDR 32 (klass för tjocklek på röret), råhetstal 0,1 och 5 ‰ fall en kapacitet på ca 5,54 l/s. Ett magasin som håller 40 m<sup>3</sup> vatten och töms med hastigheten 5,54 l/s får en uppehållstid på ca 2 h. Enligt Stockholms stad (Stockholms stad, 2017b) ska anläggningarna som långsammast avtappas under 12 h för att magasinet ska hinna tömmas innan nästa regn kommer. Dock bör tömningstiden enligt Stockholms stad inte vara för kort utifrån ett reningsperspektiv.

## 6. Flödes- och föroreningsberäkningar

Flödes- och föroreningsberäkningar har gjorts för den del av utredningsområdet som avvattnas söderut. I och med den förändrade höjdsättningen av Malmövägen ökar andelen hårdgjorda ytor som avvattnas söderut efter exploatering jämfört med i nuläget.

### 6.1 Metod

Flöde och föroreningar har beräknats i det webbaserade verktyget StormTac (v18.2.2). I verktyget beräknas flöden och fördröjningsvolym enligt Svenskt Vattens publikation P110 (Svenskt Vatten, 2016). Föroreningar beräknas utifrån schablonhalter som baseras på långa, flödesproportionella provtagningsserier och motsvarar årsmedelkoncentrationer vid den årliga nederbörden 636 mm. Föroreningsberäkningarna omfattar både inläckande grundvatten, så kallat basflöde, och dagvatten. Näringsämnena kväve (N) och fosfor (P), tungmetaller (Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Hg), suspenderad substans (SS), oljeindex, polycykliska aromatiska kolväten (PAH16) samt benso(a)pyren (BaP) inkluderas i beräkningen.

Föroreningastransport har i denna utredning beräknats med den korrigerade årliga årsnederbörden 600 mm/år i enlighet med Stockholms stads beräkningsmetodik (Stockholms Stad, 2017b).

#### 6.1.1 Osäkerheter i beräkningsverktyget StormTac

I modellen sammanställs schablonvärden i form av årliga avrinningskoefficienter och schablonhalter för olika markanvändning. Schablonvärdena uppdateras kontinuerligt efter kännedom om nya undersökningar. I StormTac beräknas årlig föroreningsbelastning utifrån total årlig nederbörd (korrigerad för mätfelel avdunstning, vind och vidhäftning), volymavrinningskoefficienter, areor och schablonhalter per markanvändning i tillrinningsområdet. I modellen kan även årsmedelhalt beräknas.

Kalibrering av schablonhalterna görs med hänsyn till tidstrender och för ämnen med få data görs jämförelser med data från liknande markanvändning. En enda undersökning (ett specifikt databasvärde) utgör värdet av en lång serie av flödesproportionellt tagna samlingsprover. Detta innebär att enskilda värden kan utgöra ett sammanställt medelvärde av flera prover eller många olika undersökningar. Vid val av schablonhalt har hänsyn tagits till detta.

Främst svenska undersökningar har använts för kalibreringen varmed dessa schablonhalter är mest tillförlitliga för svenska förhållanden, men på grund av bristen på data för vissa föroreningar och vissa markanvändningar har även internationella studier använts. Generellt är tillförlitligheten högst (spridningen minst) för de olika bostadsområdena och genomfartsvägar samt för ämnena partiklar (SS), näringsämnena och metaller, undantaget kvicksilver. I ett markanvändningsområde exempelvis villabebyggelse ingår även lokalgatorna, så dessa ska inte beräknas separat. En översiktligt utförd bedömning av hur säker eller osäker respektive schablonhalt är finns redovisat på [www.stormtac.com](http://www.stormtac.com).

## 6.2

### Flödesberäkning

Flödet av dagvatten har beräknats utifrån markanvändning, ytor och avrinningskoefficienter som redovisas i Tabell 2. Beräkningarna har gjorts för de ytor som avvattnas söderut före respektive efter exploatering (Figur 10). Avrinningskoefficienterna är satta enligt Svenskt Vatten P110 (2016).

Tabell 2. Markanvändning, avrinningskoefficienter och reducerad area för flödesberäkning i utredningsområdet före samt efter exploatering.

	Markanvändning	Avr. Koefficient	Area (ha)	Reducerad area (ha)
Innan exploatering	Lokalgata m. kantsten	0,85	0,12	0,1
	Blandat grönområde	0,10	0,17	0,02
	<b>Totalt</b>		<b>0,29</b>	<b>0,12</b>
Efter Exploatering	Lokalgata m. kantsten	0,85	0,24	0,21
	Blandat grönområdet	0,10	0,09	0,01
	<b>Totalt</b>		<b>0,33</b>	<b>0,22</b>

Resultatet av flödesberäkningarna ses i Tabell 3 och Tabell 4. Flödesberäkningar före exploatering har utförts för ett 10-årsregn och ett 20-årsregn utan klimatfaktor. Varaktigheten är utredningsområdets rinntid. Dagvatten antas rinna på asfalten ca 100 m med hastighet 0,5 m/s, dvs. samma rinnhastighet som rännsten enligt P110 (Svenskt Vatten, 2016). Detta ger att varaktigheten blir mindre än 10 minuter. 10 minuter är den kortaste rinntiden som används i flödesberäkningar.

Flödesberäkningar efter exploatering har gjorts för 10-årsregn och 20-årsregn, med och utan klimatfaktor 1,25 samt med och utan åtgärder (skelettjorden). Skelettjorden antas omhändertä 20 mm i enlighet med Åtgärdsnivån.

Varaktigheten utan åtgärder är utredningsområdets rinntid. Efter exploatering antas dagvatten rinna på gatan 60 m med hastighet 0,5 m/s och sedan i ledning 60 m med hastighet 1,5 m/s (Svenskt Vatten, 2016). Detta ger en rinntid under 10 minuter.

Varaktigheten med åtgärder är summan av utredningsområdets rinntid och anläggningarnas uppfyllnadstid. Uppfyllnadstiden bestämdes utifrån figur 2 och 3 i PM Beräkningsmetodik baserat på antagandet att 20 mm regnvolym omhändertas i skelettjorden (Stockholms stad, 2017b), se Tabell 5.



Tabell 3. Dagvattenflöden vid ett 10-årsregn.

	Före exploatering	Efter exploatering utan åtgärder		Efter exploatering med åtgärder	
	Utan klimatfaktor	Utan klimatfaktor	Med klimatfaktor 1,25	Utan klimatfaktor	Med klimatfaktor 1,25
Varaktighet (min)	10	10	10	37	25
Regnintensitet (l/s, ha)	228	228	285	100	163
Reducerad area (ha)	0,11	0,20	0,20	0,20	0,20
<b>Flöde (l/s)</b>	<b>25</b>	<b>46</b>	<b>57</b>	<b>20</b>	<b>33</b>

Tabell 4. Dagvattenflöden vid ett 20-årsregn.

	Före exploatering	Efter exploatering utan åtgärder		Efter exploatering med åtgärder	
	Utan klimatfaktor	Utan klimatfaktor	Med klimatfaktor 1,25	Utan klimatfaktor	Med klimatfaktor 1,25
Varaktighet (min)	10	10	10	25	20
Regnintensitet (l/s, ha)	287	287	358	164	237
Reducerad area (ha)	0,11	0,20	0,20	0,20	0,20
<b>Flöde (l/s)</b>	<b>32</b>	<b>57</b>	<b>72</b>	<b>33</b>	<b>47</b>

Tabell 5. Anläggningens fyllnadstid enligt Figur 2 och 3 i PM Beräkningsmetodik baserat på antagandet att 20 mm regnvolym omhändertas i skelettjorden (Stockholms stad, 2017b).

	10 års återkomsttid		20 års återkomsttid	
	Utan klimatfaktor	Med klimatfaktor 1,25	Utan klimatfaktor	Med klimatfaktor 1,25
Fyllnadstid (min)	27	15	15	10

### 6.3

#### Föroreningsberäkning

Föroreningsberäkningar har gjorts med markanvändningar och avrinningskoefficienter enligt Tabell 2. Skelettjorden har lagts in i StormTac som reningsanläggning med yta 178 m<sup>2</sup> och med 750 mm makadam med porositet 0,3. Tillsats av biokol har också tagits med i beräkningarna.

Resultaten för föroreningsberäkningarna redovisas i Tabell 6 och Tabell 7. Det kan ses att halterna för alla studerade ämnen minskar eller förbli desamma som i nuläget efter exploatering med rening i skelettjord.

Tabell 6. Föroreningshalter i dagvatten i utredningsområdet före och efter exploatering samt med rening (µg/l). Röda siffror markerar de värden där föroreningshalterna ökar efter exploatering.

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr
<b>Före expl.</b>	120	1200	9,1	23	53	0,17	0,95
<b>Efter expl.</b>	140	1300	11	27	62	0,18	0,94
<b>Med rening</b>	90	300	1,8	4,5	14	0,10	0,40
	Ni	Hg	SS	Olja	PAH16	BaP	
<b>Före expl.</b>	1,1	0,044	48000	140	0,15	0,0062	
<b>Efter expl.</b>	1,1	0,053	54000	150	0,17	0,0064	
<b>Med rening</b>	1,1	0,025	10000	100	0,041	0,0050	

Eftersom andelen hårdgjorda yta och medelavrinningen inom utredningsområdet ökar beräknas mängden av några studerade ämnen öka efter exploatering även efter rening. De ämnen som ökar i och med exploateringen är nickel och BaP (Tabell 7). Mängden av övriga ämnen minskar eller förblir desamma som i nuläget.

Tabell 7. Föroreningsmängder i dagvatten i utredningsområdet före och efter exploatering samt med rening (kg/år). Röda siffror markerar de värden där föroreningsmängderna ökar efter exploatering. Avrundat till en värdesiffra.

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr
<b>Före expl.</b>	0,1	1,0	0,008	0,02	0,04	0,0001	0,0008
<b>Efter expl.</b>	0,2	2,0	0,02	0,04	0,09	0,0003	0,001
<b>Med rening</b>	0,1	0,4	0,002	0,006	0,02	0,0001	0,0006
	Ni	Hg	SS	Olja	PAH16	BaP	
<b>Före expl.</b>	0,001	0,00004	40	0,1	0,0001	0,000005	
<b>Efter expl.</b>	0,002	0,00007	70	0,2	0,0002	0,000009	
<b>Med rening</b>	0,002	0,00003	10	0,1	0,00006	0,000007	

## 7. Rekommendationer och analys av föreslaget dagvattensystem

I detta avsnitt följer en analys av det dagvattensystem som projekterats i systemhandlingen samt rekommendationer i det kommande arbetet.

### 7.1 Höjdsättning och sekundära avrinningsvägar

Vid kraftiga regn kommer dagvatten samlas på ytan och riskerar att skada byggnader om det inte leds bort på ett säkert sätt. Enligt systemhandlingen sänks Malmövägen och ligger då lägre än omgivande byggnader. Genom att gatunätet ligger lägre än omgivande mark kan gatorna utnyttjas som sekundära avrinningsvägar vid skyfall.

Dagvatten som rinner på ytan norrut längs Malmövägen fortsätter vidare längs Malmövägen eller svänger av västerut på Halmstadsvägen. Dagvatten som rinner söderut på Malmövägen kan ledas åt öster och väster på Ystadsvägen. Ystadsvägen är enkelskevad med lägsta delen söderut och har kantsten. Vatten kommer alltså rinna längs den södra kantstenen. Vid mycket kraftiga regn kan det hända att dagvatten rinner ut på gårdet söder om Ystadsvägen

Det anses inte föreligga någon risk för översvämning i utredningsområdet om höjdsättning görs enligt planerad höjdsättning. Eftersom en större del av Malmövägen kommer avvattnas söderut minskar flödet av dagvatten till lågpunkten längs Halmstadsvägen, under tunnelbanan (Figur 8). En större andel av vägen avvattnas istället söderut mot Ystadsvägen och gårdet. Gårdet är en yta som med fördel kan utnyttjas för att omhänderta dagvatten vid skyfall, så länge

det inte bebyggs i lågpunkterna. För att minska vattenvolymerna som kan samlas längs Ystadsvägen kan kanstenen mot gärdet nollas så att dagvatten tillåts rinna ut på gärdet istället. Innan en sådan åtgärd vidtas bör dock planerade byggnationer på gärdet tas i beaktande så att ingen översvämning orsakas vid framtida byggnader.

## 7.2

### Dimensionering av skelettjord

Enligt beräkningarna i avsnitt 0 är den skelettjord som projekterats i systemhandlingen underdimensionerad och kan inte omhänderta de 20 mm som krävs enligt Åtgärdsnivån. Skelettjordens area föreslås ökas från 117 m<sup>2</sup> till 178 m<sup>2</sup> för att skapa erforderlig fördröjningsvolym. Ett alternativ till att öka arean är att öka skelettjordens djup från totalt 0,75 m till ca 1,15 m. Detta innebär dock att det kan bli svårare att ansluta skelettjordens dräneringsledning till allmän dagvattenledning med självfall.

Beräkningen av erforderlig area och djup på skelettjorden baseras på antagandet att det luftiga bärlagret och kolmakadamen har en porositet på 0,3. Om porositeten blir mindre behöver ytan och/eller djupet ökas ytterligare.

Spridarledningen som Structor projekterat i systemhandlingen hjälper till att få ut vattnet i skelettjorden så snabbt som möjligt. Spridarledningen bör ligga i det luftiga bärlagret och ha en stor hålarea så att vatten snabbt kan ledas ut.

En dräneringsledning med dimension 110 mm i skelettjordens botten ger enligt beräkningarna en tömningstid på 2 h. Enligt Stockholms stad (2017b) bör tömningstiden inte vara längre än 12 h för att magasinet ska hinna tömmas, dvs. tömningstiden med projekterad dräneringsledning är tillräckligt snabb. Om tömningstiden, och därmed uppehållstiden, ökas kan dock reningseffekten öka. Om en längre tömningstid önskas kan dräneringsledningens dimension minskas. Exempelvis ger en dräneringsledning med dimension 75 mm, SDR 32, råhetstal 0,1 och fall 5 ‰ en kapacitet på 1,99 l/s och en tömningstid på 5,6 h (Pipelife, 2018).

## 7.3

### Rening

Föreslaget system med rening i skelettjord innebär generellt en förbättring av föroreningssituationen och en minskning av transporten av föroreningar via dagvattnet. Mängden nickel och BaP beräknas öka något jämfört med nuläget. Mängderna är dock mycket små, nickelmängden ökar med 1 gram per år och BaP med 0,002 gram per år. Övriga ämnen minskar i mängd eller förblir desamma som i nuläget, trots att årsmedelavrinningen ökar. Skelettjorden bedöms därmed vara tillräcklig för att få god rening av dagvatten.

Om skelettjorden dimensioneras enligt avsnitt 7.2 uppfylls Åtgärdsnivån, dvs. att 20 mm regndjup omhändertas, och föroreningsbelastningen ska då enligt Stockholms stad minska med 70-80 %. Detta har Stockholms stad bedömt som tillräckligt för att uppnå MKN (Stockholms stad, 2016a).

## 7.4

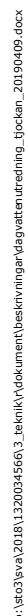
### **Dränering och anslutning till det allmänna dagvattennätet**

Enligt systemhandlingen från Structor (T-50-P-001.dwg) leds dagvatten från Malmövägen in till skelettjorden via dagvattenbrunnar i gatan.

Dagvattenledningen som WSP projekterat i Malmövägen (R-51-P-001.dwg) syftar endast till att leda bort dagvatten från befintligt flerbostadshus. Detta vatten är troligen renare än vägdagvattnet som leds till skelettjorden, något som kan motivera att flera parallella dagvattenledningar anläggs. Det är dock ett relativt komplicerat system med ledningar som korsar varandra. Om detta i senare skede visar sig vara ett allt för komplicerat system att anlägga kan dagvatten från befintligt flerbostadshus gå i samma dagvattenledning som vägdagvattnet, dvs. den dagvattenledning som Structor projekterat och som leder in till skelettjorden. Om detta görs bör dagvattenflödet från befintlig fastighet beräknas eller mätas för att kontrollera att skelettjorden har kapacitet att ta emot detta vatten.

Dräneringsledningen i skelettjordens botten avleds enligt systemhandlingen via en ny dagvattenledning med dimension 200 mm till befintlig kulvert på gärdet. Denna kulvert kommer med stor sannolikhet slopas eller läggas om i framtiden då det planeras för ny bebyggelse på gärdet. Vidare vet man lite om geotekniken i området mellan skelettjorden och kulverten, där den nya dagvattenledningen ska anläggas. På grund av dessa osäkerheter rekommenderas att ledningen som föreslås ansluta till kulverten slopas. Dräneringsledningen ansluts istället västerut till den dagvattenledning som WSP projekterat och som ansluter till befintlig dagvattenledning västerut på Ystadsvägen (Figur 15, Bilaga 1). Anslutningen föreslås göras till en dagvattenbrunn med projekterad vattengång på +32,22. Sträckan från den östra delen av skelettjorden till föreslagen anslutningspunkt är ca 50 m. För att dräneringsledningen ska kunna ansluta i denna brunn ovan höjden +32,22 med minst 5 ‰ lutning krävs att den startar på minst +32,47. Den projekterade markhöjden längst österut i skelettjorden är ca +33,37. Det betyder att dräneringsledningen inte kan ligga mer än 0,9 m under marken i denna punkt. För att få 10 ‰ lutning behöver dräneringsledningen starta på +32,72, dvs. 0,65 m under marken i denna punkt. Om de geotekniska förhållandena under skelettjorden är sådana att ingen infiltration sker skall dräneringsledningen läggas i skelettjordens botten för att undvika att dagvatten blir stående. Om infiltration under skelettjorden är möjlig kan dräneringsledningen läggas högre upp.

Structor har projekterat två bräddpunkter från skelettjorden, en i öst och en i väst. Den östra bräddpunkten föreslås slopas i och med att ledningen som ansluter till befintlig kulvert slopas. Bräddpunkten i väster bevaras. Viktigt är att den bräddpunkt som bevaras designas på ett sådant sätt att hela skelettjordens volym utnyttjas innan vatten bräddar. Detta kan exempelvis åstadkommas med ett skibord.



## 7.5

Enligt den övergripande dagvattenutredningen för Hammarbyhöjden och Björkhamnen (Ramböll, 2014) avleds dagvattenledningar inom och i anslutning till utredningsområdet till en spillvattentunnel och vidare till Henriksdals reningsverk. Detta innebär att dagvatten, som är relativt rent i jämförelse med spillvatten, belastar reningsverket och ger onödiga kostnader och resursutnyttjande. Dagvatten från utredningsområdet renas i skelettjord och bör istället ledas direkt till recipienten, om så är möjligt.

Enligt föreningsberäkningarna innebär planerad exploatering generellt en förbättring av föreningsituationen. Dagvattensystemet uppfyller också Åtgärdsnivån förutsatt att skelettjordens dimension ökas enligt rekommendationerna i avsnitt 7.2. Enligt Stockholms stad (2016a) ska Åtgärdsnivån innebära att dagvatten renas till en nivå som gör det möjligt att uppfylla MKN. Tillsvidare avleds dagvattenledningarna dessutom till Henriksdals reningsverk där vattnet renas ytterligare innan det släpps ut Saltsjön. Planerad



exploatering anses inte påverka möjligheten att uppnå miljö kvalitetsnormerna i recipienten.

## 9. Fortsatt arbete

Magasinsvolymen i skelettjorden behöver enligt beräkningarna ökas för att kunna omhänderta 20 mm regnvolym. Skelettjordens yta och/eller djupet kan ökas för att få den erforderliga volymen 40 m<sup>3</sup>. Vilken utformning som är mest lämplig behöver utredas närmare i den kommande projekteringen. Om ledningar behöver dras genom skelettjorden skall den volym de tar upp räknas bort och skelettjorden behöver då bli större för att hålla den erforderliga volymen 40 m<sup>3</sup>.

Dräneringsledningen i skelettjorden föreslås projekteras om så att anslutning sker västerut, till den dagvattenledning som WSP projekterat. Ledningen som föreslås ansluta till befintlig dagvattenkylvert slopas i systemhandlingen. På så vis anläggs de nya ledningarna endast i ett område där geotekniken är relativt välkänd. Vidare undviks anslutning till befintlig dagvattenkylvert som kan komma att slopas i framtiden.

I det fortsatta arbetet bör bräddledningen bevakas så att dagvatten inte bräddar innan hela skelettjordens volym utnyttjats.

För att öka uppehållstiden i skelettjorden, och därmed reningseffekten, kan dräneringsledningens dimension minskas för att strypa utflödet. Vilken uppehållstid som är lämplig bör diskuteras i samråd med Stockholm Vatten och Avfall. Upphållstiden ska inte överstiga 12 h för att magasinet ska hinna tömmas innan nästa regn kommer.

I den fortsatta projekteringen av skelettjorden är det viktigt att spridarledningen anläggs så att dagvatten kan ledas ut i det luftiga bärlagret snabbt. Om skelettjordens utformning förändras bör detta kontrolleras utifrån ett dagvattenperspektiv så att det inte innebär att infiltrationskapaciteten och porositeten minskar allt för mycket.

## 10. Så här blev det

Vid projektering av skelettjord inom systemhandling togs granskningssynpunkter hänsyn till och ytan utökades från 117 m<sup>2</sup> i tidigare skede till 200 m<sup>2</sup>. Åtgärdsnivån gällande ett omhändertagande av 20 mm enligt Stockholms stad uppnås därmed inom systemhandling. I och med detta uppnås både kraven gällande en tillräcklig rening och fördröjning inom utredningsområdet.

## 11. Referenser

Geosigma, 2018, Bergtekniskt PM01 Tjockan/Malmövägen, 2018-03-14

Länssstyrelsen Stockholm, 2018a, Länsstyrelsen Stockholm planeringsunderlag, <http://ext-webbgis.lansstyrelsen.se/Stockholm/Planeringsunderlag/>

Länsstyrelsen Stockholm, 2018b, *Länsstyrelsen Stockholm planeringsunderlag; Lågpunktskartering större ytor (över 16 m<sup>2</sup>)*, <http://ext-webbgis.lansstyrelsen.se/Stockholm/Planeringsunderlag/>, Hämtad 2018-05-29

Pipelife, 2018, <https://tools.pipelife.com/Colebrook?lang=sv>, Hämtad 2018-05-29

Ramböll, 2014, Dagvattenutredning, dagvattenhantering Hammarbyhöjden och Björkhagen, granskningsomgång, 2014-10-02

SGU, 2018a, Grundvatten, <https://apps.sgu.se/kartvisare/>, Hämtad 2018-04-20

SGU, 2018b, Jordartskarta, <https://apps.sgu.se/kartvisare/>, Hämtad 2018-04-20

Stockholms stad, 2016a, Åtgärdsnivå vid ny- och större ombyggnation, v. 1.1

Stockholms stad, 2016b, Dagvattenhantering - Riktlinjer för kvartersmark i tät stadsbebyggelse, version 1.1

Stockholms stad, 2017a, Checklista för dagvattenutredningar i stadsbyggnadsprocessen, version 2017-06-16

Stockholms stad, 2017b, PM Beräkningsmetodik för dagvattenflöde och föroreningstransport, version 1.0

Stockholms stadsbyggnadskontor, 2016a, Planbeskrivning Detaljplan för Hammarbyhöjden 1:1 i stadsdelen Björkhagen, S-Dp 2014-00357, 2016-11-15

Stockholms stadsbyggnadskontor, 2016b, Samrådshandling, Förslag Detaljplan för del av fastigheten Hammarbyhöjden 1:1, S-Dp 2014-00357-54, 2016-11-08

Svenskt Vatten, 2016, Avledning av dag-, drän- och spillvatten, publikation P110

VISS, 2018a, Mälaren-Årstaviken, <http://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA51082544>, Hämtad 2018-04-26

VISS, 2018b, <http://viss.lansstyrelsen.se/MapPage.aspx>, Hämtad 2018-04-26

VISS, 2018c, Lilla Värtan, <http://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA46408217>, Hämtad 2018-05-25