

Skövde Kommun

Mariesjö

PM Dagvattenutredning



Uppdragsnr: 1053666 **Version:** Färdig handling
2018-12-14

Uppdragsgivare: Skövde Kommun
Uppdragsgivarens kontaktperson: Bo Sandin
Konsult: Norconsult AB
Uppdragsledare: Jennie Haag
Handläggare: Malin Törnberg
Kvalitetsgranskare: Herman Andersson
Övrig medverkande: Adam Dahlin, Anna Landahl

Färdig handling	2018-12-14		Adam Dahlin	Karin Björklund, Jennie Haag, Herman Andersson	Herman Andersson
Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt

Detta dokument är framtaget av Norconsult AB som del av det uppdrag dokumentet gäller. Upphovsrätten tillhör Norconsult. Beställaren har, om inte annat avtalats, endast rätt att använda och kopiera redovisat uppdragsresultat för uppdragets avsedda ändamål.

Begreppsförklaring

Avrinningskoefficient: mått på hur stor del av ett område som bidrar till avrinning

Avrinningsområde: område från vilket vatten kan avledas genom självfall eller pumpning till en och samma punkt

Bräddning: alternativ avledning av vatten när ordinarie systems kapacitet överskrids

Dagvatten: ytligt avrinnande regn- och smältvatten

Dikningsföretag: en samfällighet som bildats för att förbättra markavvattning och vattenavledning, ofta för att skapa ny jordbruksmark

Dimensionerande varaktighet: en vald tid i minuter under vilken ett regn med en bestämd återkomsttid pågår, används för beräkningar och modelleringar

Dränvatten: vatten som avleds genom dränering

Dämning: avsiktlig eller oavsiktlig höjning av yt- eller grundvattennivå

Förbindelsepunkt: punkt där fastighetens ledningar kopplas till den allmänna anläggningen

Infiltration: Inträngning av vätska i poröst eller sprickigt material, till exempel vatten som tränger in i jord eller berg

Instängt område: Område varifrån dagvatten ytledes inte kan avledas med självfall

LOD: Lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD). En förkortning, som historiskt använts som ett samlingsnamn för olika typer av lokal hantering av dagvatten

Recipient: mottagare av dagvatten

Rinntid: Den maximala tid det tar för regn som faller inom avrinningsområdet att rinna till den punkt där allt dagvatten från området avleds. Rinntidens längd är en kombination av den sträcka det avrinnande vattnet skall tillryggälägga samt den hastighet vattnet har

Skibord/överfall: nivåreglerande konstruktion, där vatten rinner över en kant. Ett effektivt sätt att kunna reglera vattenytan uppströms

Återkomsttid: tidsintervall mellan regn- och avrinningstillfällen för viss given intensitet och varaktighet

10 mm fördröjning per reducerad ytenhet: Den volym som krävs för att fördröja 10 mm regnvatten över den yta som förväntas bidra med ytavrinning

Sammanfattning

Skövde kommun planerar att utveckla områdena Mariesjö och södra Stallsiken. Området utgör ca 70 ha och är beläget intill Skövde centrum. Utredningen ska klargöra befintliga dagvattenförhållanden och ge lösningsförslag utifrån Skövde kommuns strukturplan.

Befintliga avrinningsområden avgränsas främst av dagvattenledningsnätet i de södra och centrala delarna av utredningsområdet, vilket i stor grad består av industriområden. I norr avgränsas avrinningsområdena främst av markförhållanden och naturlig avrinning inom naturmark. Efter exploatering förväntas liknande avrinningsområden formas, och utflödena från respektive avrinningsområde bevaras. Då området utgörs av industrimark, främst i de centrala och södra delarna, kommer avrinningskoefficienter att minska när fler ytor möjliggör infiltration inom exempelvis bostadsområden, och därmed leda till lägre dagvattenflöden. Motsatsen gäller för den norra delen av utvecklingsområdet, södra Stallsiken. Två fördröjningskriterier har applicerats, framtida 10-årsregn till befintligt 5-årsregn samt 10 mm per reducerad ytenhet, varav maxvärdet är dimensionerande.

Enligt Skövde kommuns dagvattenriktlinjer ska främst dagvattenhantering ske i öppna dagvattenlösningar, vilken enligt exploateringsförslaget är möjligt i alla förutom avrinningsområdet längst söderut, som idag avvattnas strikt genom dagvattenledningsnätet. Planerade parker och naturområden rekommenderas att utformas med bäckar och dammar, vilket utöver fördröjning även bidrar till rening genom sedimentationsprocesser. Parker och naturmarker kan även nyttjas som multifunktionella områden och utgöra översvämningsytor för skyfallshantering. Utformning av gator måste ta hänsyn till potentiella instängda områden så att ytlig avrinning kan ske till dessa översvämningsytor när ledningskapaciteten överskrids. I avrinningsområdet längst söderut rekommenderas lokala renings- och fördröjningsanläggningar att utformas. Fördröjningskriteriet i detta område utgörs av 10 mm per reducerad ytenhet vilket därmed är beroende av avrinningskoefficienten. Storlek och kapacitet på lokala åtgärder, förslagsvis gröna tak, regnrabatter, genomsläppliga hårda beläggningar med underliggande makadammagasin, kan därmed enklare dimensioneras i senare skede när förutsättningarna för områdets utformning är tydligare. Ovannämnda lokala åtgärder uppfyller även reningskrav enligt kommunens riktlinjer genom filtrering och adsorptionsprocesser.

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Planerad exploatering/planförslag	2
1.2	Underlag	2
1.3	Dagvattenstrategi	3
2	Orientering	4
2.1	Recipienter	4
2.2	Skyddsvärda intressen	4
2.3	Geoteknik	5
2.4	Markavvattnings-/sjösänkingsföretag	5
3	Befintlig dagvattenhantering	6
3.1	Avrinningsområden och inventering	6
3.1.1	Avrinningsområde A	7
3.1.2	Avrinningsområde B	7
3.1.3	Avrinningsområde C	7
3.1.4	Avrinningsområde D	7
3.1.5	Avrinningsområde E	7
3.1.6	Avrinningsområde F	8
3.2	Befintliga dagvattenflöden	8
3.3	Befintlig föroreningsrisk	9
4	Föreslagen dagvattenhantering	11
4.1	Framtida dagvattenflöden	11
4.2	Erforderlig fördröjningsvolym	12
4.3	Principlösningar för dagvattenhantering	14
4.3.1	Avledning	14
4.3.2	Permeabla hårda ytor	16
4.3.3	Fördröjningsdammar	18
4.3.4	Regnrabatt	20
4.3.5	Gröna tak	21
4.3.6	Översilningsytor	22
4.3.7	Magasin	23
4.3.8	Dagvattenpark	24
4.4	Föreslaget dagvattensystem	27
4.4.1	Allmän platsmark	28
4.4.2	Kvartersmark	32
4.5	Skyfall	32

4.5.1	Höjdsättning	34
5	Slutsats	35
6	Litteraturförteckning	36
7	Figurförteckning	37
7.1	Rapport	37
7.2	Bilaga 6	37
7.3	Bilaga 7	37
7.4	Bilaga 8	37
7.5	Bilaga 9	38

Bilaga 1 Befintliga avrinningsområden

Bilaga 2 Befintligt dagvattensystem

Bilaga 3 Skyfallskartering

Bilaga 4 Framtida avrinningsområden (Alternativ 1)

Bilaga 5 Framtida avrinningsområden (Alternativ 2)

Bilaga 6 Föreslaget dagvattensystem avrinningsområde 1-2

Bilaga 7 Föreslaget dagvattensystem avrinningsområde 4-5 (Alternativ 2)

Bilaga 8 Föreslaget dagvattensystem avrinningsområde 3 (Alternativ 2)

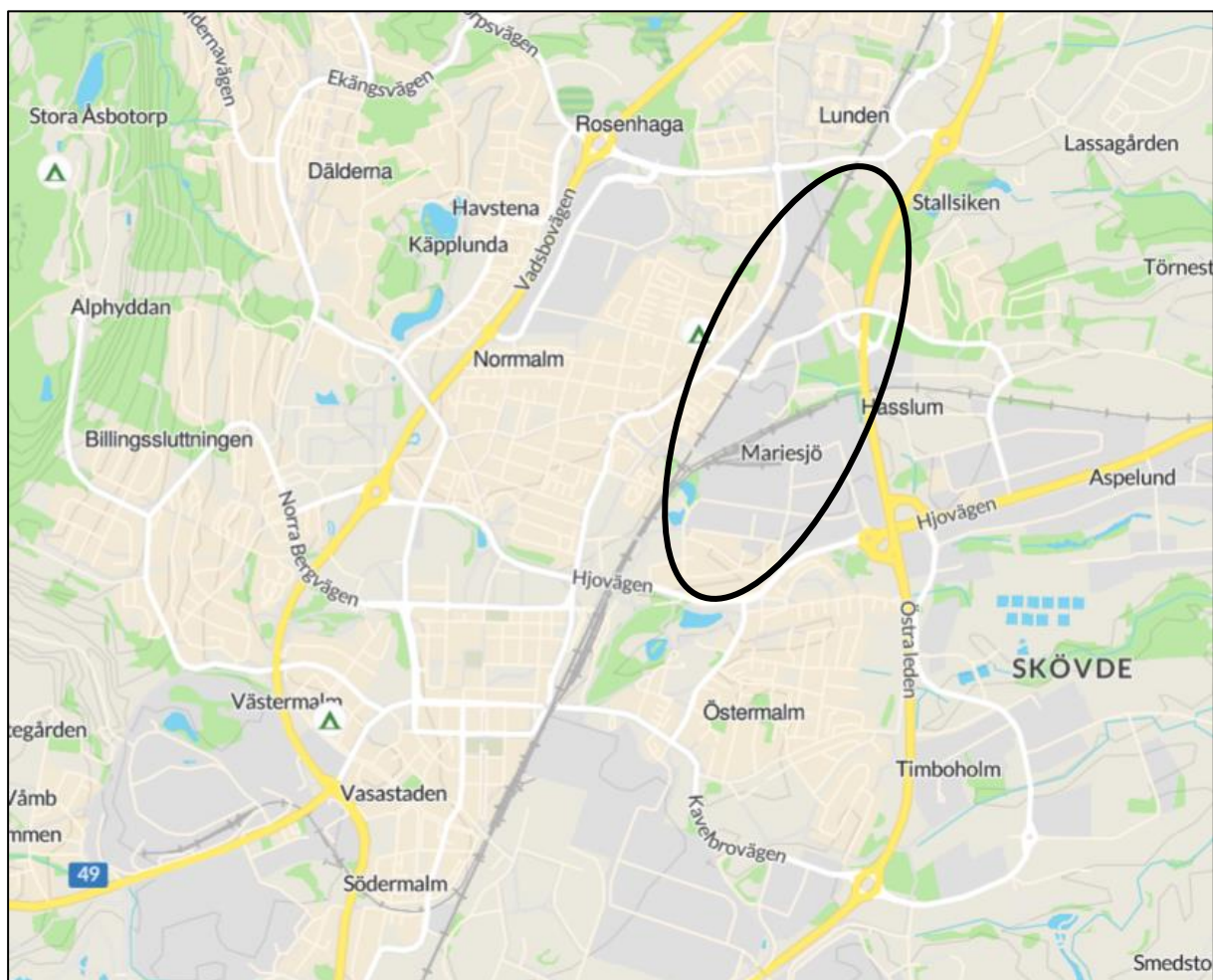
Bilaga 9 Föreslaget dagvattensystem avrinningsområde 6

Bilaga 10 Foton från fältutredning

1 Inledning

Skövde kommun planerar att utveckla områdena Mariesjö och södra Stallsiken som idag nyttjas av industrier i söder och består av naturområden i norr. Området utgör ca 70 ha och är beläget intill Skövde centrum, se Figur 1.

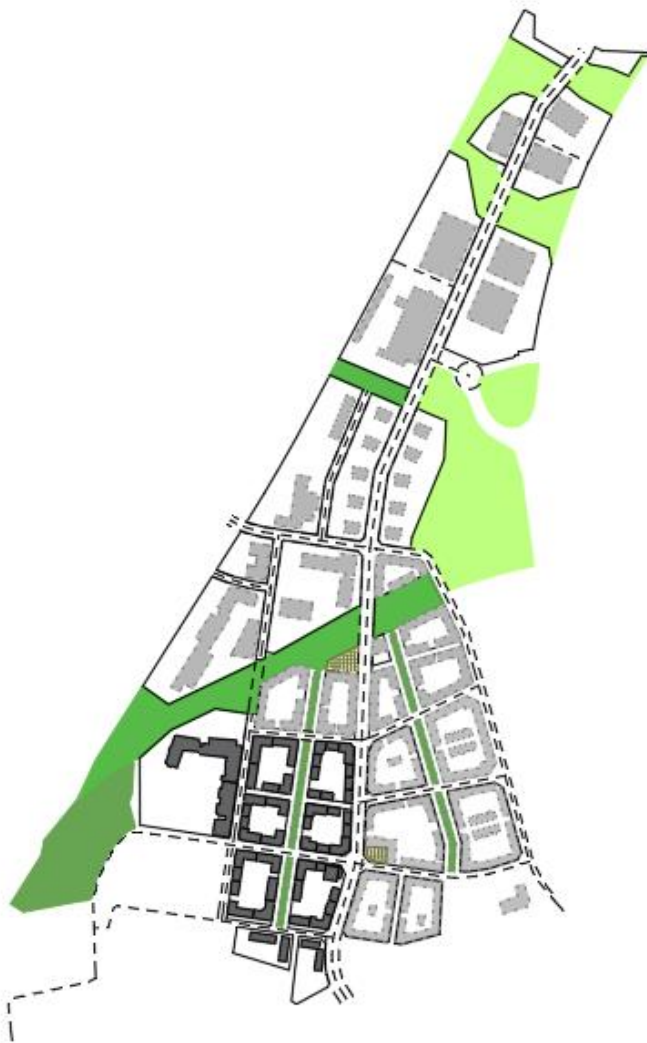
Föreliggande dagvattenutredning ska enligt förfrågan av Skövde kommun klargöra befintliga dagvattenförhållanden och hur den framtida exploateringen av området kan påverka det befintliga ledningsnätverket och nedströms naturliga vattenflöden. Förslag ges på lösning och utformning av den framtida dagvattenhanteringen som ska harmoniseras med exploateringsstrukturen. I utredningen har även skyfall studerats översiktligt och förslag på skyfallshantering tagits fram.



Figur 1. Karta över utredningsområdet (Hitta.se, 2018)

1.1 Planerad exploatering/planförslag

Skövde kommun har framtagit en strukturplan för utformning av utvecklingsområdet, se Figur 2. Grönmarkerade områden kommer bestå av naturmark i form av parker och bevarade naturområden. Samtliga stads kvarter kommer utgöra blandade funktioner och bestå av bostäder, högskola och teknikpark samt centrum-, verksamhets- och handelsområden. Inom utvecklingsområdet är ett programområde beläget sydväst och kommer bland andra funktioner utgöras av högskola/teknikpark och bostäder.



Figur 2. Strukturplan framtagen av Skövde kommun. Programområdet utgörs av de mörkgråa byggnaderna.

1.2 Underlag

- Höjddata DEM (TIF), mottaget 2016-12-15
- Ortofoto (TIF), mottaget 2017-01-25
- Grundkarta (DWG), mottaget 2018-09-13
- Strukturbild (DWG), mottaget 2018-10-24
- Dagvattenledningsnät (DWG), mottaget 2018-09-13

1.3 Dagvattenstrategi

Skövde kommun har utvecklat tydliga riktlinjer för hur dagvattnet ska hanteras inom kommunen (Skövde kommun, 2011). Vid exploatering ska inte dagvattnets kvalitet påverka människan eller naturen negativt. Föroreningar ska därmed begränsas i så stor omfattning som möjligt. Hänsyn måste tas till vattenbalansen så att inte grundvattennivåer riskerar att drastiskt förändras. För att uppnå ovannämnda mål ska dagvatten hanteras så nära källan som möjligt, med betoning på LOD-tekniker (lokalt omhändertagande av dagvatten). Valet av LOD-tekniker ska ta hänsyn till samtliga förutsättningar för optimal dagvattenhantering. Följaktligen strävar Skövde kommun efter utförlig och regelbunden skötsel av gator, parkeringar, parker och dagvattenanläggningar för att uppnå en god miljö och effektiv drift av dagvattensystem. Framtidsvisionen inkluderar att dagvattnet ska utgöra en resurs vid kommunens byggande och att närhet till naturen eftersträvas. Således markförhållanden eller andra förutsättningar inte förhindrar LOD-teknik vid nyexploatering bör inte dagvatten avledas i ledningar. Är LOD inte möjligt att applicera ska dagvattnet avledas i öppna lösningar och inkludera fördröjning.

Skövde kommun har framtagit en bedömningsmatris som väger markanvändning mot recipientens känslighet, och som rekommenderar hur omfattande rening som krävs, se Tabell 1.

Tabell 1. Bedömningsmatris för behandling av dagvatten till recipienter (Skövde kommun, 2011).

Markanvändning	Mycket känsliga recipienter	Känsliga recipienter	Mindre känsliga recipienter
<u>Låga föroreningshalter</u> Villaområden och parker, naturmark och mindre P-platser med liten omsättning.	Ej behandling	Ej behandling	Ej behandling
<u>Måttliga föroreningshalter</u> Bostadsområden (flerfamiljshus) samt verksamhetsområden med liten miljöpåverkan	Viss behandling	Ej behandling	Ej behandling
Trafikytor utom huvudvägnätet	Viss behandling	Viss behandling	Ej behandling
P-ytor ca: > 50 P-platser med liten omsättning	Behandling	Viss behandling	Viss behandling
<u>Höga föroreningshalter</u> Genomfarter/Huvudvägnät	Behandling/ oljeavskiljning	Behandling	Viss behandling
P-ytor > 50 P-platser med stor omsättning samt verksamhetsområden med stor miljöpåverkan	Behandling/ oljeavskiljning	Behandling/ Oljeavskiljning	Behandling

2 Orientering

2.1 Recipienter

Utredningsområdet har flera avrinningsområden och utflödespunkter som leder till två sammankopplade recipienter. De norra delarna av utredningsområdet flödar ut i Ösan, en lång å om 13,2 km som flödar i nordlig riktning och avgränsas av Frösve i norr och Skövde i söder. Till Ösan avrinner Ömboån, som är recipient för de centrala och södra delarna av utredningsområdet.

År 2000 införde Europaparlamentet ramdirektivet för vatten (2000/60/EC), även kallat Vattendirektivet, med målsättningen att uppnå vattenkvalitet av god status inom hela EU. För att uppnå god vattenstatus sätts kvalitetsmål i form av s.k. miljökvalitetsnormer (MKN) för vattenförekomster.

I Sverige har Vattenmyndigheterna, Länsstyrelserna samt Havs och vattenmyndigheten utarbetat MKN för de vattenförekomster som är definierade inom vattenförvaltningsarbetet. MKN uttrycker den ekologiska och kemiska kvalitet som ska ha uppnåtts vid en viss tidpunkt. Den tidigare målsättningen var att alla definierade vattenförekomster skulle ha uppnått en god kemisk och ekologisk status år 2015. Detta har dock inte uppfyllts, varvid ytterligare åtgärder behövs i det fortsatta arbetet. Arbetet med vattenförvaltningen drivs i förvaltningscykler om sex år, vilket bl.a. innebär att en ny statusklassning genomförs vart sjätte år. Den första cykeln avslutades år 2009, den följande år 2015 och nästkommande cykel avslutas följaktligen år 2021.

Ösan och Ömboån är sammankopplade och har liknande miljökvalitetsnormer. Enligt Vatteninformationssystem Sverige (VISS, 2018-10-16) är den ekologiska statusen för båda vattendragen klassad som måttlig och målet är att uppnå god ekologisk status i båda recipienterna till 2027. Det är inte möjligt att nå god ekologisk status till år 2021 avseende näringsämnen eftersom förbättringsbehovet är högre än de genomförbara administrativa åtgärderna. Härkomsten av sämre än god kvalitet beror främst på en fysisk påverkan av människan genom utsläpp av vatten med högre föroreningshalt och urban markanvändning, samt att exempelvis dammar hindrar fiskar och andra vattenlevande djur att vandra i systemet. Båda recipienterna har även en hög försurningsstandard. Den kemiska statusen uppnår ej kravet om god kvalitet. Undantag med mindre stränga krav har satts för den kemiska statusen angående kvicksilver och bromerad difenyleter på grund av atmosfärisk deposition. Det anses vara tekniskt omöjligt att sänka dessa halter med lokala åtgärder.

2.2 Skyddsvärda intressen

Två naturvärdesinventeringar har utförts av Naturcentrum AB, *Mariesjö 2018-10-09* och *Södra Stallsiken 2016-10-31*.

I Mariesjö identifierades ett objekt med högt naturvärde och två objekt med påtagliga naturvärden i naturmarken väster om riksväg 26 och norr om dagvattendammen. Naturvärdena utgörs av Lövsumpsskog, aspbestånd och en bäckravin. För mer information hänvisas till naturvärdesinventeringen utförd av Naturcentrum AB (Bohman, 2018).

I Södra Stallsiken identifierades två objekt med högt naturvärde och fem objekt med påtagligt naturvärde, utspjutt över hela naturmarken som avgränsas av tågräls i väster och riksväg 26 i öster. Naturvärdena utgörs av raviner med bäck och källkärr, öppen sandmark, ängsmark, lövskogslund och sandig tomtmark. För mer information hänvisas till naturvärdesinventeringen utförd av Naturcentrum AB (Bohman, 2016).

2.3 Geoteknik

Bohusgeo har utfört en geoteknisk undersökning, främst inom programområdet i söder (Figur 2) och naturområdet södra Stallsiken (Bohusgeo, 2018). Se benämnda avrinningsområden i Bilaga 1.

I avrinningsområde A och B samt den norra delen av avrinningsområde D utgörs jordmaterialet av siltig sand. Inom naturmarkens lågpunkter har även jordlager med torv observerats. Inom motsvarande område har grundvattenytan uppmätts i en punkt, och är belägen ca 2–2,5 meter under markytan.

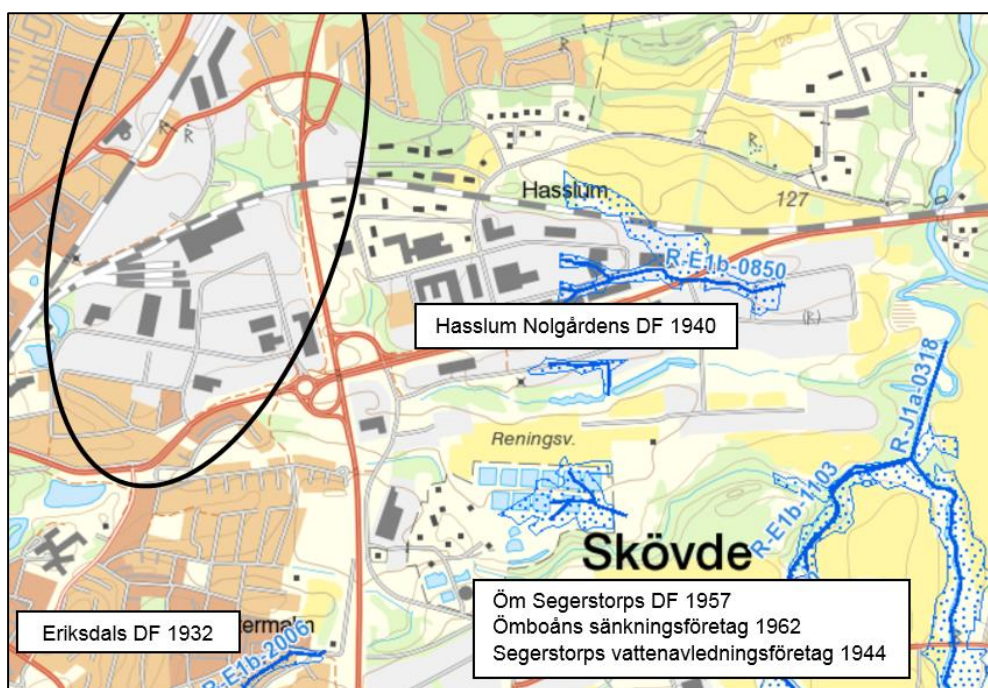
De sydvästra delarna av skogsområdet inom avrinningsområde D utgörs främst av silt, men även gyttja och torv.

I de norra delarna inom avrinningsområde E har provtagningar utförts under 60-talet och består främst av friktionsjord med lösa skikt av lera. Ytskikt kan ha förändrats sedan dess med avseende på fyllningsmassor och området är därmed osäkert.

Inom avrinningsområde F, se Bilaga 1, utgörs jordlagerföljden av ett sandigt friktionslager om ca 3–6 meter, följt av ett ca 1–2 meter mäktigt lerlager och därefter friktionsjord. Grundvattennivån har i en tidigare utredning uppmätts och är belägen ca 2 meter under markytan. Liknande jordlagerföljder och grundvattennivåer observerades inom resterande delar av programområdet.

2.4 Markavvattnings-/sjösänkingsföretag

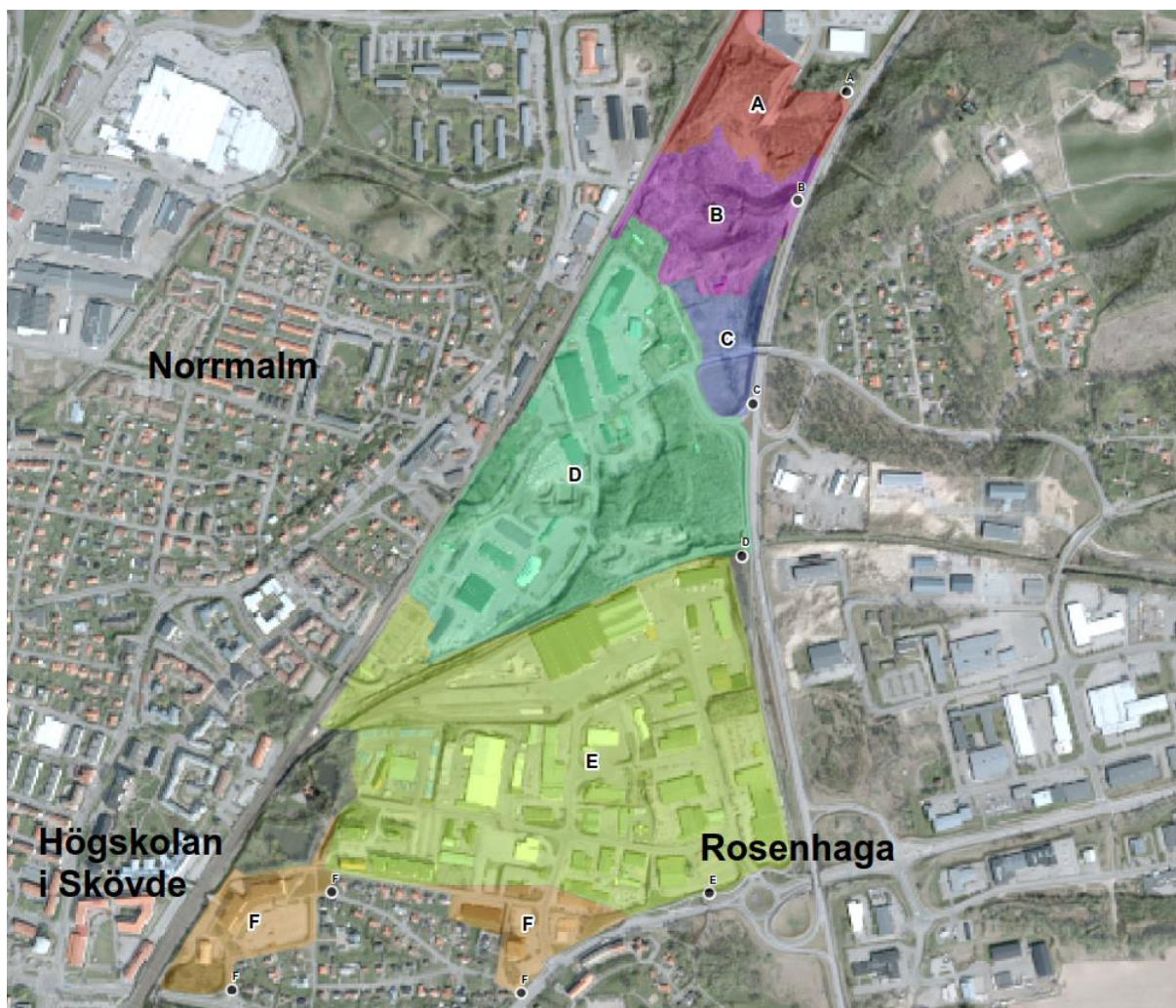
Dagvattnet från utredningsområdet avleds genom diken och bäckar till recipienterna Ömboån och Ösan. Stora volymer avrinner idag via en bäck belägen intill ett område som är reglerat av dikningsföretaget Hasslum Nolgårdens DF 1940, se företagets utbredning i Figur 3. Ett flertal andra diknings-, sänkings- och vattenavledningsföretag är etablerade i området och sköter vattendrag uppströms recipienterna. Industriområdet i Mariesjö fördröjer dagvattnet delvis i en dagvattendamm (se kapitel 3.1.4). För att inte påverka verksamheterna negativt bör vattenbalansen bevaras.



Figur 3. Närliggande dikningsföretag (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2018).

3 Befintlig dagvattenhantering

Dagvattnet inom Mariesjö utvecklingsområde avrinner idag via ytavrinning och i ledningsnät. Figur 4 nedan illustrerar avrinningsområden och i vilken punkt respektive avrinningsområde har sitt utflöde.



Figur 4. Befintliga avrinningsområden för dagvattenhantering. Punkterna markerar utflödespunkter för respektive avrinningsområde (urklipp från Bilaga 1).

3.1 Avrinningsområden och inventering

Efter en analys av rinnvägar inom området har Mariesjö delats in i sex avrinningsområden, se Bilaga 1. Varje avrinningsområde avser ytan som bidrar till en utloppspunkt och belastar olika dagvattenssystem nedströms. Osäkerheter från en tidigare utförd skyfallskartering (Norconsult, 2018) och ledningsnätet utreddes i fält (2018-10-09) där flera kulvertar och ledningar som inte fanns med i databasen observerades. Se Bilaga 1 och Bilaga 2 för kartor som illustrerar avrinningsområden, bäckar och kulvertar, samt Bilaga 10 för fotografier över dagvattenssystemen inom avrinningsområden som beskrivs nedan.

3.1.1 Avrinningsområde A

Avrinningsområde A är beläget i norra delen av Stallsiken och består av kuperad skogsmark. På grund av branta lutningar avvattnas ytor genom infiltration och avrinning till bäckar längs med den västra och norra områdesgränsen. En väg som ansluter utredningsområdet inom Stallsiken med ett affärsområde i norr utgör ett förhöjt parti som delar bäcken. Genom förhöjningen går en 1200 mm kulvert vilken leder dagvattnet vidare från väst till öst.

Till bäcken avrinner ett område väster om avrinningsområdet som är markerat i Bilaga 1. Dagvattenhanteringen utgör ett komplext system, bestående av infiltrationsytor, diken och kulvertar. Det är därmed svårt att uppskatta ett flöde och flödesmätningar krävs. Ytavrinningen avgränsas av järnvägen väster om avrinningsområde A i flödesberäkningarna.

3.1.2 Avrinningsområde B

Den södra delen av Stallsikens kuperade skogsområde avvattnas liksom avrinningsområde B genom avrinning i bäckar. I mitten av området finns en lågpunkt med stående vatten som fördröjer dagvatten från väster. I öster finns delvis blöta kärr i anslutning till bäcken. Från fältutredningen identifierades en 800 mm kulvert som leder bäcken vidare under riksväg 26.

Till bäcken avrinner ett område väster om avrinningsområdet som är markerat i Bilaga 1. Dagvattenhanteringen utgör ett komplext system, bestående av infiltrationsytor, diken och kulvertar. Det är därmed svårt att uppskatta ett flöde och flödesmätningar krävs. Ytavrinningen avgränsas av järnvägen väster om avrinningsområde A i flödesberäkningarna.

3.1.3 Avrinningsområde C

Avrinningsområde C består av blandad markanvändning och utgörs av kuperad skogsmark och grönytor. Dagvattnet leds efter ytavrinning i diken till utloppspunkten där en brunn och servis samlar dagvattnet och leder det vidare under riksväg 26 till en dagvattenledning.

3.1.4 Avrinningsområde D

Avrinningsområde D består av blandad markanvändning. Det utgörs främst av industri i väster med stor andel hårdgjord yta och kuperad skogsmark i öster. Dagvattnet från industriområdet leds genom två separata ledningsnät till skogsområdet. Ledningen som tar hand om dagvattnet från den norra delen av industriområdet är grovt igensatt med sediment. I skogsområdet har två bäckar bildats, en för respektive ledningssystemet. Bäckarna ansluter innan en uppdämning nedströms. Vattnet bräddar därefter in i en kulvert och leds slutligen till en dagvattendamm belägen bredvid riksväg 26.

Väster om utredningsområdet finns ett bostadsområde om ca 30 ha. Dagvatten från bostadsområdet ansluter till ett av ledningssystemen.

3.1.5 Avrinningsområde E

I avrinningsområde E utgörs markanvändningen av industri med stor andel hårdgjord yta. Det kommunala dagvattennätet tar idag hand om allt dagvatten inom avrinningsområdet. Nedströms ledningarna finns en huvudledning där maxflöde från området uppstår, se utloppspunkt 5 i Bilaga 1. Utflödet från dagvattendammen väster om avrinningsområdet, Mariesjö Gård, är anslutet till detta dagvattennät.

3.1.6 Avrinningsområde F

Programområdets södra del utgörs av högskola/teknikpark i väst och verksamheter i öst, med stor andel hårdgjorda ytor och måttligt stora gröna ytor. Dagvattnet hanteras främst av det kommunala dagvattennätet. Flera utloppspunkter har angivits i Bilaga 1 på grund av att huvudledning som hanterar allt dagvatten är belägen nedströms dessa två områden.

3.2 Befintliga dagvattenflöden

Beräkning av befintliga flöden har skett med rationella metoden enligt Svenskt Vattens publikationer P110 och P104, enligt följande formel:

$$Q = A\varphi i \quad (\text{Ekvation 1})$$

$$q = \text{flöde [l/s]}$$

$$A = \text{avrinningområdets totala yta [ha]}$$

$$\varphi = \text{avrinningskoefficient [-]}$$

$$i = \text{dimensionerande regnintensitet [l/(s, ha)]}$$

Det dimensionerande flödet från respektive avrinningsområde erhålls då hela området bidrar med avrinning, d.v.s. då den mest avlägsna punkten inom avrinningsområdet bidrar med avrinning. Den yta som bidrar till avrinning kallas den reducerade arean och erhålls genom att en avrinningskoefficient multipliceras med den totala ytan. Avrinningskoefficienten uttrycker hur stor del av nederbörden som avrinner på ytan efter infiltration och ytvattenlagring etc. Exempelvis används vanligen avrinningskoefficienten 0,5 för ett flackt industriområde och 0,1 för kuperad naturmark. Koefficienterna som har använts i beräkningarna nedan har justerats för att motsvara varje avrinningsområde mer exakt. Koefficienterna för industriområden har höjts på grund av mindre befintlig grönska i jämförelse med beskrivningen i P110. Avrinningsområde 5 har exempelvis mer hårdgjord yta än industriområdet inom avrinningsområde 4, och har följaktligen en högre avrinningskoefficient. Avrinningskoefficienten för skogsmark har justerats beroende på hur kuperat området är samt infiltrationskapaciten i underliggande jordlager.

Den dimensionerande rinntiden inom varje område sätts lika med regnvaraktigheten, varvid det dimensionerande flödet (Q) erhålls. Rinntiderna har uppskattats genom Svenskt Vattens publikation P110 rekommenderade vattenhastigheter i olika ledningssystem.

Uträknade flöden för 5-årsregn och 10-årsregn för respektive avrinningsområde redovisas i Tabell 2 och Tabell 3.

Tabell 2. Maxflöden från respektive avrinningsområde, se Bilaga 1. Flödena avser regnintensiteter för ett 5-årsregn.

Område	Typ	φ	Area [ha]	Reducerad area [ha]	Rinntid [min]	Intensitet [l/s, ha]	Maxflöde [l/s]
A	Kuperad skogsmark	0,1	4,3	0,4	15	144	62
B	Kuperad skogsmark	0,1	5,0	0,5	25	104	52
C	Svagt kuperad skogsmark	0,05	2,1	0,1	25	104	11
D	Industri	0,55	12,4	6,8	20	120	818
	Kuperad skogsmark	0,1	8,0	0,8			96
							914
E	Industri	0,65	31,6	20,6	10	181	3721
F	Högskola/teknikpark	0,5	3,4	1,7	10	181	312
	Verksamhet	0,5	2,7	1,3			243
							555

Tabell 3. Maxflöden från respektive avrinningsområde, se Bilaga 1. Flödena avser regnintensiteter för ett 10-årsregn.

Område	Typ	ϕ	Area [ha]	Reducerad area [ha]	Rinntid [min]	Intensitet [l/s, ha]	Maxflöde [l/s]
A	Kuperad skogsmark	0,1	4,3	0,4	15	181	78
B	Kuperad skogsmark	0,1	5,0	0,5	25	131	66
C	Svagt kuperad skogsmark	0,05	2,1	0,1	25	131	14
D	Industri	0,55	12,4	6,8	20	151	1030
	Kuperad skogsmark	0,1	8,0	0,8			121
							1151
E	Industri	0,65	31,6	20,6	10	228	4687
F	Högskola/teknikpark	0,5	3,4	1,7	10	228	393
	Verksamhet	0,5	2,7	1,3			306
							699

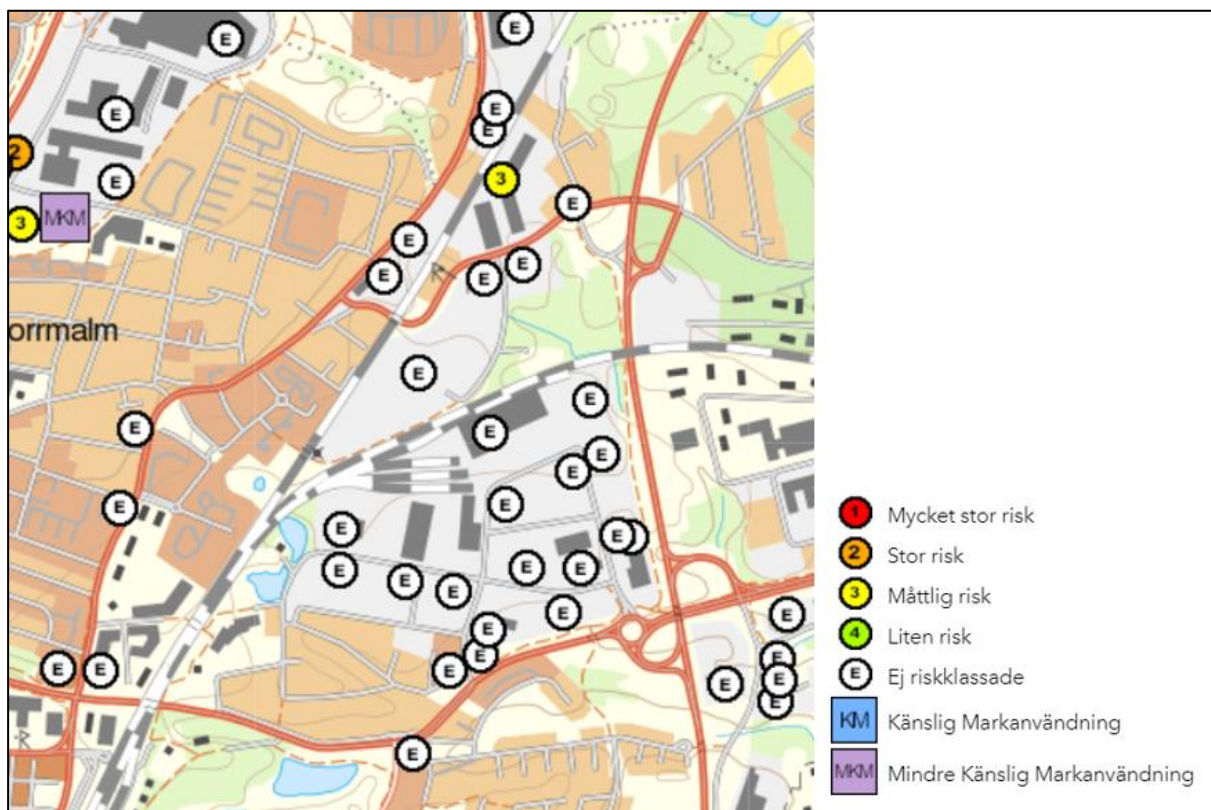
3.3 Befintlig föroreningsrisk

En miljöteknisk utredning pågår där föroreningar i jordlager inom program- och utvecklingsområdet utreds. Resultaten från den miljötekniska undersökningen fanns inte att tillgå när dagvattenutredningen genomfördes. Stora ytor brukas idag av industrier som vanligen använder miljöfarliga kemikalier och organiska föroreningar, som följaktligen leder till deposition på hårdgjorda ytor. Detta kan med tiden leda till att dagvattnet sköljer med föroreningar och ackumulerar dem nedströms.

Avrinningsområde D, bestående av stora industriytors vars dagvatten avrinner genom skogsmark, kan utgöra en miljö- och hälsorisk i förorenade sediment och jordmassor. Enligt strukturplanen kommer industriområden väster om skogsmarken nyttjas av bostäder i framtiden. Potentiellt förorenande jordmassor inom området bör hanteras.

Föroreningshalten i dagvattnet under befintliga förhållanden är troligtvis högre idag än vad som förväntas efter exploatering, med undantag för bebyggelse på nuvarande skogsmark i Stallsiken.

Verksamheterna som utgör en risk inom utredningsområdet (Figur 5) och ej är klassade är bilvårdsanläggningar, bilverkstäder, åkerier, färgindustrier, träytbehandlingar, tegel- och keramik-tillverkningsföretag och drivmedelshanteringsföretag (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2018). Verksamheten som utgör en måttlig risk utövar skrothantering.



Figur 5. Verksamheter som riskerar förorening av närliggande miljö (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2018).

4 Föreslagen dagvattenhantering

Föreliggande exploateringsförslag kommer leda till förändrade dagvattenflöden. I framtiden väntas även klimatförändringar leda till förändrade dagvattenflöden, varför det också bör beaktas vid dimensionering av framtida dagvattensystem. En faktor för klimatförändringen om 1,25 har multiplicerats med regnintensiteten. Nedan följer förslag till en hållbar dagvattenhantering med hänsyn till de framtida förutsättningarna.

Ett 10-årsregn har använts i framtida flödesberäkningar då detta är minimikravet enligt Svenskt Vattens publikation P110 och återkomsttid för regn vid fylld ledning i centrum- och affärsområden.

4.1 Framtida dagvattenflöden

Beräkningen av framtida dagvattenflöden följde samma metod som beskrivs i kapitel 3.2. Avrinningsområden och koefficienter har baserats på en föreslagen strukturplan, framtagen av Skövde kommun, se kapitel 1.1.

Två alternativ för avrinningsvägar har tagits fram. I Tabell 4 och Tabell 5 redovisas dimensionerande flöden till respektive avrinningsområdes utflödespunkt. Avrinningsområdena har avgränsats med hänsyn till den framtida exploateringsstrukturen samt befintliga markförhållanden. Alternativen skiljer sig åt i uppdelningen av avrinningsområdena 3 och 5. Se avrinningsområden i Bilaga 4–5. Område Väst 1 och Väst 2 är belägna utanför utredningsområdet men är inkluderade i flödes- och magasineringsberäkningarna då dagvattnet leds in i området och upptar en stor del av det befintliga systemets kapacitet.

Tabell 4. Alternativ 1: Dimensionerande flöden från respektive framtida avrinningsområde, se Bilaga 4. Flödena är beräknade med ett framtida 10-årsregn.

Område	Typ	ϕ	Area [ha]	Reducerad area [ha]	Rinntid [min]	Intensitet [l/s, ha]	Maxflöde [l/s]
1	Kuperad skogsmark	0,1	1,6	0,2	15	226	36
	Verksamhet/Handel	0,6	3,0	1,8			407
							443
2	Kuperad skogsmark	0,1	1,3	0,1	15	226	29
3	Högskola/Teknikpark	0,5	2,2	1,1	15	226	249
	Verksamhet/Handel/Centrum	0,6	14,6	8,8			1980
	Bostäder	0,4	1,4	0,6			127
	Park	0,2	0,4	0,1			18
	Park	0,2	3,3	0,7			149
							2522
4	Flack/kuperad skogsmark	0,1	1,2	0,1	10	285	34
5	Kuperad skogsmark	0,1	4,3	0,4	15	226	97
6	Högskola/Teknikpark	0,5	5,1	2,6	15	226	576
	Bostäder	0,4	20,4	8,2			1844
	Bevarad industri	0,65	5,3	3,4			779
							3199
Väst 1	Bostäder	0,3	25,6	7,7	20	189	1452
Väst 2	Industri/Affär/Bostad	0,45	3,9	1,8	15	226	397

Tabell 5. Alternativ 2: Dimensionerande flöden från framtida avrinningsområde 3 och 5, se Bilaga 5. Flödena är beräknade med ett framtida 10-årsregn.

Område	Typ	φ	Area [ha]	Reducerad area [ha]	Rinntid [min]	Intensitet [l/s, ha]	Maxflöde [l/s]
3	Högskola/Teknikpark	0,5	2,2	1,1	10	285	314
	Verksamhet/Handel/Centrum	0,6	7,8	4,7			1334
	Bostäder	0,4	1,4	0,6			160
	Park	0,2	3,3	0,7			188
							1995
5	Kuperad skogsmark	0,1	4,3	0,4	15	226	97
	Verksamhet/Handel/Centrum	0,6	6,8	4,1			922
	Park	0,2	0,4	0,1			18
							1037

4.2 Erforderlig fördröjningsvolym

För att inte överbelasta dagvattensystem nedströms måste ökade dagvattenflöden fördröjas. Efter exploatering är utflödespunkterna oförändrade då mycket av den befintliga strukturen bevaras. I Tabell 6 och Tabell 7 redovisas flöden och erforderliga framtida fördröjningsvolym. Fördröjningsvolymerna är beräknade genom att ett framtida 10-årsregn begränsas till ett befintligt 5-årsregn.

Tabell 6. Beräknade fördröjningsvolym. Framtida 10-årsregn till befintligt 5-årsregn.

Framtida avrinningsområde	Befintligt flöde 5-årsregn [l/s]	Framtida flöde 10-årsregn [l/s]	Fördröjningsvolym [m ³]
1	62	443	385
2	52	29	0
3 & 5	914	2619	1052
4	11	34	9
6	3721	3199	0
Väst 1	799	1452	354
Väst 2	211	397	85

Tabell 7. Beräknade fördröjningsvolym. Framtida 10-årsregn till befintligt 10-årsregn.

Framtida avrinningsområde	Befintligt flöde 10-årsregn [l/s]	Framtida flöde 10-årsregn [l/s]	Fördröjningsvolym [m ³]
1	78	443	336
2	66	29	0
3 & 5	1151	2619	755
4	14	34	6
6	4687	3199	0

På grund av att avrinningskoefficienterna inom industriområdena minskar efter exploatering ger de nya områdena upphov till lägre flöden. Avrinningsområde 2 kommer efter exploatering minska i yta (Bilaga 1 och Bilaga 5), då en del av marken istället avrinner mot söder, och kräver därmed ingen magasineringsvolym. Inom avrinningsområde 6 minskar avrinningskoefficienten efter exploatering, och följaktligen flödet, mer än flödesökningen till ett 10-årsregn med klimatfaktor.

Ingen fördröjning är således nödvändig inom detta område för att begränsa utflödet till ett 5-årsregn i nedströms dagvattensystem.

Inom avrinningsområde 3 och 5, vilka båda påverkar samma dagvattensystem nedströms, kommer fördröjningen ske inom respektive område. Den totala fördröjningsvolymen inom dessa två områden (Tabell 6 och Tabell 7) har därmed fördelats med avseende på respektive områdes delflöde, se Tabell 8 och Tabell 9. Alternativ 1 kommer kräva större fördröjningsvolym i parkerna. Alternativ 2 leder istället till ett högre flöde till det kuperade skogsområdet där en bäck finns, och kräver följaktligen större fördröjningsvolym inom skogsområdet.

Tabell 8. Alternativ 1: Fördröjningsvolym inom avrinningsområde 3 och 5.

Avrinningsområde	Flöde [l/s]	Andel	Fördröjningsvolym till 5-årsregn [m ³]	Fördröjningsvolym till 10-årsregn [m ³]
3	2522	96%	1013	727
5	97	4%	39	28

Tabell 9. Alternativ 2: Fördröjningsvolym inom avrinningsområde 3 och 5.

Avrinningsområde	Flöde [l/s]	Andel	Fördröjningsvolym till 5-årsregn [m ³]	Fördröjningsvolym till 10-årsregn [m ³]
3	1995	66%	692	497
5	1037	34%	360	258

Ytterligare minimumkrav om fördröjning, förslagsvis 10 mm per reducerad area, bör komplettera fördröjningskravet om att ett framtida 10-årsregn (efter exploatering) ska motsvara flödet från ett befintligt 5-årsregn, då flera avrinningsområden resulterar i en försummad fördröjningsvolym, se Tabell 10. En försummad fördröjningsvolym uppstår när det ökade flödet från ett framtida regn ej är större än flödesminskningen som erhålls från exempelvis ett mindre avrinningsområde eller lägre avrinningskoefficient efter exploatering.

Tabell 10. Dimensionerande fördröjningsvolym för dagvatten. Fetstilt volym är dimensionerande.

Alternativ 1			Alternativ 2	
Område	Volym fördröjning till befintligt 5-årsregn [m ³]	Volym 10 mm / red area [m ³]	Volym fördröjning till befintligt 5-årsregn [m ³]	Volym 10 mm / red area [m ³]
1	385	196	385	196
2	0	13	0	13
3	1013	1026	692	618
4	9	12	9	12
5	39	43	360	451
6	0	1416	0	1416

Om svårigheter uppstår med att hantera fördröjningsvolymerna på allmän platsmark (parker och naturmark), exempelvis konflikter med andra intressen, kan fördröjning på kvartermark utjäma resterande flöden. Planerade parker och naturmarker utgör exemplariska områden för fördröjning av ovanstående volymer, och problem med fördröjning på allmän platsmark riskerar endast att inte kunna uppfyllas inom avrinningsområde 6. En uppdelning av vilken fördröjningsvolym som förväntas inom respektive förvaltning i avrinningsområde 6 redovisas i Tabell 11.

Eftersom fördröjningsvolymen per 10 mm på reducerad ytenhet är linjär med markanvändningens avrinningskoefficient är fördröjningsvolymen per 100 kvadratmeter alltid lika med avrinningskoefficienten. Om andra avrinningskoefficienter blir aktuella på grund av justeringar i exploateringsförslaget kan även fördröjningskravet på kvartersmark enkelt justeras.

Tabell 11. Fördröjningsvolymen på kvartersmark inom avrinningsområde 6.

Användning	Delflöde [l/s]	Andel	Fördröjningsvolym [m ³]	Area [ha]	Fördröjningsvolym [m ³ /100 m ²]
Högskola/Teknikpark	576	18%	255	5,1	0,50
Bostäder	1844	58%	816	20,4	0,40
Bevarad industri	779	24%	345	5,3	0,65

4.3 Principlösningar för dagvattenhantering

Vid ombyggnad eller nyexploatering ska följande lösningar övervägas för att avleda, fördröja och rena dagvattnet. Fler illustrationsexempel redovisas i lösningsförslag i kapitel 4.4.

4.3.1 Avledning

Avledning av dagvatten kan ske ytligt och under markytan. Vilken funktion området har och befintliga marknivåer dikterar vanligtvis vilka avledningsmetoder som är lämpliga. Om marknivåer tillåter, kan öppen avledning av dagvatten ske i öppna diken, rännalar, kanaler eller linjeavvattning.

Markförhållanden som ej möjliggör ytlig avledning kan hanteras genom rännstensbrunnar och djupare anlagda dagvattenledningar. Vanligen konstrueras diken vid sidan av större vägar, medan exempelvis öppna kanaler och linjeavvattning är lämpliga för centrumområden och öppna ytor med hög exploateringsgrad. Figur 6 illustrerar hur kanaler och linjeavvattning kan appliceras i en urban miljö.



Figur 6. Exempel på rännor och linjeavvattning längs med byggnader i Malmö (Foto: Norconsult).

Svackdiken är en effektiv åtgärd för både magasinering och avledning om ett strypt utflöde erfordras. Med svackdike avses ett brett vegetationsklätt dike med svag släntlutning, se Figur 7. Dikena är beklädda med vattentåligt gräs eller våmarksväxter och karaktäriseras av en stor bredd och en svag längsgående lutning. Svackdiken bör ha en släntlutning på 1:3 eller flackare med hänsyn till skötsel samt lekande barn. Diket bör också ha en liten nedsänkning längs vägkanten för att förhindra uppdämningar vid stora vattenmängder.

Ett svackdike kräver underhåll i form av gräsklippning för att flödet ska bibehållas. Eftersom svackdiken i princip är självgödslande på grund av näringsämnen som kommer med dagvattnet så krävs ingen ytterligare gödsling. För Sveriges kalla klimat är svackdiken utmärkta för snölagring och omhändertagande av smältvatten. Däremot måste det kontrolleras att det inte bildats någon is kring inlopp, utlopp samt ledningar.



Figur 7. Exempel på svackdike i Gyllins trädgård, Malmö, och ett öppet dike i Lomma (Foto: Norconsult)

Med öppna diken avses i detta fall diken med brantare släntlutning än svackdikena beskriva ovan. Inte heller behöver den längsgående lutningen vara lika flack. En betydande fördel med dessa diken jämfört med svackdiken är att de inte kräver lika stor yta och därmed är fördelaktiga att använda utmed lokalgator etc., där utrymmet är begränsat. Nackdelen med öppna vägdiken jämfört med svackdiken är att reningseffekten inte är lika god. Rätt utförda och utnyttjade kan dock öppna vägdiken fungera som goda reningsanläggningar för förorenat dagvatten.

Ett alternativ till öppna vägdiken är makadamfyllda diken. En fördel med makadamdiken är att de kan anläggas under t.ex. gräs- eller asfaltsytor. Utformningen av makadamdiken kan således varieras, se Figur 8.



Figur 8. Exempel på makadamdiken (Foto: Norconsult)

Den fria volymen, det vill säga magasinerings- eller utjämningsvolymen, i diket utgörs av porvolymen i fyllningsmassorna, vanligtvis ca 30 %. Utflöde från makadamdikena sker antingen genom att vattnet från magasinet perkolerar ut i omgivande marklager eller genom en kontrollerad avtappning via ett anlagt dräneringssystem. För områden där möjligheterna för infiltration är små, föreslås makadamdike anläggas med dräneringsledning i botten.

Makadamdiken har främst en fördröjande förmåga men de har även viss renande effekt. Nackdelen är dock att makadamdiken normalt behöver grävas om efter ca tio till femton år, eftersom de kan sättas igen. Genom att makadamdikena förses med en geotextil, som omsluter diket, ökar dikets livslängd. Med sådan utformning krävs endast omgrävning av det översta skiktet vid en eventuell igensättning. Geotextilen bör ungefärligen placeras 10 cm under dikets ovkant.

4.3.2 Permeabla hårda ytor

Permeabla beläggningar reducerar och renar dagvattenflöden genom infiltration och magasinering i de porösa underliggande lagren. Systemen kan utformas med oändligt stor variation i olika material, kornfraktioner och mäktigheter. Några grundexempel av ytbeläggning är genomsläppliga fogar, armering samt porös genomsläpplig asfalt. För en väl fungerande design måste materialvalet för magasinerings- och ytlager vara anpassat med hänsyn till bärighet, porvolym och funktion. Ett torg bör exempelvis utformas med ett ytlager som är enkelt att gå på, medan en parkeringsplats kan rustas med hålrum och armering för maximal infiltration. Geotextil kan användas för att bevara separationen mellan lager i systemet. Användningen av geotextil kan ge upphov till igensättning av partiklar i dagvattnet, vilket följaktligen reducerar genomsläppligheten samtidigt som reningsgraden ökar (Gulliver et al., 2015). Avvattningen i magasineringslagret kan ske genom infiltration till underliggande jordlager, eller genom avtappning i en dräneringsledning. Permeabla dräneringssystem fungerar även bra under kalla väderförhållanden då luftfyllda porer isolerar och förhindrar att det magasinerade vattnet fryser. Exempel på genomsläppliga beläggningar illustreras i Figur 9–Figur 11.



Figur 9. Infiltration genom permeabel asfalt (Magazine.ogind.com, 2018).



Figur 10. Exempel utformning av genomsläpplig beläggning på parkeringsyta (Landscapeonline.com, 2018).



Figur 11. Exempel på en grön genomsläpplig beläggning (Nacto.org, 2018).

4.3.3 Fördröjningsdammar

Fördröjningsdammar är en bra behandling av stora vattenvolymer med dagvatten och har, korrekt konstruerad och underhållen, en god reningsgrad. Dammar kan anläggas som en del av parktytor eller inom tomtmark om utrymme finns, se Figur 12 och Figur 13. Genom att förse dessa anläggningar med ströpta eller reglerade utlopp, kan det utgående flödet begränsas och resterande dagvatten magasineras i dammen. När avrinningen till dammen har minskat töms dammen successivt samtidigt som föroreningar sedimenterar. Vid inloppet använder man vanligtvis ett grövre sediment än vid utloppet för att undvika erosion.

Dammarna kan utformas som våta eller torra beroende på om de alltid skall ha en synlig vattenspegel eller inte. Våta dammar har generellt bättre reningseffekt eftersom uppehållstiden i en våt damm är längre än i en torr damm, vilket gynnar förutsättningarna för sedimentering.

Fördelar med fördröjningsdammar är att man effektivt kan ta hand om stora mängder dagvatten samtidigt som de kan ha god reningseffekt. Dammen kan också leverera ekosystemtjänster. En nackdel är att de kräver stort utrymme. Dessutom måste skötsel i form av gräsklippning etc. genomföras regelbundet för att de skall fungera tillfredsställande.

Ett vanligt problem med dagvattendammar är att in- och utlopp sätts igen och att det uppstår oönskad vegetationsutbredning om dammen inte underhålls. Vid vintertid i Sverige kan också isen och saltet på vägarna påverka reningseffekten. Enligt en studie av Roseen et al. (2009) är dock påverkan marginell. Dammar är inte effektiva på att avskilja kväve och lösta metaller, därför är denna metod inte att rekommendera om dessa ämnen är prioriterade. Detta beror på att kväve och lösta metaller inte är partikelbundet och är därför svåra att sedimentera.

En studie av Pettersson (1999) visar att avskiljningskapaciteten i en damm i stor grad styrs av dammens *specifika yta*. Dammens specifika yta uttrycks i dammareal (m^2) per avrinningsområdets reducerade area (ha). Optimal avskiljningskapacitet, omkring 80 % för metaller och närsalter, uppnås då dammens specifika yta uppgår till omkring 250 m^2/ha . En ökning av dammens specifika yta därutöver bidrar endast till en marginell ökning av avskiljningskapaciteten. Vidare är även dammens längd-breddförhållande en avgörande faktor. Långsträckta dammar med ett längd-breddförhållande över 3:1 har visat sig vara fördelaktigt vid avskiljning av föroreningar, då det ger en jämnare hastighetsfördelning.



Figur 12. Exempel på damm och ränna i Kristianstad (Foto: Norconsult)



Figur 13. Exempel på dagvattendamm i Trönninge i Varberg. (Foto: Norconsult)

4.3.4 Regnrabatt

En regnrabatt är en typ av dagvattenbiofilter som är som ett bevuxet svackdike eller en sänka med ett underliggande filterlager. Huvudsyftet med denna typ av biofilter är att rena och fördröja dagvatten, se exempel i Figur 14. Bara under korta perioder i samband med kraftiga regn kommer en regnrabatt att ha en synlig vattenspiegel. Denna synliga vattenyta kommer då fungera som en tillfällig magasinering.

Regnrabatter byggs upp med en väl-dränerad bädd med växter som klarar perioder av både torka och höga vattennivåer, anpassade till klimatet i den region där den anläggs. De kan bestå av ett naturligt jordmaterial eller ett konstgjort medium och nyttjar en kombination av kemiska, biologiska och fysiska processer genom vegetation och biofilm för att avlägsna föroreningar. Växterna bidrar med att stabilisera filtermaterialet för att förhindra erosion samt för reningsprocessen genom upptag av näringsämnen, metaller och samtidigt ha ett estetiskt värde. Uppbyggnaden bör vara mellan 700–900 mm djup och en area motsvarande 2–6 % av avrinningsområdets hårdgjorda ytor.



Figur 14. Illustration av en nyanlagd regnrabatt i kombination med genomsläpplig beläggning (City of Portland, 2018).

En regnrabatt och andra typer av dagvattenbiofilter infiltrerar genom planterad filteryta och sedan genom ett filtermaterial. I filtret kvarstår sedan föroreningar. Genom ett samarbete mellan Norconsult och Chalmers Tekniska Högskola har reningseffektiviteten hos regnrabatter studerats. Resultaten visar på att reningsgraden kan uppgå till omkring 80 % för suspenderad substans, omkring 50 % för kväve, 70 – 80 % för zink, bly, koppar och krom samt 50–60 % för kadmium och nickel.

Dock kan konflikter mellan estetik och funktion uppstå, exempelvis om en hög alt av organiska arter önskas gynnas genom extra tillsättning av gödsel. Annars är utformningen av en regnrabatt väldigt flexibel. Detta möjliggör installationer på de flesta platser som gator, parkeringar och andra publika områden.

Enligt forskningsresultat vid Luleå tekniska universitet har det visat sig att biofiltrering av dagvatten har förmågan att rena dagvatten och smältvatten effektivt även i kalla temperaturer. Resultaten visar att sediment, fosfor och tungmetaller renas effektivt i biofiltret även i kalla temperaturer. Även lösta metaller renas oftast tillfredsställande.

För att säkerställa en långsiktig funktion erfordras skötsel. Utformningen av anläggningen kan anpassas så att skötseln underlättas. Vid utformning av anläggningen bör till exempel inlopp, kantstöd, försedimentering beaktas med avseende på erosionsskador, snöröjning etc. Anläggningen erfordrar skötsel ca 2 gånger per år. Under skötseltillfällena sker rensning från ogräs, skräp och sediment. Större och sammanhängande anläggningar torde vara lättare och billigare att sköta.

4.3.5 Gröna tak

För att minska avrinningen av dagvatten från takytor kan byggnader förses med gröna tak, se exempel i Figur 15. Det kan vara bra att tillämpa för att fördröja vattnet om risk för översvämningar i dagvattennätet föreligger.



Figur 15. Exempel på ett grönt tak, AC Marriott Hotel, Chapel Hill (Living Roofs, 2018).

Ett grönt tak består av flera lager, vegetation, jordlager, dräneringslager och ett tätskikt. Det finns två typer av gröna tak, extensiva och intensiva, där skillnaden är jordens tjocklek.

Den intensiva taktypen kräver en starkare konstruktion, har en högre kostnad men kan hålla mer vatten och har ett betydligt större utbud av växter än ett extensivt tak. Det extensiva taket kan bara ha små sedumväxter men kräver mindre bevattning och underhåll än ett intensivt grönt tak. Ett extensivt tak är inte tjockare än 150 mm. Under Sveriges vinterhalvår minskar kapaciteten eftersom vegetationen är mindre under dessa perioder. Tunna gröna tak, med t.ex. sedum, kan minska den totala avrunna mängden dagvatten på årsbasis med ca 50 %. Gröna tak med djupare vegetationsskikt magasineras enligt Svenskt Vattens publikation P105 i medeltal 75 % av årsavrinningen. Dessutom kan gröna tak magasinera upp till 10 mm nederbörd vid enskilda regntillfällen. Förutom detta har sedum, till skillnad från vanligt gräs, den speciella egenskapen att det klarar längre torrperioder utan att torka ut. Tunna sedumtak (30 mm) kan magasinera upp till 20 l/m² medan tjockare kombinationstak med sedum och gräs (120 mm) kan magasinera upp till 60 l/m². Vegetationsskiktet bör ej bli för djupt då detta kan medföra att oönskade arter etablerar sig. Avrinningskoefficienten för gröna tak kan variera mellan 0,6 och 0,7.

Förutsättningar för att tekniken skall kunna utnyttjas är att taket inte har alltför brant lutning. Takkonstruktionen skall vara dimensionerad för den extra last som det gröna taket innebär. Lasten är dock inte större än att motsvara ett vanligt tegeltak för ett extensivt sedumtak.

Vidare kan gröna tak ha en ljud- och värmeisolerande verkan, vilket kan bidra till en bättre inomhusmiljö samt reducera hushållens energibehov för uppvärmning. Det kan också bidra till bättre luftkvaliteter och gynna ekosystemtjänster. Dessa tak kräver dock skötsel i form av gödsling och bevattning för att bibehålla sin funktion och karaktär särskilt under etableringsfasen. Gödsel och näringsämnen kan därför också orsaka föroreningar av vattnet som avrinner från taken. Däremot är mängden vatten inte särskilt stor då det mesta absorberas av jorden och växterna på taket. Dessutom påverkar också valet av växter hur mycket gödsel som behövs. Det finns även studier som visar på att gröna tak bidrar till en minskning av sura utsläpp till naturliga vattenrecipienter. Genom att integrera odlingar eller parkmiljöer med gröna tak kan en social hållbarhet främjas.

4.3.6 Översilningsytor

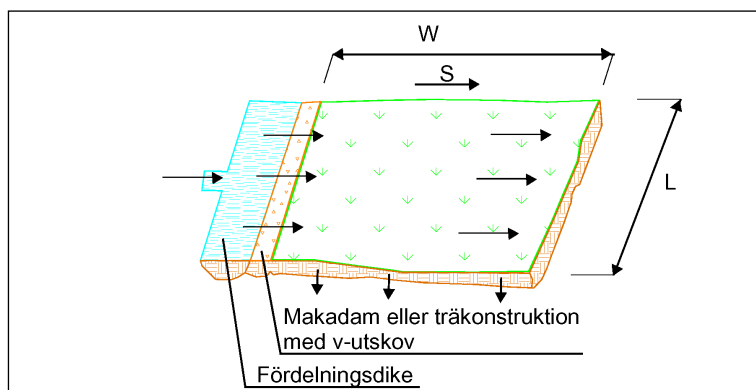
Genom att avleda vatten från tak och andra hårdgjorda ytor till s.k. översilningsytor finns möjlighet till såväl utjämning som rening av dagvatten. Översilningsytor är permeabla vegetationsytor i relativt svag lutning, maximalt omkring 15 %, där vattnet bromsas upp och infiltreras till underliggande mark. Sådana ytor kan utgöras av grönytor eller mer skogslik terräng och anläggs med fördel så nära källan som möjligt.

För bästa effekt bör dagvattnet spridas ut över en översilningsyta, hellre än att släppas i en enda punkt. Spridningen kan ske med hjälp av en spridningsledning, genom makadam eller med hjälp av en träkonstruktion med v-utskov. För att ytterligare reducera risken för erosion vid höga flöden kan översilningsytor förses med erosionsskydd, t.ex. kokosnät som vegetationen kan etableras i.

Direkt nedströms en översilningsyta bör ett avskärande dike anläggas, för omhändertagande av dagvatten som inte infiltrerat. Översilningsytor kan även seriekopplas med avskärande diken med jämna mellanrum för uppbromsning och fördelning av dagvatten innan nästkommande yta.

Rening uppnås genom att partiklar ackumuleras på växtligheten samt sedimenteras på ytan. Reningprocesserna påverkas av kontakttiden mellan dagvattnet och vegetationsytan, ytans storlek samt markens infiltrationsegenskaper.

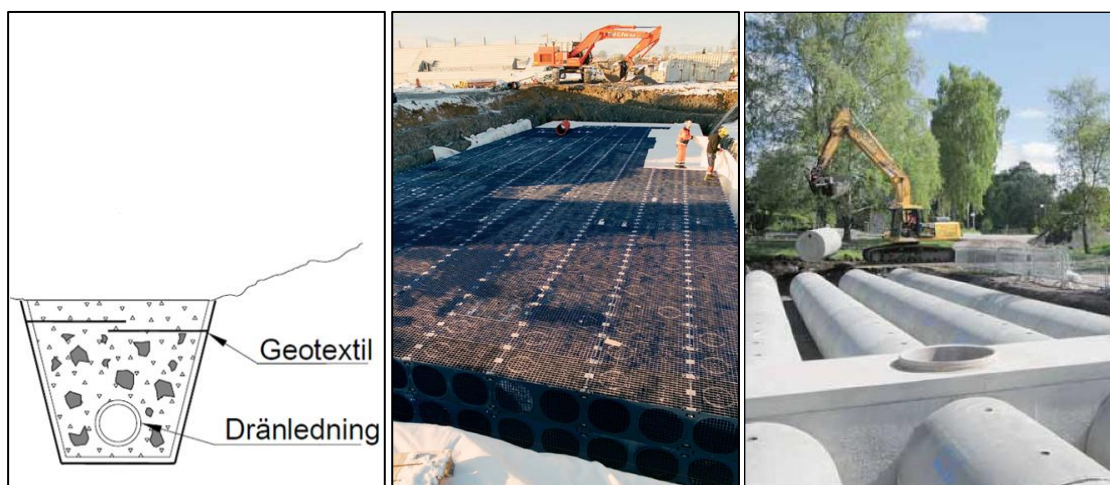
Med rätt utformning kan översilningsytor utgöra estetiska värden i ett område och jämfört med många andra system för utjämning av dagvatten är anläggningskostnaderna som förknippas med översilningsytor relativt låga. I Figur 16 visas en skiss över utformningen av en översilningsyta.



Figur 16. Översilningsyta (L = längd, W = bredd, S = längsgående lutning).

4.3.7 Magasin

I områden där en öppen fördröjning inte kan anläggas kan underjordisk magasinering ske. Dock rekommenderas att allt dagvattnet i så stor förmåga som möjligt avleds till områden där ytlig fördröjning kan ske, inom exempelvis dammar och bäckar på allmän platsmark som även möjliggör översvämning utan att riskera skador på viktiga samhällsfunktioner. Magasinering kan ske i exempelvis makadammagasin, kassetmagasin eller rörmagasin, se Figur 17.



Figur 17. Exempel på makadammagasin (Foto: Norconsult), kassetmagasin (Foto: Wavin) och rörmagasin (Foto: Alfa Rör).

Vid anläggning av underjordiska magasin måste hänsyn tas till grundvattennivån. Om ett magasin inte utformas tätt kommer infiltration leda till en grundvattensänkning i höjd med utloppet. Grundvattensänkningen kan följaktligen leda till sättningar och stabilitetsproblem. Om magasinet är utformat tätt kan en hög grundvattennivå leda till att ett tomt magasin (fyllt med luft) trycks uppåt och skadar både magasinet och påkopplade ledningar på grund av densitetsskillnader. Risken för uppträckning kan minskas genom en förankring till underliggande jordlager.

4.3.7.1 Makadammagasin

Makadammagasin av varierande fraktioner är vanligen typen av magasinering som används i samband med permeabla beläggningar. Dagvattnet fördröjs inom porvolymen av makadammassorna, vanligtvis ca 30 %. Utflödet sker genom infiltration till underliggande jordlager eller till en dräneringsledning som är anlagd i botten av magasineringsvolymen.

Flödesrestriktionen utgörs av dräneringsledningens dimension eller om infiltrationshastigheten i makadamen eller det underliggande jordlagret är lägre än regnintensiteten.

4.3.7.2 Kassettmagasin

Fördröjningsmagasin kan även bestå av så kallade dagvattenkassetter. Magasin med dagvattenkassetter, liksom traditionella makadammagasin, fördröjer dagvatten och tillåter infiltration till underliggande mark. Kassetterna har en våtvolum på ca 96 %, vilket betyder att de är mycket utrymmeseffektiva i förhållande till volymen dagvatten som kan magasineras. Fördelar med dagvattenkassetter jämfört med makadammagasin är, förutom att kassettmagasinen inte kräver lika stor plats, att möjligheterna till inspektion, rensning och spolning är större.

4.3.7.3 Rörmagasin

Fördröjningsmagasin kan även bestå av s.k. rörpaket. Fördelarna med rörpaket är bland annat en lång livslängd och goda möjligheter till inspektion och sanering. Dock medges ingen möjlighet till infiltration eller rening av dagvattnet.

4.3.8 Dagvattenpark

För att fördröja dagvatten kan naturliga miljöer, såsom parker, utformas för ett multifunktionellt syfte. Genom att prägla en park med estetiskt utformade dammar, diken och översvämningssytor med överfall och regleringar blir dagvattenhanteringen en integrerad samhällstjänst. Se Figur 18-Figur 23 för inspiration och exempel på hur ovanstående principlösningar kan appliceras i sammanhanget.



Figur 18. Exempel på översvämningssyta/avvattningsstråk i ett svackdike vid torr väderlek och extrem nederbörd (Copenhagize, 2016).



Figur 19. Sektionerat dike med överfall, Slottsskogen i Göteborg (Foto: Norconsult).



Figur 20. Exempel på reglering av dagvattenpark i Fornebu i Oslo (Foto: Norconsult)



Figur 21. Dagvattenhantering integrerad i en skateboardpark. Multifunktionell översvämningssyta (BWE, 2018).



Figur 22. Exempel fördröjning och avledning i en långsmal dagvattenpark. (Our Weekly, 2017)



Figur 23. Översvämningssyta och turistattraktion integrerad i parkmiljö, Fort Worth, Dallas (Marina centre, 2018).

4.4 Föreslaget dagvattensystem

Mariesjö är ett stort område och kommer därmed innefatta en stor variation av dagvattensystem, anpassade efter fördröjning-, rening- och avledningsförutsättningar. Systemen kan främst delas i upp två kategorier, lösningar på allmänna ytor och på kvartersmark. Dagvattenhantering på allmänna ytor har större potential att nyttja ytlig hantering då större ytor är tillgängliga, inom exempelvis parker eller naturmarker. Ytor där dagvattnet är svårt att leda till allmänna parker eller naturområden måste hanteras på kvarternivå och omfattar flera mindre lokala åtgärder.

Norr om den stora parken inom avrinningsområde 3 finns möjlighet att nyttja dagvattenhantering på allmän platsmark, och söder om parken måste lokal hantering ske inom kvartersmark, då befintliga markförhållanden hindrar avledning mot norr.

Samtliga rekommenderade lösningar ska klara av att fördröja ett framtida 10-årsregn. Den erforderliga fördröjningsvolymen inom respektive avrinningsområde har dimensionerats från maxvärdet enligt de två fördröjningsprinciperna, se Tabell 10 och Tabell 11.

Dagvattnet från bostadsområdet väster om Mariesjö som idag avleds till naturmarken och sedan den befintliga dammen rekommenderas att istället avledas till parken. Följaktligen gynnar detta både exploateringsstrukturen som inte behöver samordnas med det befintliga dagvattensystemet inom avrinningsområde 3 och 5. Utifrån förutsättningarna som är aktuella idag rekommenderas dagvattnet att avledas enligt alternativ 2 som redovisas i kapitel 4.1. Detta för att i framtiden fortsätta nyttja den naturliga fördröjningskapaciteten som finns inom naturmarken, inte riskera naturvärden genom att bäcken går torr samt för att erhålla en godtycklig fördelning av fördröjningsyta och vistelseyta i den östra delen av parken inom avrinningsområde 3. Lösningarna förutsätter att allt vatten fördröjs innan det når den befintliga dagvattendammen då form och kapacitet är okänd. Följaktligen kan dimensionerande fördröjningsvolymen inom avrinningsområde 3 och 5 istället hanteras i dammen belägen nedströms föreslagen placering av fördröjningsvolymen.

Lösningförslag för avrinningsområde 1 och 2 redovisas i Bilaga 6, avrinningsområde 4 och 5 i Bilaga 7, avrinningsområde 3 i Bilaga 8 och avrinningsområde 6 i Bilaga 9.

4.4.1 Allmän platsmark

4.4.1.1 Avrinningsområde 1

Fördröjningsvolymen inom avrinningsområde 1 har ett dimensioneringskrav om fördröjning från ett framtida 10-årsregn till ett befintligt 5-årsregn. Motsvarande fördröjningsvolym om 385 m³ finns naturligt inom området. Enligt en tidigare utförd dagvattenutredning av Norconsult, *Stallsiken Dagvattenutredning 2017-11-13*, kan en strypning av flödet i kulvertarna som leder dagvattnet vidare i bäcken resultera i två naturliga fördröjningsdammar. Väster om kulverten (norra diket inom Stallsiken) kan en uppdämning till nivån +128,5 meter nyttja ca 530 m³ fördröjningsvolym. Väster om kulverten under riksväg 26 kan en uppdämning till nivån +125,5 meter nyttja ca 120 m³ fördröjningsvolym. Denna kulvert var ej inkluderad i underlaget och ingick inte i fältinventeringen. Därmed är kulverten antagen och dimensionen är okänd.

Föreliggande naturliga fördröjningsvolymerna uppfyller kravet och antas fungera efter exploatering om en strypning av kulvertar sker till ett befintligt 5-årsregn. Då avrinningsområdet i väster ej är inkluderat på grund av komplexa dagvattenförhållanden behöver detta utredas ytterligare. Därmed förväntas högre flöden och följaktligen krävs större fördröjningsvolym. När ett fullständigt resultat för befintliga och framtida flöden erhållits kan en flödesreglering genom kulvertarna bestämmas, med hänsyn till naturlig fördröjningskapacitet i dalgångarna samt naturvärden, bestående av raviner med bäck och kalkkärr.

4.4.1.2 Avrinningsområde 2

Fördröjningsvolymen inom avrinningsområde 2 har ett dimensioneringskrav om 10 mm fördröjning per reducerad area. Denna fördröjningsvolym om 13 m³ finns naturligt inom området. Befintliga förhållanden förutses fungera efter exploatering.

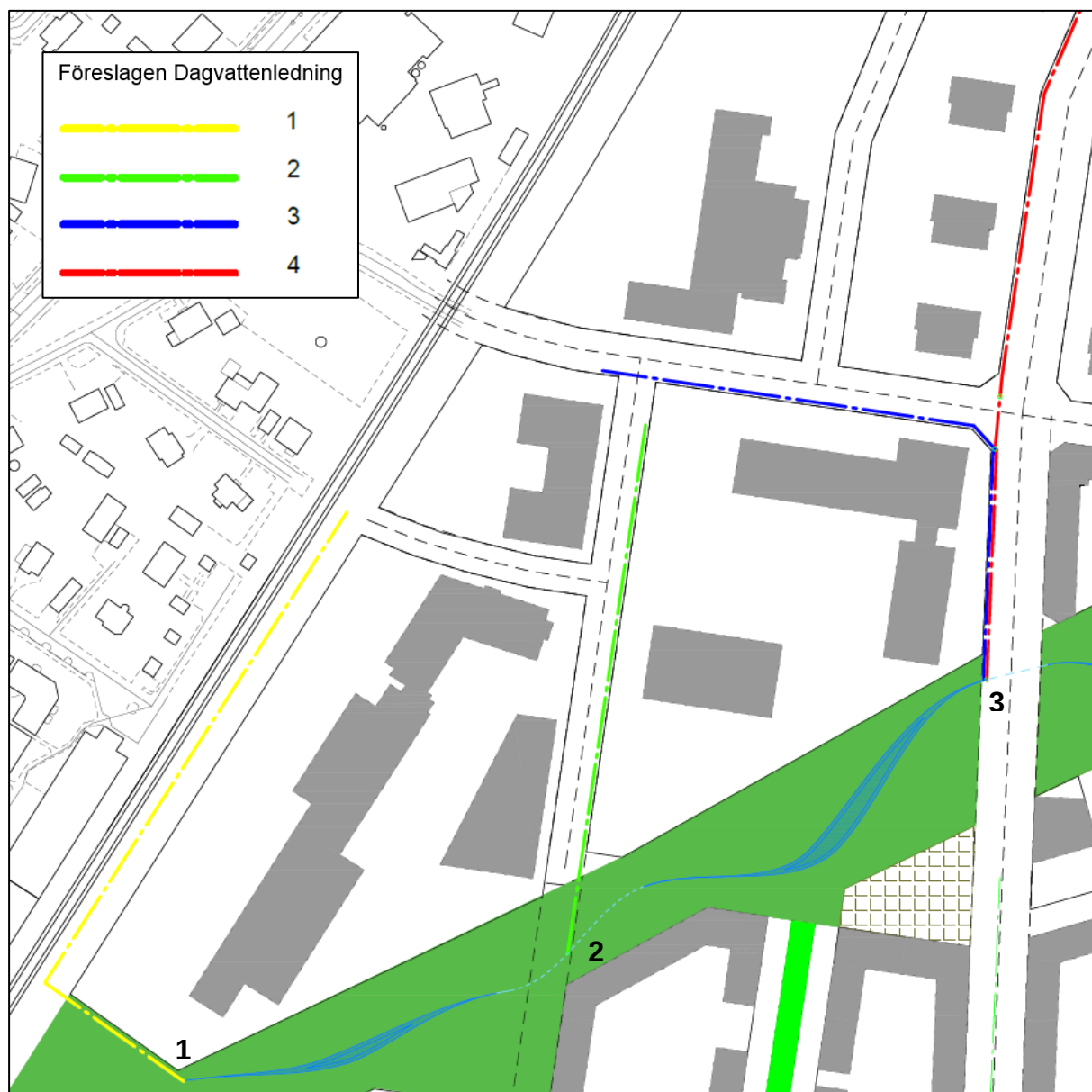
Då avrinningsområdet i väster ej är inkluderat på grund av komplexa dagvattenförhållanden behöver detta utredas ytterligare. Högre flöden och en större fördröjningsvolym förväntas därmed erhållas efter en kompletterande utredning. Dimensionerande fördröjningsvolym och flödesreglering av kulverten bestäms därefter med hänsyn till naturlig fördröjningskapacitet och naturvärden, bestående av ravin med bäck och kalkkärr samt lövskogslund.

4.4.1.3 Avrinningsområde 3

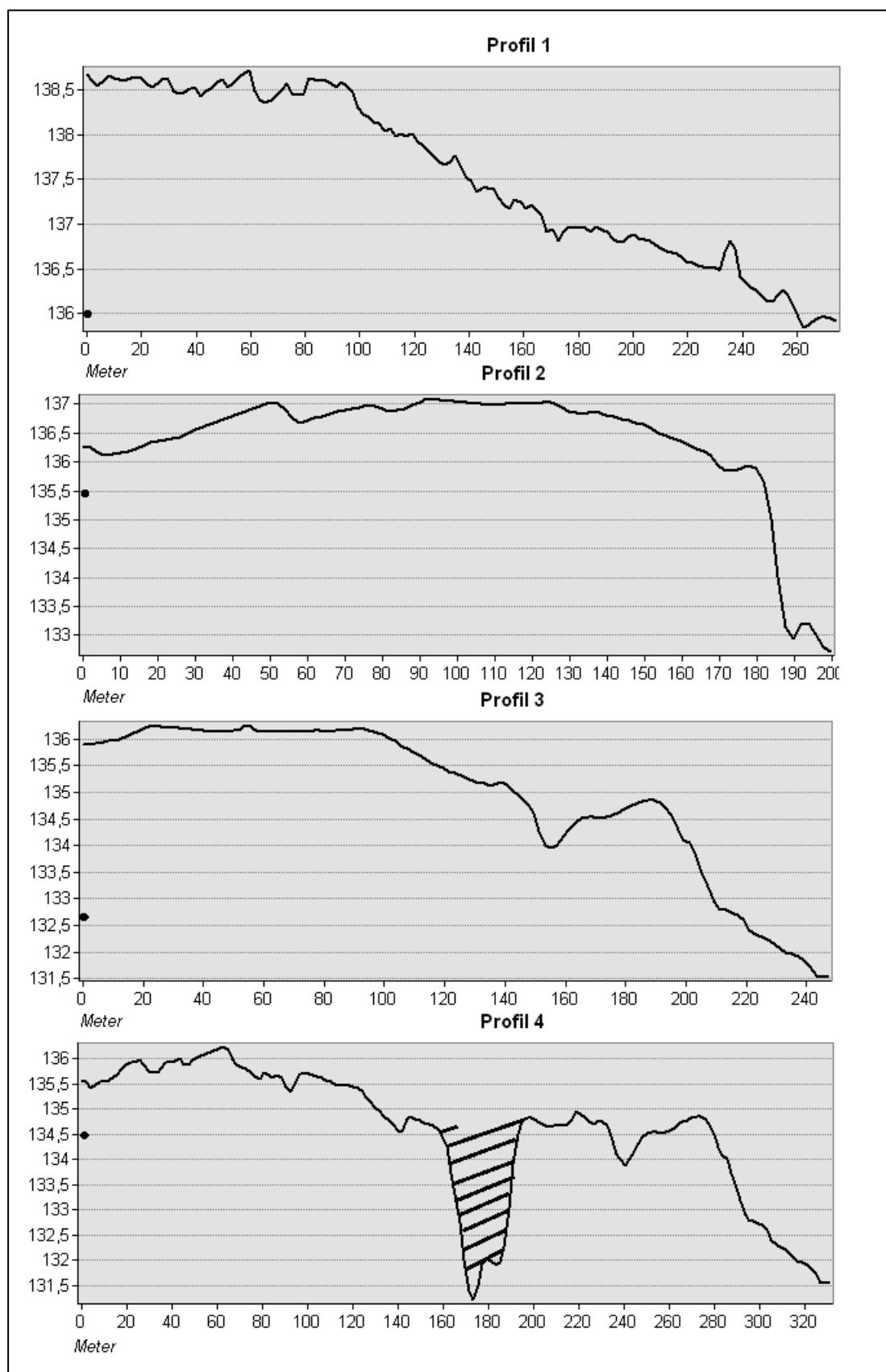
Dagvattnet inom avrinningsområde 3 föreslås avledas genom dagvattenledningar till parken i söder. En huvudledning kan förslagsvis placeras längs med huvudgatan som har en nord-sydlig riktning. I parken nyttjas bäckar, dammar, rabatter och övriga öppna dagvattenlösningar i samband med multifunktionella slänter. Därmed kommer parken även utgöra en översvämningssyta för skyfall. Föreslagen lösning kan även kombineras med gröna lokala åtgärden på kvartersmark som är anslutna till dagvattennätet. Utformningen av yttlig fördröjning inom parkområdet kan exempelvis utgöras av en damm eller etappvis uppdämning med reglerat utflöde och breddning i flödesriktningen.

Strukturplanen är inte harmoniserad med befintliga dagvattenledningar. Om avvattningen av bostadsområdet väster om Mariesjö ska fortsätta avledas genom naturmarken (avrinningsområde 5) bör strukturplanen justeras, alternativt att ledningarna läggs om enligt strukturplanen. Marknivåerna i dagsläget möjliggör även avledning av detta dagvatten till den planerade parken söder inom avrinningsområde 3. Om parken bevaras på befintlig marknivå är inloppet till parken från avrinningsområde Väst 1 beläget ca 150-300 meter från parkens västra avgränsning. Inloppet för avrinningsområde Väst 2 hamnar enligt samma förutsättningar ca 400 meter från parkens västra avgränsning. Ett tredje inlopp rekommenderas att placeras mellan dessa ledningar för att leda in dagvattnet i parken tidigt och möjliggöra etappfördelad fördröjning.

På grund av djupa vattengångar i ledningsnätet från bostadsområdet Väst utfördes en mer ingående utvärdering av möjligheten att avleda dagvattnet till parken i avrinningsområde 3. Marknivåprofiler längs med föreslagna ledningsstråk redovisas i Figur 24, Figur 25 och Tabell 12.



Figur 24. Karta över markhöjdsprofiler. Samtliga linjer är dragna på föreslaget ledningsstråk.



Figur 25. Profillinjer för marknivå vid föreslagna dagvattenledningar. Svart punkt och streckade linjer indikerar starthöjd för vattengång och behov av fyllnadsmassor.

Tabell 12. Uppskattad vattengång till utflödespunkter i parkens förslagna bäck. Se figurer ovan för indata.

Ledning	Starthöjd	Lutning ‰	Kommentar
1	Befintlig ledning	1	Sänkning av bäck med ca 0,5 m
2	Ca 1 m under markyta	12,5	x
3	Befintlig ledning	4	x
4	Ca 1 m under markyta	9	x

För att öka fallet i ledningssträcka 1 kan utloppspunkten flyttas längre in i parken då det är god lutning längs med parkens utsträckning.

Bostäderna väster om utredningsområdet ingår ej i nyexploateringen, därmed adderas en fördröjningsvolym motsvarande ett framtida 10-årsregn till ett befintligt 5-årsregn i parkens totala fördröjningsvolym. Dessa fördröjningsvolymerna om 354 m³ och 85 m³ i utflödespunkt 1 respektive utflödespunkt 3 är inkluderade i Bilaga 8.

4.4.1.4 Avrinningsområde 4

Fördröjningsvolymen inom avrinningsområde 4 har ett dimensioneringskrav om 10 mm fördröjning per reducerad area. Denna fördröjningsvolym om 13 m³ finns naturligt inom området och utgörs av diken längs med vägar. Befintliga förhållanden förutses fungera efter exploatering.

4.4.1.5 Avrinningsområde 5

Dagvattnet från avrinningsområde 5 föreslås utnyttja den naturliga fördröjningsvolymen i naturområdets diken. Det är dock oklart hur omfattande denna volym är i förhållande till fördröjningskravet om 451 m³ i alternativ 2 (10 mm per reducerad area). Diken kan omkonstrueras och grävas djupare eller bredare för att erhålla en större volym. Hänsyn måste tas till naturvärdesinventeringen så att åtgärder inte påverkar den identifierade lövsumpskogen, aspbeståndet eller bäckravinen som är belägna centralt och söder inom naturområdet. Alternativt kan lokala fördröjningsåtgärder på kvartermark inom centrumområdet kompensera för fördröjningsbristen inom naturmarken, exempelvis regnrabatter, gröna tak och genomsläppliga beläggningar. Dagvattnet från de mest västra delarna inom avrinningsområdet bör avledas till parken, som följaktligen ansluter till dagvattenledningen och naturområdet. En sänkning av parken i förhållande till omgivande marknivå möjliggör även parken som en översvämningssyta när vattennivån stiger i ledningssystemet. För att erhålla ett sådant system bör en brunn med ventil och flödesreglering installeras i den norra delen av naturmarken för att förhindra att allt dagvatten flödar in och översvämmar naturmarken, och därmed riskerar naturvärden.

Om utflödet från avrinningsområdet stryps från 1019 l/s (framtida 10-årsregn) till 325 l/s nyttjas en fördröjningsvolym om 451 m³. Det förutsätts att fördröjningsvolymen om 43 m³ i alternativ 1 (10 mm per reducerad area) ryms naturligt. Naturområdet är beläget ca 3–4 meter lägre än omgivande mark och förutsättningar finns för att nyttja marken som översvämningssyta.

Fördröjningsvolymerna som ej inrymmer inom naturmarken (och parken inom avrinningsområde 3), inklusive översvämningssytor för hantering av skyfall, kan fördröjas i dagvattendammen som idag hanterar hela västra bostadsområdet och befintliga avrinningsområde 4. Information saknas om dammens kapacitet och utflöde.

4.4.2 Kvartersmark

4.4.2.1 Avrinningsområde 6

Fördröjningsvolymen inom avrinningsområde 6 har ett dimensioneringskrav om 10 mm fördröjning per reducerad area. Denna fördröjningsvolym om 1416 m³ föreslås hanteras genom flera lokala åtgärder, se kapitel 4.3. I senare skede bör LOD-metoder utformas för att fördröja och eventuellt rena dagvattnet i enlighet med Tabell 11. Om förändringar av exploateringsstrukturen medför en ökning eller minskning av andel hårdgjord yta kan avrinningskoefficienterna och följaktligen fördröjningen i m³/100 m² justeras.

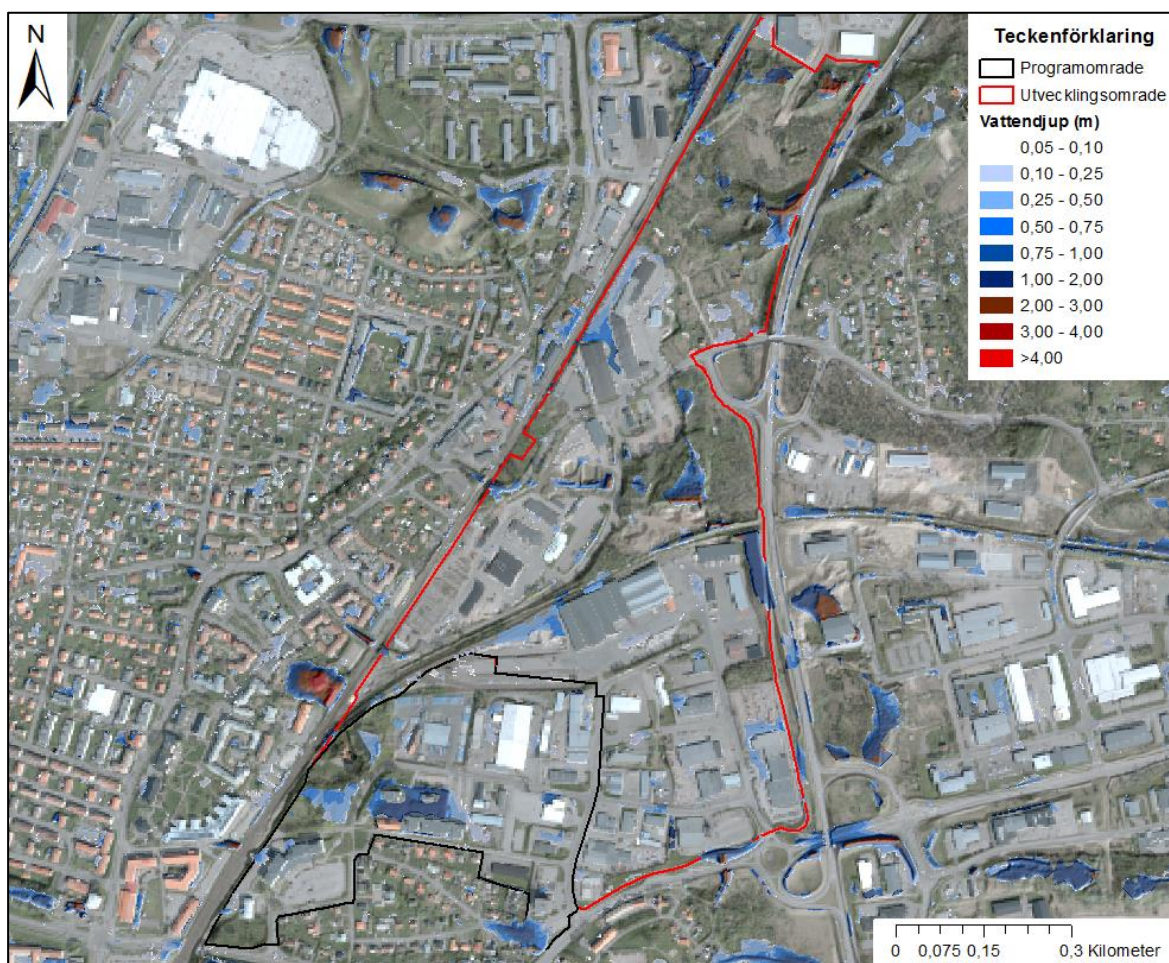
De lokala åtgärderna kan förslagsvis bestå av regnrabatter, permeabla beläggningar, gröna tak och mindre stadsanpassade dammar.

Föreliggande dagvattenledningssystem förväntas kunna hantera de beräknade flödena efter fördröjning inom kvartersmark. Alla ledningar är inte harmoniserade med den exploateringsstrukturen.

I samband med byggnation bör ledningar i konflikt läggas om, alternativt att strukturplanen justeras. En kapacitetsutredning kan förslagsvis klargöra vilka ledningar som är lämpligast att ansluta serviser till så att hela avrinningsområdet är påkopplat efter fördröjning. Förslagna ledningsstråk redovisas i Bilaga 9.

4.5 Skyfall

Vid extrem nederbörd har inte dagvattensystemet kapacitet att avleda dagvattnet ut från området. Som konsekvens uppstår höga vattennivåer och översvämningar, se simulerat 100-årsregn i Bilaga 3 (Norconsult, 2018).



Figur 26. Resultat från skyfallskartering av ett 100-årsregn 5 timmar efter kulmen (Urklipp från bilaga 3).

På grund av att alla kulvertar och ledningsvägar inte var inkluderade i underlaget ger skyfallskarteringen någorlunda missvisande vattendjup i ett fåtal områden. Utflödet i avrinningsområde A ackumuleras i simuleringen. Här finns antagligen en kulvert, ej ägd av Skövde kommun, som leder vattnet vidare under riksväg 26 öster om utredningsområdet. Vattendjupet om 3-4 meter vid utflödet kommer därmed vara mindre än vad skyfallskarteringen indikerar. Samma princip gäller för avrinningsområde B där det finns en 1000 mm kulverten under riksväg 26 som observerats i fält. De stora vattenvolymer som samlas i dessa två punkter leds vidare mot den mest nordöstra dammen i Bilaga 3, vilket förväntas resultera i kritiska översvämningar av den privata fastigheten vid skyfall.

Enligt skyfallskarteringen förväntas lednings- och dikeskapaciteten överskridas i avrinningsområde C och riksväg 26 öster avrinningsområdet kommer att översvämmas. För att undvika översvämning av riksväg 26, bör större diken övervägas att konstrueras.

För avrinningsområde D saknas den kulvert som förbinder diket i skogsområdet med dagvattendammen i underlaget. Därmed samlas stora vattenvolymer med vattendjup om mer än 4 meter här enligt skyfallskarteringen. När en del av detta stående vatten leds vidare till dagvattendammen kan en allvarig översvämning av riksväg 26 uppstå. Detta problem förväntas försvinna när andra avledningsvägar och översvämningssytor erhålls efter exploatering, exempelvis mot parken inom avrinningsområde 3.

Resultaten från skyfallskarteringen visar på instängda områden i det sydvästra hörnet av avrinningsområde E. Här uppstår vattendjup över 1 meter. Dock finns många osäkerheter inom industriområdet då underlag över privata ledningar ej finns inkluderat i skyfallskarteringen. Generellt avleds dagvattnet inom industriområdena genom dagvattenledningarna och ger upphov till höga vattennivåer nedströms på grund av stigande trycknivå i ledningsnätet. Nedströms avrinningsområde 5 kommer exempelvis diket och bron vid anslutningen av riksväg 26 och 49 översvämma.

4.5.1 Höjdsättning

Stora delar av program- och utvecklingsområdet kan bestå av förorenade jordmassor på grund av giftiga verksamheter. Följaktligen kan stora volymer behövas schaktas bort och transporteras till deponi. Både marknivåer och flödesvägar kan drastiskt påverkas av sådana åtgärder, vilket förändrar de befintliga förutsättningar. Schaktade jordmassor antas ersättas för att behålla befintliga marknivåer.

Utifrån dagens förutsättningar, utan hänsyn tagen till privata ledningar, finns risk att vattendjup upp till 0,5 meter inom byggnationsområden uppstår, se Bilaga 3. Höjdsättningen bör anpassas så att byggnader inte tar skada och viktiga samhällsfunktioner skyddas i instängda och låga områden. Lägsta golvnivå föreslås inte understiga 0,5 m över marknivån vid förbindelsepunkt för dagvatten, i enlighet med Svenskt Vattens publikation P105. Om höjdsättningen utformas så att gator i området alltid är belägna på lägre nivåer än kringliggande kvartersmark, kan dagvatten avledas via gatorna om dagvattensystemets maxkapacitet skulle överskridas vid extrem nederbörd. Gator föreslås utformas så att en naturlig avrinning erhålls mot allmän platsmark där översvämningssytor är belägna, exempelvis parker och naturmarker.

I Avrinningsområde 1 kommer dagvattnet naturligt avrinna mot naturmarken. Byggnader bör utformas så att ett slutet byggnadssätt ej erhålls vid naturliga ytavrinningsvägar.

Avrinningsområde 3 och 5 bör höjdsättas så att avrinning erhålls mot skogsmarken eller parken i söder. Extra varsamhet bör beaktas i de nordöstra delarna av avrinningsområde 5 (alternativ 2), så att avrinning mot riksväg 26 ej erhålls. Marken lutar naturligt i sydöstlig riktning och kommer generellt avrinna naturligt mot skogsmarken eller parken. Höjdsättningen och byggnader bör utformas så att instängda områden och lågpunkter undviks. Detta görs enklast genom att undvika slutna byggnadssätt och exempelvis anlägga GC-vägar där mer exemplarisk naturlig höjdsättning finns, exempelvis mellan byggnaderna i den markerade riskzonen för instängt område i Bilaga 8. I lågpunkter behövs fyllnadsmassor för att främja naturlig avrinning mot allmän platsmark se exempel i Figur 25.

I avrinningsområde 6 avrinna dagvatten naturligt mot syd och sydöst. Eftersom det ej är möjligt att avleda mot allmän platsmark finns risk att kvartersmark översvämmas på lägre marknivåer. Därmed är höjdsättning av byggnader extra viktigt så att skador ej uppstår.

5 Slutsats

Utvecklingsområdet Mariesjö utbreder sig över en stor yta med ytterligare avrinningsområden som flödar in och genom avgränsningen för föreliggande utredning. Stora delar av befintliga avrinningsområden kommer kvarstå efter exploatering. Då området idag utgörs av industrimark, främst i de centrala och södra delarna, kommer avrinningskoefficienter att minska när fler ytor möjliggör infiltration, och därmed leda till lägre flöden. Efter exploatering kommer dessa områden bestå av bostäder, högskola, parker och centrum-, handels- och verksamhetsområden. Motsatsen gäller för den norra delen av utvecklingsområdet, södra Stallsiken, där flödena kommer att öka efter upplåtande av centrum-, handels- och verksamhetsområden på de befintliga grönytorna.

Flöden och fördröjningsvolymerna har beräknats för två avrinningsalternativ, varav alternativ 2 rekommenderas. Detta eftersom alternativ 2 resulterar i bevarade naturvärden då ett område fortsätter att avledas i bäcken, fortsatt nyttjande av de naturliga fördröjningsvolymerna inom skogsmarken och parken som utbreder sig östligt genom de centrala delarna av utvecklingsområdet erhåller en bättre fördelning av vistelseyta och fördröjningsyta. Båda alternativen är dock tekniskt genomförbara. Även dagvattnet från området väster om Mariesjö kan avledas till ovannämnda park om ledningar läggs om. Då den befintliga dagvattendammen, belägen intill riksväg 26, har okänd kapacitet och dimensioner kan en vidare utredning klargöra en lämplig fördelning av fördröjningsvolym mellan parken och dagvattendammen samt naturmarken och dagvattendammen, och konsekvenser av ett skyfall.

Fördröjningen inom avrinningsområde 1–5 och avrinningsområde 6 skiljer sig i fördröjning på allmän platsmark och fördröjning på kvartersmark. Avrinningsområde 6 kräver fördröjning på kvartersmark då allmän platsmark inte finns tillgänglig. Dagvattenlösningar som gröna tak, regnrabatter, genomsläppliga beläggningar men underliggande magasinering och mindre stadsanpassade dammar föreslås anläggas. Avledning till fördröjning- och reningsanläggningarna kan förslagsvis ske med ACO-dränledningar eller öppna kanaler och rännor. Utformning och kapacitet bör ta hänsyn till ytan som avrinner till respektive LOD-anläggning. Det rekommenderas att avrinningskoefficienten för respektive avrinningsyta fördröjs i $\text{m}^3/100 \text{ m}^2$. Avledning från anläggningar rekommenderas ske genom serviser från det befintliga dagvattennätet, som behöver harmoniseras i samband med exploateringen. En vidare utredning kan klargöra vart högst kapacitet råder i det befintliga ledningsnätet och vart påkoppling av serviser är lämpligt för att undvika trånga sektioner. Många ledningar är anlagda 1962. Det bör därmed övervägas att anlägga nya ledningar i samband med byggnation. För resterande avrinningsområde föreslås fördröjning och rening ske i öppna dagvattenlösningar, exempelvis dagvattendammar, bäckar och diken inom allmänna naturmarker och parker. Dagvattnet kan avledas med både ovannämnda ytaledningsmetoder och dagvattenledningar. Fördelning och dragningar behöver utredas vidare i senare skede då områdets utformning är tydligare.

Norconsult AB

VA-teknik

Adam Dahlin
Adam.Dahlin@norconsult.com

Jennie Haag
Jennie.Haag@norconsult.com

Malin Törnberg
Malin.Tornberg@norconsult.com

6 Litteraturförteckning

Bohman, P. 2016. *Naturvärdesinventering Södra Stallsiken, Skövde kommun*. Naturcentrum AB. Rapport 20 sidor, utfört på uppdrag av Skövde kommun.

Bohman, P. 2018. *Naturvärdesinventering Mariesjö, Skövde kommun*. Naturcentrum AB. Rapport 17 sidor, utfört på uppdrag av Skövde kommun.

Bohusgeo (2018). *Projekterings-PM/Geoteknik Mariesjö*. 2018-11-29. Uddevalla. Utfört på uppdrag av Skövde kommun.

Gulliver J. S., Weiss P.T., Kayhanian M., Khazanovich L. (2015). *Permeable Pavements in Cold Climates: State of the Art and Cold Climate Case Studies*. Department of Civil, Environmental and Geo- Engineering. University of Minnesota.

Hitta.se (2018). Hämtad: 2018-10-16

<https://www.hitta.se/kartan!~58.39577,13.84223,12.505208586978954z/tr!i=dPEBo2M4>

Länsstyrelsen i Västra Götalands län (2018). *Informationskartan Västra Götaland*.

Hämtad: 2018-10-16

<https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=023f6dde755f41c5a719b111ddfb80ed>

Norconsult (2017). *Stallsiken Dagvattenutredning*. 2017-11-13. Göteborg. Utfört på uppdrag av Skövde kommun.

Norconsult (2018). *Skyfallskartering Skövde*. 2018-02-26. Göteborg. Utfört på uppdrag av Skövde kommun.

Pettersson, Thomas. (1999). Stormwater ponds for pollution reduction. 1-42. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.

Roseen, R. M., et al. (2009). "Seasonal performance variations for stormwater management systems in cold climate conditions." J. Environ. Eng., 135(3), 128–137.

Skövde kommun (2011). *Riktlinjer för dagvattenhantering i Skövde kommun. Antagen av kommunstyrelsen 2011-02-14*

Svenskt Vatten. (2016). *P110 Avledning av dag-, drän- och spillvatten*. Stockholm: Svenskt Vatten.

VISS Vatteninformation Sverige (2018). *Vattenkartan*. Hämtad: 2018-10-16

<http://viss.lansstyrelsen.se/MapPage.aspx>

7 Figurförteckning

7.1 Rapport

BWE (2018). *Linda vista skate-park*. San Diego, USA. Hämtad 2018-10-25

<https://bwesd.com/project/linda-vista-skate-park/>

City of Portland (2018). *SW 12th Avenue Green Street*. Hämtad 2018-12-02

<https://www.portlandoregon.gov/bes/article/123776>

Landscapeonline (2018). *Pavers Blossom in a Botanical Garden*. Hämtad 2018-11-24

<http://www.landscapeonline.com/research/article-a.php?number=18890>

Living Roofs Inc (2018). *Infill development hosting people and promoting rooftop ecology*. Hämtad 2018-11-27

<https://www.livingroofsinc.com/projects/ac-hotel>

Marina Center (2018). Hämtad 2018-11-27

<https://www.marina-centre.com/fort-worth-texas-activities-that-you-must-do-while-visiting/>

O&G Magazine (2018). *Porous Asphalt Enters the Mix*. Hämtad 2018-11-24

<http://magazine.ogind.com/2015/04/01/porous-asphalt-enters-the-mix/>

Our Weekly (2017). *South LA Wetlands receives grant*. Hämtad 2018-12-02

<http://ourweekly.com/news/2017/may/25/south-la-wetlands-receives-grant/>

7.2 Bilaga 6

JML Water feature design (2018). *Place François Mitterrand Le Creusot, France*. Hämtad 2018-12-02

<http://jmlwaterfeaturedesign.com/en/projects/place-francois-mitterrand>

7.3 Bilaga 7

Central District News (2010). *Take a stroll through the new Madison Valley stormwater park*.

Hämtad 2018-12-02

<http://www.centraldistrictnews.com/2010/07/take-a-stroll-through-the-new-madison-valley-stormwater-park/>

7.4 Bilaga 8

City of Murfreesboro (2016). *City Council OKs design proposal for 'daylighting' Town Creek*.

Hämtad 2018-12-03

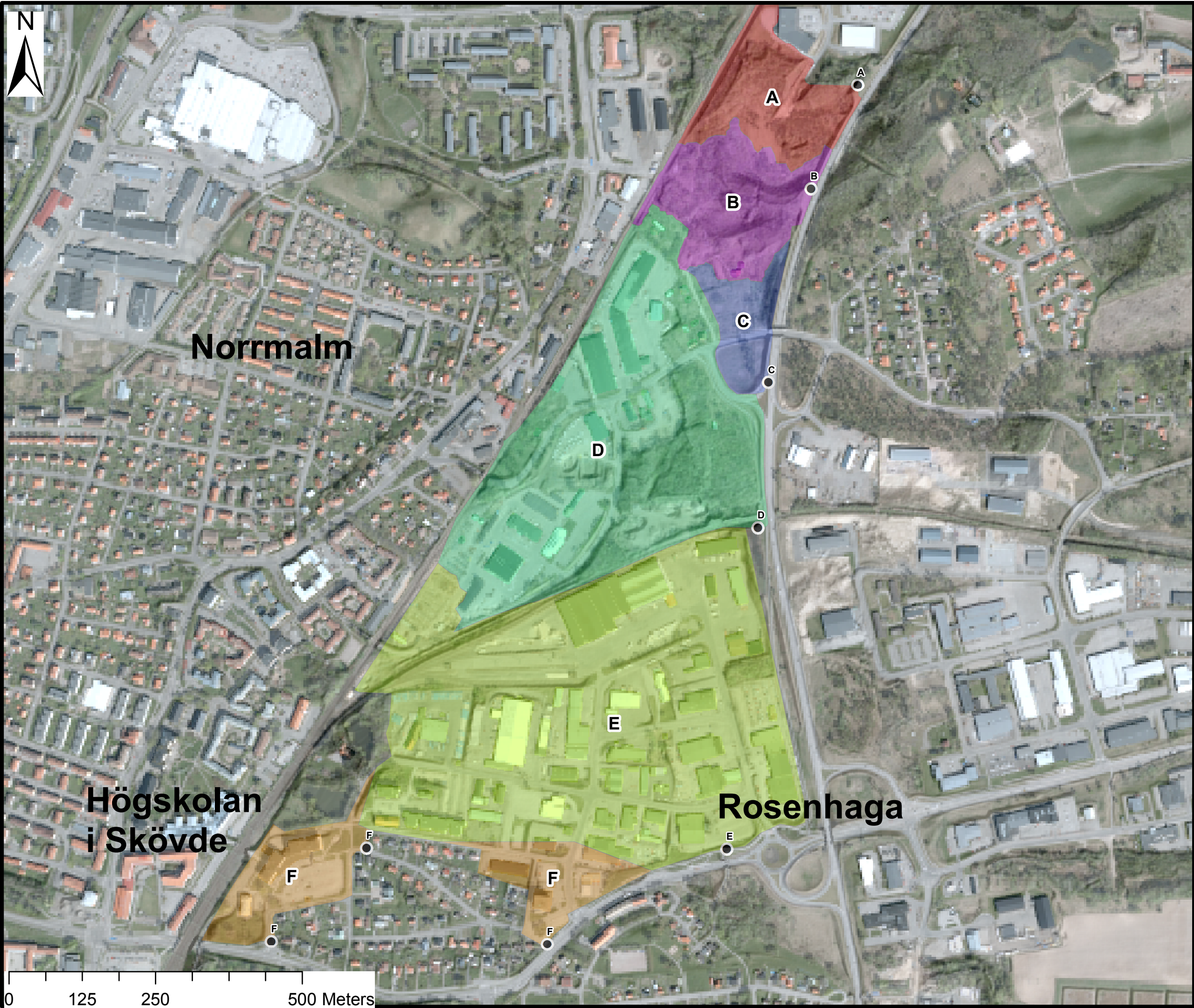
<http://www.murfreesborotn.gov/CivicAlerts.aspx?AID=1618&ARC=3531>

Landscapeonline (2018). *Bringing Stormwater Management to Queens College, City University of New York (CUNY)*. Hämtad 2018-12-03

<http://www.landscapeonline.com/research/article-a.php?number=19802>

7.5 Bilaga 9

Mutual Materials (2018). *Westmoreland Permeable Pavement Pilot Project*. Hämtad 2018-12-03
<https://www.mutualmaterials.com/projects/westmoreland-permeable-pavement-pilot-project/>



Teckenförklaring

- Utflödespunkt

Skede

Färdig handling



SKÖVDE



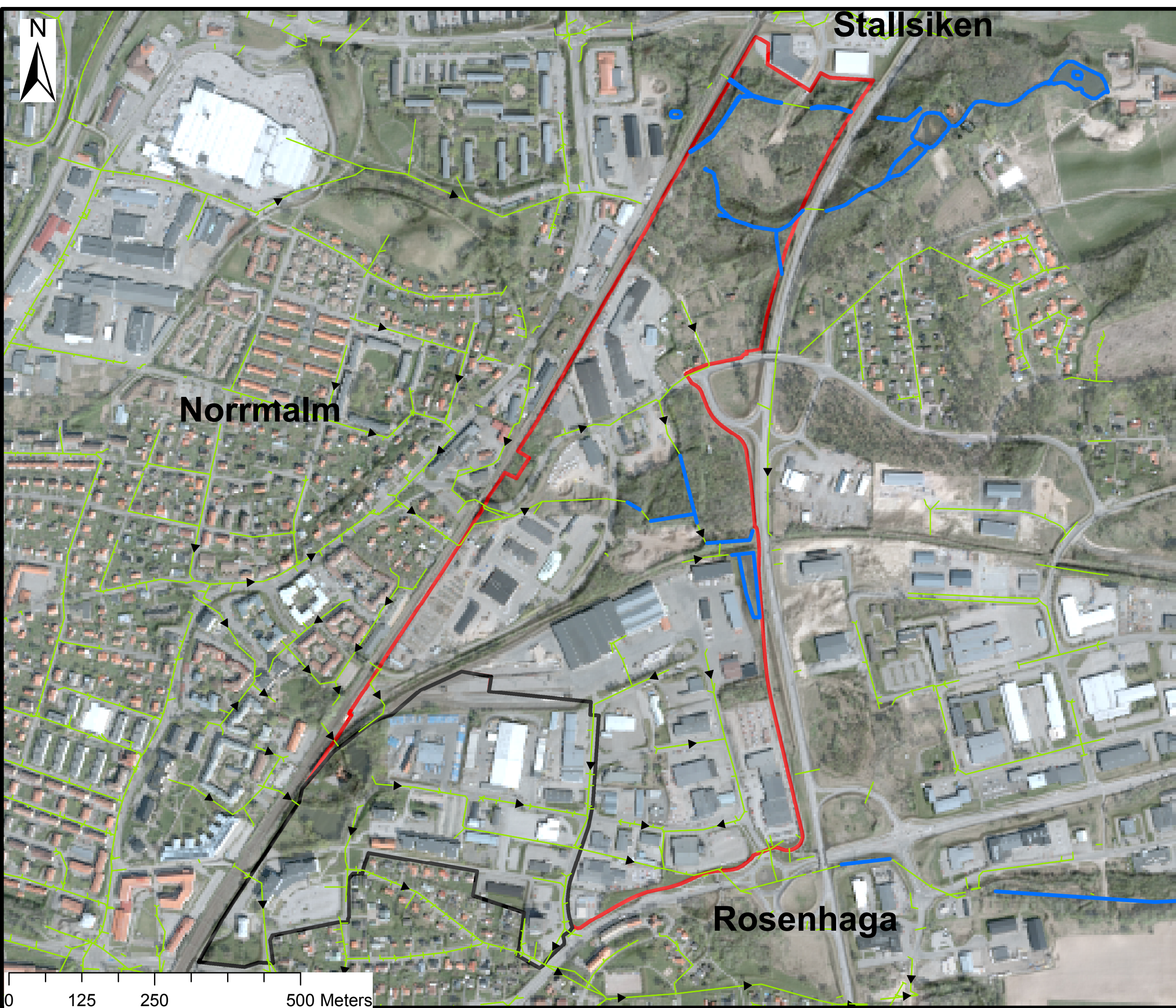
Theres Svenssons gata 11
417 55 Göteborg

Tfn: +46 10 141 80 00
www.norconsult.se

UPPDRAG NR 1053666	RITAD/KONSTRUERAD AV AD	HANDLÄGGARE AD/MT
DATUM 2018-12-14	Ansvarig JH	

Mariesjö dagvattenutredning
Befintliga avrinningsområden

SKALA A3 1:6 000	NUMMER Bilaga 1	BET
---------------------	--------------------	-----



Stallsiken

Norrmalm

Rosenhaga

Teckenförklaring

-  Programområde
-  Utvecklingsområde
-  Diken, bäckar och dammar
-  Ledningar och kulvertar

Skede		
Färdig handling		
 SKÖVDE		
Norconsult  Theres Svenssons gata 11 417 55 Göteborg Tfn: +46 10 141 80 00 www.norconsult.se		
UPPDRAG NR 1053666	RITAD/KONSTRUERAD AV AD	HANDLÄGGARE AD/MT
DATUM 2018-12-14	Ansvarig JH	
Mariesjö dagvattenutredning Befintligt dagvattensystem		
SKALA A3 1:6 000	NUMMER Bilaga 2	BET



0 125 250 500 Meters

Teckenförklaring

- Programområde
- Utvecklingsområde

Vattendjup (m)

- 0,05 - 0,10
- 0,10 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1,00
- 1,00 - 2,00
- 2,00 - 3,00
- 3,00 - 4,00
- >4,00

SKEDE

Färdig handling



SKÖVDE

Norconsult



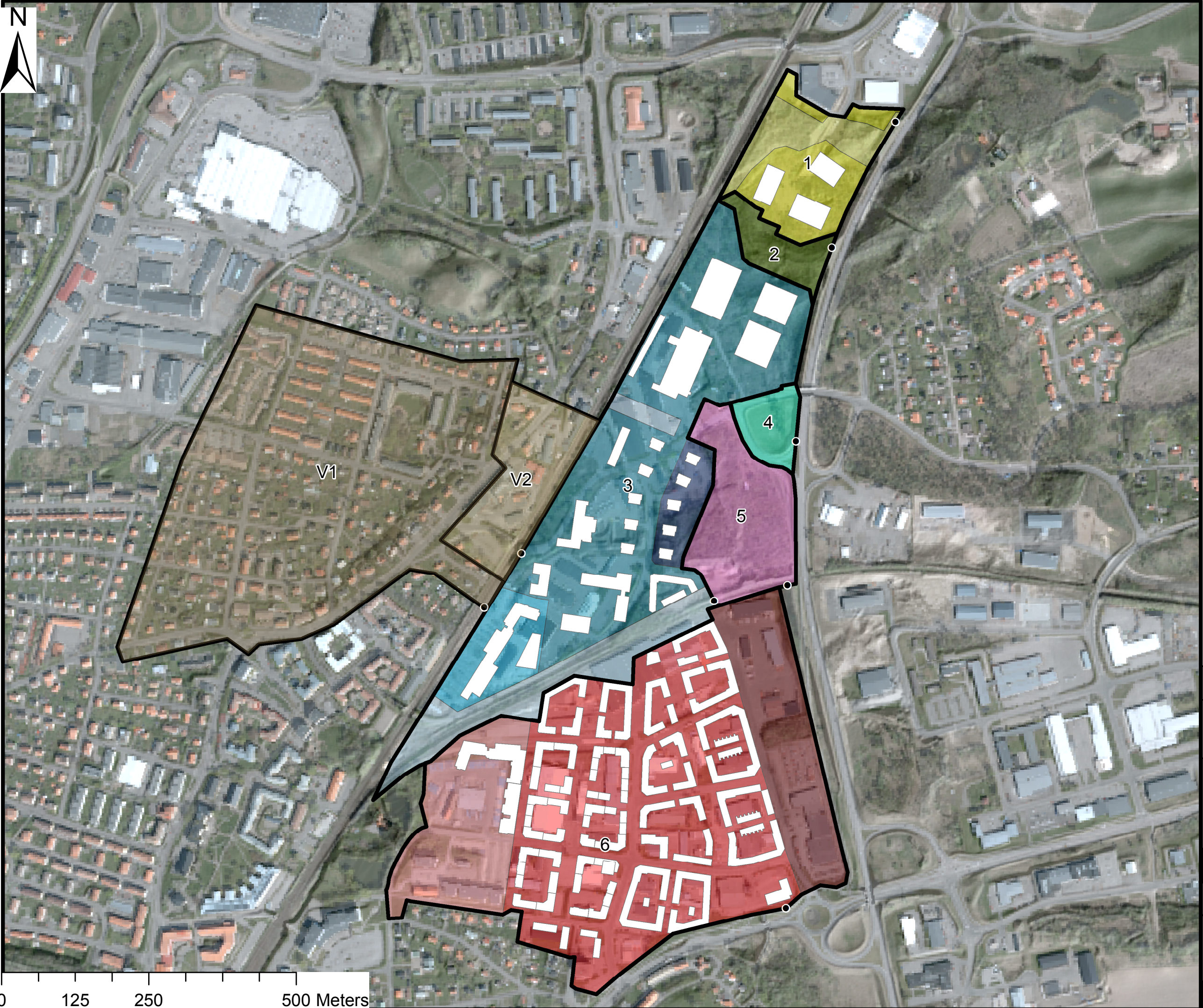
Theres Svenssons gata 11

417 55 Göteborg

Tfn: +46 10 141 80 00

www.norconsult.se

UPPDRAG NR 1053666	RITAD/KONSTRUERAD AV AD	HANDLÄGGARE AD/MT
DATUM 2018-12-14	Ansvarig JH	
Mariesjö dagvattenutredning Skyfallskartering 100-årsregn Vattendjup 15 min efter kulmen		
SKALA A3 1:6 000	NUMMER Bilaga 3	BET



Teckenförklaring

- Utflödespunkt
- Avrinningsområdesgräns
- Markanvändningsgräns
- Avrinningsområde
- 1 Kuperad skogsmark
- Verksamhet/Handel
- 2 Kuperad skogsmark
- 3 Park
- Högskola/Teknikpark
- Verksamhet/Handel/Centrum
- Bostäder
- 4 Flack/Kuperad skogsmark
- 5 Kuperad skogsmark
- 6 Högskola/Teknikpark
- Bostäder
- Industri
- Väst 1 (V1) Bostäder
- Väst 2 (V2) Bostäder/Industri/Verksamhet

SKEDE

Färdig handling

 SKÖVDE

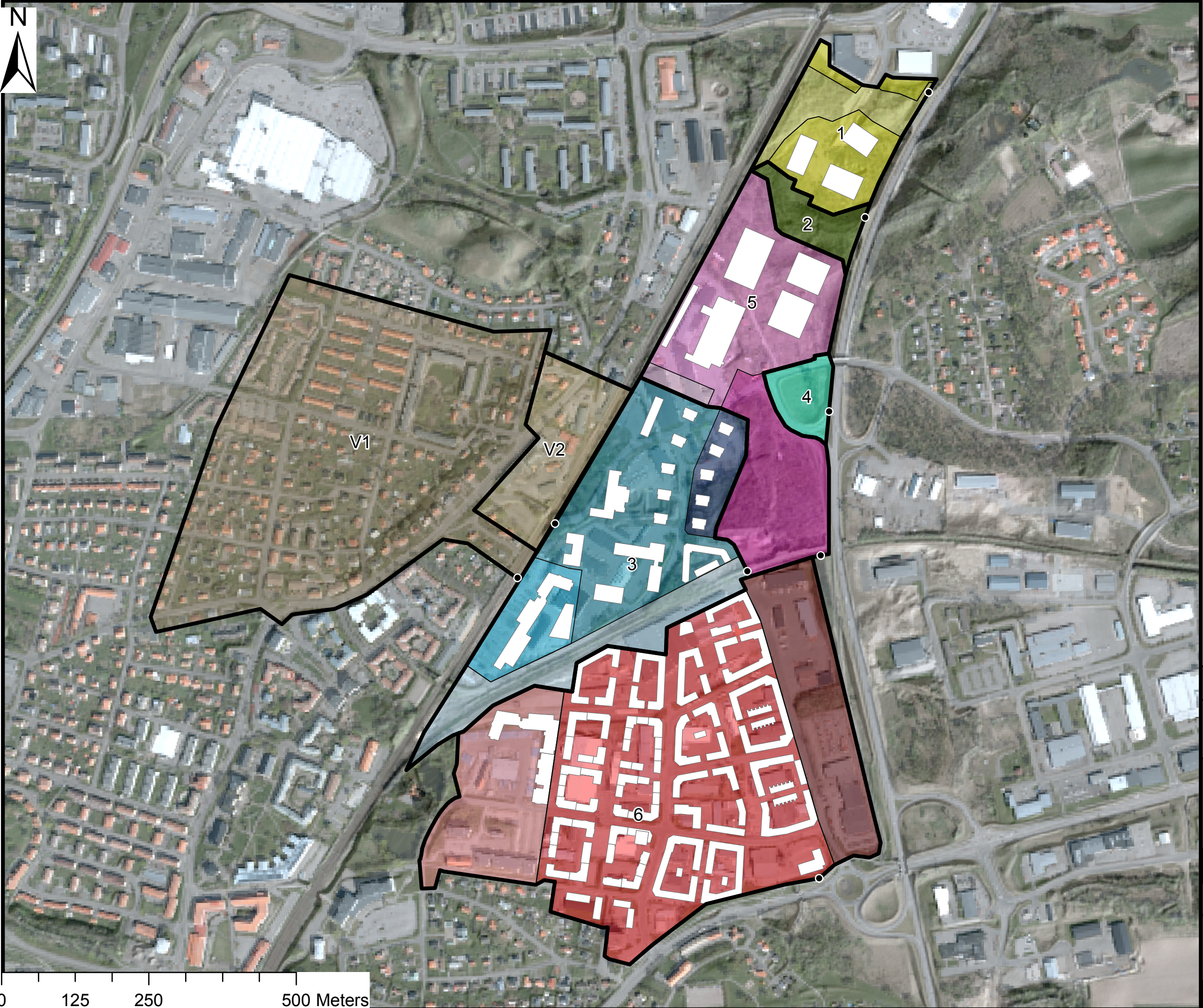
Norconsult



Theres Svenssons gata 11
417 55 Göteborg

Tfn: +46 10 141 80 00
www.norconsult.se

UPPDRAG NR 1053666	RITAD/KONSTRUERAD AV AD	HANDLÄGGARE AD/MT
DATUM 2018-12-14	Ansvarig JH	
Mariesjö dagvattenutredning Framtida avrinningsområden Alternativ 1		
SKALA A3 1:6 000	NUMMER Bilaga 4	BET



Teckenförklaring

- Utflödespunkt
- Avrinningsområdesgräns
- Markanvändningsgräns

Avrinningsområde

- 1
- Kuperad skogsmark
 - Verksamhet/Handel
- 2
- Kuperad skogsmark
- 3
- Park
 - Högskola/Teknikpark
 - Verksamhet/Handel/Centrum
 - Bostäder
- 4
- Flack/Kuperad skogsmark
- 5
- Park
 - Verksamhet/Handel/Centrum
 - Kuperad skogsmark
- 6
- Högskola/Teknikpark
 - Bostäder
 - Industri
- Väst 1 (V1)
- Bostäder
- Väst 2 (V2)
- Bostäder/Industri/Verksamhet

SKEDE

Färdig handling

 SKÖVDE

Norconsult 

Theres Svenssons gata 11
417 55 Göteborg

Tfn: +46 10 141 80 00
www.norconsult.se

UPPDRAG NR 1053666	RITAD/KONSTRUERAD AV AD	HANDLÄGGARE AD/MT
DATUM 2018-12-14	Ansvarig JH	
Mariesjö dagvattenutredning Framtida avrinningsområden Alternativ 2		
SKALA A3 1:6 000	NUMMER Bilaga 5	BET



JML Water feature design

EXEMPEL ÖPPEN AVLEDNING

DAMM 1
HVY DÄMMS TILL NIVÅ CA +128,5
FÖRDRÖJNINGSVOLYM CA 530 m³

DAMM 2
HVY DÄMMS TILL NIVÅ CA +125,5
FÖRDRÖJNINGSVOLYM CA 120 m³

EXEMPEL ÖVERSILNINGSYTOR

RIKSVÄG 26

DAMM 3
FÖRDRÖJNINGSVOLYM CA 570 M³
ANTAGEN REGLERHÖJD CA 1 M
AREA CA 820 M²
ANTAGEN SLÄNTLUTNING 1:4

- Befintlig dagvattenledning
- Förslagen dagvattenledning
- Dagvattenledning utgår
- Befintlig bäck
- Förslagen bäck/dike
- Dagvattendamm

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	SIGN	DATUM
Färdig handling				
Norconsult				
www.norconsult.se				
UPPDRAG NR	RITAD AV	HANDELAGGARE		
1053666	AD	AD/MT		
DATUM	ANSVARIG			
2018-12-14	JH			
Mariesjö dagvattenutredning Föreslaget dagvattensystem Äränningsområde 1-2				
SKALA	NUMMER	BET		
A1:1:1000 A3:1:2000	Bilaga 6			



EXEMPEL CENTRUM/TORG



EXEMPEL FÖRDRÖJNING OCH
ÖVERSÄMMNINGSYTA
TOTAL FÖRDRÖJNINGVOLYM I PARK
CA 1130 m³

FRAMTIDA 10-ÅRSREGN CA 1450 L/S
CA 350 M³ FÖRDRÖJNINGVOLYM

EXEMPEL UTFORMNING
AREA 235 m²

EXEMPEL UTFORMNING
AREA 510 m²

KULVERTERING UNDER VÄG,
ALT. BÄCK UNDER BRO

FRAMTIDA 10-ÅRSREGN CA 500 L/S
CA 170 M³ FÖRDRÖJNINGVOLYM

FRAMTIDA 10-ÅRSREGN CA 1700 L/S
CA 610 M³ FÖRDRÖJNINGVOLYM

EXEMPEL UTFORMNING
AREA 1560 m²

DJUP VATTENGÅNG
CA 4 M DJUP

EV. DYKANDE LEDNINGAR
FÖR ANSLUTNING

- Befintlig dagvattenledning
- Förslagen dagvattenledning
- Dagvattenledning utgår
- Befintlig bäck
- Förslagen bäck/dike
- Dagvattendamm
- Risk instängt område

BET	ANT	ÄNDRINGEN	AVSER	SIGN	DATUM
-----	-----	-----------	-------	------	-------

Färdig handling



Norconsult

UPPDRAG NR 1053666	RITAD AV AD	HANDBLÄGGARE AD/MT
DATUM 2018-12-14	ANSVARIG JH	
Mariesjö dagvattenutredning Föreslaget dagvattensystem Avrinningsområde 3 Alternativ 2		
SKALA A1:1:1000 A3:1:2000	NUMMER Bilaga 8	BET



- Befintlig dagvattenledning
- Förslagen dagvattenledning
- Dagvattenledning utgår
- Befintlig bäck
- Förslagen bäck/dike
- Dagvattendamm

FRAMTIDA 10-ÅRSREGN CA 3200 L/S UTAN FÖRDRÖJNING
TOTAL FÖRDRÖJNINGSVOLYM CA 1400 M³

UTFLÖDET DIMENSIONERAS AV INFILTRATIONSKAPACITET I
LOD-ANLÄGGNINGAR ELLER DIMENSION I DAGVATTENLEDNINGAR



EXEMPEL GENOMSLÄPPLIG PARKERING

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	SIGN	DATUM
Färdig handling				
Norconsult				
www.norconsult.se				
UPPDRAG NR 1053666	RITAD AV AD	HANDBLÄGGARE AD/MT		
DATUM 2018-12-14	ANSVARIG JH			
Mariesjö dagvattenutredning Föreslaget dagvattensystem Avrinningsområde 6				
SKALA A1:1:1000 A3:1:2000	NUMMER Bilaga 9	BET		

Mariesjö dagvattenutredning

Bilaga 10 Foton från fältutredning

Avrinningsområde B



1. Vattensamling
2. Bäck i östlig flödesriktning
3. Kärr
4. Kulvert under riksväg 26.

Foton: Norconsult

Avrinningsområde D



1. Sediment i dagvattenledning
2. Anslutande bäck
3. Däm med bräddning innan kulvert
4. Kulvert mot dagvattendamm

Foton: Norconsult