

Dagvattenutredning

Annelund Park, Enköping
2025-04-22

Författare	Johan Sandström Lundh
Beställare:	Annelund Projekt AB
Beställarens projektnummer:	
Konsultbolag:	Structor Vatten & Miljö Uppsala AB
Uppdragsnamn:	Dagvattenutredning Annelund Park
Uppdragsnummer:	1408
Datum:	2025-04-22 (Reviderad 2025-05-26)
Uppdragsledare:	Johan Sandström Lundh
Handläggare/utredare:	Johan Sandström Lundh Johan Wallsten Yasmine Arriaga
Granskare:	Josef Nordlund
Status:	Slutversion

Sammanfattning

Inom utredningsområdet Annelund, öster om Enköping pågår planläggning av ett nytt verksamhetsområde när åkermark ska exploateras för hotell och konferens, detaljhandel och kontor.

Utredningsområdet utgörs i dag av ett område på cirka 16 hektar och marken upptas främst av åkermark, en gård och två diken. Den framtida markanvändningen inom utredningsområdet utgörs av hotell och konferens, detaljhandel, kontor. Det planeras också för en huvudgata, en mindre gata samt ytor reserverade för centrala dagvattenanläggningar.

Erforderlig fördröjningsvolym beräknas utifrån Enköpings kommuns riktlinjer om att flödesbelastningen från utredningsområdet inte ska överstiga dagvattenflödet från naturmark (avrinningskoefficient 0-0,1) vid ett dimensionerande 10-årsregn med 10 minuters rinntid.

Den norra delen av utredningsområdet består främst av glacial lera med ett mindre område morän. Den södra delen av utredningsområdet består i princip enbart av postglacial lera. Detta medför att infiltrationsmöjligheterna inom utredningsområdet generellt bedöms som låg, förutom på området med morän, där genomsläppligheten bedöms som medelhög.

Utredningsområdet ligger inom det naturliga avrinningsområdet för vattendraget Enköpingsån, vars ekologiska status är måttlig och uppnår ej god kemisk status. Detta till följd av förhöjda halter av vissa särskilt förorenande ämnen och påverkan på hydrologisk regim (flödesförhållanden).

I syfte att fördröja dagvattenflödet ner till ett dagvattenflöde som efterliknar dagvattenflödet från naturmark (enligt Enköpings kommuns riktlinjer) vid ett dimensionerande 10-årsregn, krävs en erforderlig fördröjningsvolym på 1438 m³, för hela utredningsområdet. Dagvattensystemet syftar till att rena dagvattnet i två steg, först genom lokala dagvattenanläggningar, sedan i en dagvattendamm inom utredningsområdet. Förslagen dagvattenhantering har anpassats utifrån rådande geotekniska, hydrogeologiska och topografiska förhållanden.

Utflödet från utredningsområdet förmodas att nå ett dikes- och dammstråk som leder dagvattnet mot Enköpingsån. Genom att rena dagvattnet i flera steg äventyras inte recipientens möjligheter till att uppnå dess miljökvalitetsnormer.

Innehåll

1. Inledning.....	6
1.1. Syfte	7
1.2. Krav och riktlinjer för dagvattenhantering.....	7
1.2.1. Allmänt om dagvatten.....	7
1.2.2. Enköping kommuns dagvattenpolicy.....	8
1.2.3. Kravspecifikation Annelund Park	8
1.2.4. Markavvattningsföretag	8
2. Material och metod.....	9
2.1. Underlag	9
2.2. Flödesberäkning	9
2.3. Fördröjningsvolym	10
2.4. Föroreningsberäkning	11
2.5. Skyfallsanalys.....	11
2.5.1. Nederbörd.....	11
3. Områdesbeskrivning.....	12
3.1. Befintlig och planerad markanvändning	12
3.2. Befintlig avrinning och översvämningsrisk	14
3.3. Befintlig dagvattenhantering.....	15
3.4. Markförutsättningar	16
3.5. Hydrogeologiska förhållanden.....	17
3.6. Recipient.....	18
3.7. Bakgrundsvatten – fördröjning av inflöde från område uppströms	20
4. Dagvattenflöden och fördröjningsvolym	21
4.1.1. Markanvändning	21
4.1.2. Dagvattenflöden	22
4.2. Erforderlig fördröjningsvolym.....	23
5. Förslag på dagvattenhantering	24
5.1. Systemlösning	24
5.2. Kvartersmark - hårdgjord yta.....	25
5.3. Dimensionering av dagvattendammar	26
5.3.1. Dimensioneringsförutsättning - Dagvatten	26
5.3.2. Dimensioneringsförutsättning - Geoteknik	27
5.3.3. Resultaterande dimensionering	29
5.3.4. Framtida dammprojektering	30
5.4. Principlösningar kvartersmark.....	30
5.4.1. Infiltrationsytor/regnbäddar.....	30
5.4.2. Parkering	32
5.5. Principlösningar allmän platsmark	32

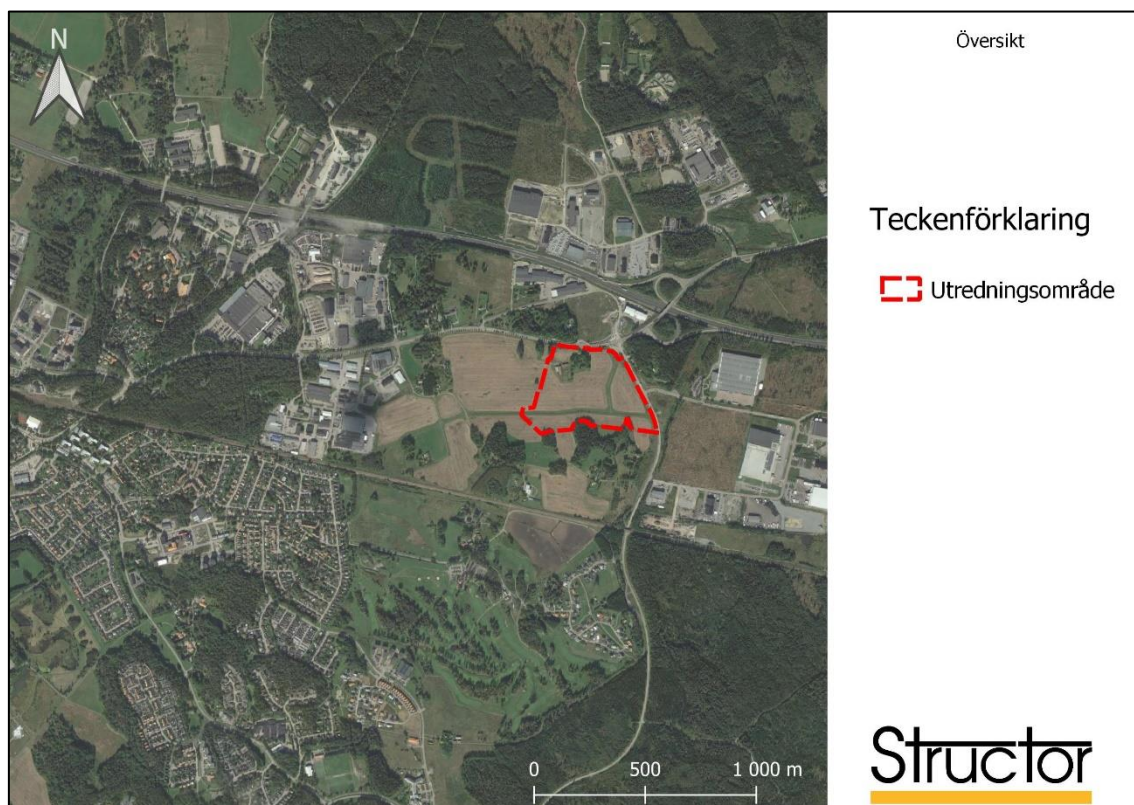
5.5.1. BBG-system	32
5.5.2. Dagvattendammar	34
5.6. Materialval	36
6. Föroreningar	37
6.1. Föroreningsbelastning	37
6.2. Effekt på recipient	40
7. Skyfallshantering	42
8. Slutsats.....	44

Bilaga 1 – Avvattningsplan Annelund Park

1. INLEDNING

Inom detaljplaneområdet Annelund, öster om Enköping (se Figur 1-1) pågår planläggning av ett nytt verksamhetsområde när åkermark ska exploateras för hotell och konferens, detaljhandel samt kontor. I samband med upprättandet av den nya detaljplanen har Structor Vatten & Miljö Uppsala fått i uppdrag av Stadsutveckling AB att utföra en dagvattenutredning med syftet att beskriva vilka förändringar den planerade exploateringen kan ha på dagvattenbildningen inom utredningsområdet samt att bedöma förutsättningarna för en hållbar dagvattenhantering. Inom detaljplaneområdet, som härnäst kommer benämnas *utredningsområdet*, kommer även dagvattnet från uppströms avrinningsområden till viss del fördröjas. Denna fördröjning hanteras också översiktligt inom föreliggande utredning eftersom det inkommande flödet ännu inte är helt utrett.

Utredningsområdets ungefärliga lokalisering visas i Figur 1-1.



Figur 1-1. Utredningsområdets ungefärliga lokalisering.

1.1. Syfte

Denna dagvattenutredning syftar till att utreda vilka förändringar den planerade exploateringen kan ha på dagvattenbildningen samt att bedöma förutsättningarna för en hållbar dagvattenhantering.

Bedömningen baseras bland annat på de lokala markförhållandena, dimensionerande dagvattenflöden och dagvattnets föroreningsgrad. Utifrån detta kommer fördröjningsvolym och reningsanläggningar dimensioneras i syfte att reducera flödestoppar samtidigt som dagvattnet renas.

1.2. Krav och riktlinjer för dagvattenhantering

Följande avsnitt beskriver vilka krav och riktlinjer som dagvattenhanteringen ska förhålla sig till.

1.2.1. Allmänt om dagvatten

Dagvatten definieras som ett tillfälligt förekommande vatten som rinner av markytan vid regn eller snösmältning. Generellt är dagvattnets flöde och föroreningshalt kopplad till markanvändningen i ett område. Främst är det dagvatten från industriområden, vägar och parkeringsytor som innehåller föroreningar. Bostadsexploatering kan leda till en större areal hårdgjorda ytor och det är därför viktigt att i ett tidigt skede utreda vilka konsekvenser detta har för dagvattensituationen. För att uppnå en hållbar dagvattenhantering används företrädesvis dagvattenlösningar som efterliknar vattnets naturliga kretslopp, såsom infiltration i mark, i stället för att leda bort dagvattnet i konventionella ledningar. På så sätt minskas mängden dagvatten som behöver tas omhand i dagvattennätet och det sker en naturlig rening av dagvattnet samtidigt som en minskad grundvattenbildning undviks.

1.2.2. Enköping kommuns dagvattenpolicy

Dagvattenhanteringen i Enköping kommun ska utformas så att flödena inte ökar i samband med exploateringen. Flödena får inte heller överstiga avrinningen från ett motsvarande naturmarksområde (avrinningskoefficient 0-0,1).

Enköping kommuns dagvattenpolicy kan sammanfattas i följande övergripande mål:

- Tillförseln av föroreningar till dagvattensystemet ska begränsas.
- Dagvatten ska tas om hand så nära källan som möjligt.
- Föroreningarna ska avskiljas på vattnets väg till sjöar och vattendrag.
- Den naturliga vattenbalansen ska inte påverkas negativt av stadsbyggandet.
- Dagvatten ska hanteras som en tillgång för rekreation och biologisk mångfald.
- Övergödning via dagvatten ska minimeras i sjöar och vattendrag.
- Ny bebyggelse ska planeras så att framtida högre dagvattenflöden kan hanteras på ett hållbart sätt.
- Vid ombyggnad ska dagvattenhanteringen anpassas på ett hållbart sätt för framtida högre flöden.
- Dagvattenanläggningar ska utföras och placeras så att de inte medför olägenheter för byggnader och/eller omgivningen.

1.2.3. Kravspecifikation Annelund Park

1. Behov av fördröjning av dagvatten från utredningsområdet ska undersökas tillsammans med fördröjningsbehovet av bakgrundsvatten från områden uppströms.
2. För att uppfylla syftet måste dagvatten från utredningsområdet fördröjas och renas senast innan det släpps ut till diket. För detta krävs en separat fördröjningsdamm.

Utöver detta bör utredning för aktuell detaljplan belysa följande:

- a) Förslag till planbestämmelse som skulle säkerställa LOD på kvartersmark
- b) Föreslå lämpliga åtgärder för omhändertagande av dagvatten på allmän platsmark (huvudgata)

1.2.4. Markavvattningsföretag

Den planerade exploateringen ligger inom det tidigare Annelund – Hagalunds diknings- och dagvattenledningsföretag 1993:s båtnadsområde. Markavvattningsföretaget är dock numera avvecklat.

2. MATERIAL OCH METOD

2.1. Underlag

Följande underlag har legat till grund för dagvattenutredningen:

- Dagvattenpolicy,
- Checklista för dagvattenutredningar
- Dagvattenutredning för Enköpings tätort - slutrapport (mars 2018),
- PM - dagvattenhantering av bakgrundsvatten inom E05 Annelund – utkast (Väg- & VA - Ingenjörerna, utkast, sep 2022)
- Markavvattningsföretag Annelund – Hagalunds Diknings- och dagvattenavledningsföretag av år 1993
- Rapport Skvalbäckens avrinningsområde - Del 1 - korsängsdiket (LONA)”
- Kartunderlag
- Situationsplan (2023-12-19).

2.2. Flödesberäkning

Dagvattenberäkningar enligt Svenskt Vattens publikation P110 har utförts för befintlig situation och planerad situation för ett dimensionerande 10-årsregn, med klimatfaktor. Fördröjningsvolymen har anpassats efter Enköping kommuns fördröjningskrav för dagvattenhantering.

Dimensionerande dagvattenflöden har beräknats med rationella metoden, vilken redovisas i Ekvation 1.

$$Q_{dim} = A \cdot \Phi \cdot i(t) \cdot K_f \quad (\text{Ekvation 1})$$

, där

Q_{dim} = dimensionerande dagvattenflöde [l/s]

A = utredningsområdets area [m²]

Φ = avrinningskoefficient [-]

$i(t)$ = dimensionerande regnintensitet beroende av regnets varaktighet t [l/s ha]

K_f = klimatfaktor [-]

Regnintensiteten beror på återkomsttid och av regnets varaktighet, utredningsområdet dagvattenhantering dimensioneras för att klara ett 10-årsregn enligt Svenskt Vatten P110. I P110 rekommenderas att dimensioneringen ska ta hänsyn till att mer intensiva regn förväntas i framtiden till följd av klimatförändringar. Därför bör, utifrån P110, regnintensiteten räknas upp med en klimatkfaktor 1,25 vid regn med varaktighet under en timme, som i detta fall. Indata till flödesberäkningarna visas i Tabell 2-1.

Tabell 2-1. Indata till flödesberäkningar för ett dimensionerande regn med 10- respektive 100 års återkomsttid.

Återkomsttid	120	månader	1200	månader
Varaktighet	10	minuter	10	minuter
Regnintensitet	228	liter/sekund·hektar	489	liter/sekund·hektar
Klimatkfaktor	1,25	-	1,25	-
Regnintensitet inkl. klimatkfaktor	285	liter/sekund·hektar	611	liter/sekund·hektar

2.3. Fördröjningsvolym

Den erforderliga fördröjningsvolymen för ett dimensionerande 10-årsregn beräknas för fördröjningsanläggningar med bilaga 10.6 till Svenskt Vatten P110, enligt ekvation 9.1 i samma publikation som senare korrigerats i en rättningslista (Errata till P110):

$$V = 0,06 \cdot (i(t_{regn}) \cdot t_{regn} - K \cdot t_{rinn} - K \cdot t_{regn} + \frac{K^2 \cdot t_{rinn}}{i(t_{regn})}) \quad (\text{Ekvation 2})$$

där V är den dimensionerande specifika fördröjningsvolymen (m³/hared), trinn är områdets rinntid och K är den tillåtna specifika avtappningen från området (l/s·hared). För att kompensera för att avtappningen från magasinet inte är maximal annat än vid maximal reglerhöjd multipliceras den tillåtna avtappningen K med en faktor 2/3. V beräknas som en maxfunktion av olika regnvaraktighet och intensitet, vilket innebär att sambandet tar höjd för vilken typ av regn (korta regn med högre intensitet eller långa regn med lägre intensitet) som bidrar med störst volym vatten som behöver fördröjas.

2.4. Föroreningsberäkning

Beräkningar av föroreningsbelastning i dagvattnet utförs med modellverket StormTac v.20.1.2. StormTac använder sig av schablonhalter framtagna inom ramen för olika forskningsprojekt och längre utredningar och bygger på långa mätserier från olika typer av markanvändningsområden¹. Halterna av olika ämnen kan momentant variera kraftigt beroende på flödet och lokala förhållanden.

2.5. Skyfallsanalys

För att utreda hur extremregn kan påverka utredningsområdet har en översiktlig lågpunktskartering och skyfallsanalys utförts med verktyget Scalgo Live. Med hjälp av högupplöst höjddata kan områdets befintliga lågpunkter identifieras. Genom att analysera hur vattnet avrinner till lågpunkter med hjälp av en högupplöst terrängmodell kan flödesvägar och potentiella översvämningssområden identifieras. Scalgo identifierar vilken del av varje lågpunkt som befinner sig under vatten efter en viss regnmängd. Modellen visar med andra ord hur mycket regn som måste falla innan en viss plats i terrängen är under vatten. Modellen tar även hänsyn till hur vatten rinner mellan lågpunkter i terrängen. Detta gör det möjligt att analysera hur olika lågpunkter påverkar varandra (det vill säga rinner över från en lågpunkt till en annan när den blir full). När en lågpunkt blir full och vattnet rinner vidare mot nästa lågpunkt kan avrinningsområdet till den senare lågpunkten snabbt bli mycket stort.

Generellt visar metoden som använts en större utbredning av instängda områden än vad en hydraulisk modell över samma område skulle visa. Detta beror på att metodiken enbart använder topografin och inte tar hänsyn till infiltration och avtappning via ledningar. Generellt gäller att ju fler hårdgjorda ytor och reglerade dagvattensystem, desto sämre stämmer lågpunktskartan in. Det innebär att denna metod för kartering av översvämningssrisker fungerar bäst för större områden som inte är bebyggda och är således som ett grovt verktyg i planeringsskede inför exploatering. Det blir dock en överskattning av översvämningar även från dessa områden då infiltrationen inte beskrivs.

2.5.1. Nederbörd

Enligt SMHI:s definition är ett skyfall ett regn med en intensitet som överskrider 50 mm/timme eller 1 mm/minut.

¹ Utformning och dimensionering av dagvattenreningsanläggningar. VA-FORSK-rapport-2000-10. Thomas Larm

3. OMRÅDESBESKRIVNING

3.1. Befintlig och planerad markanvändning

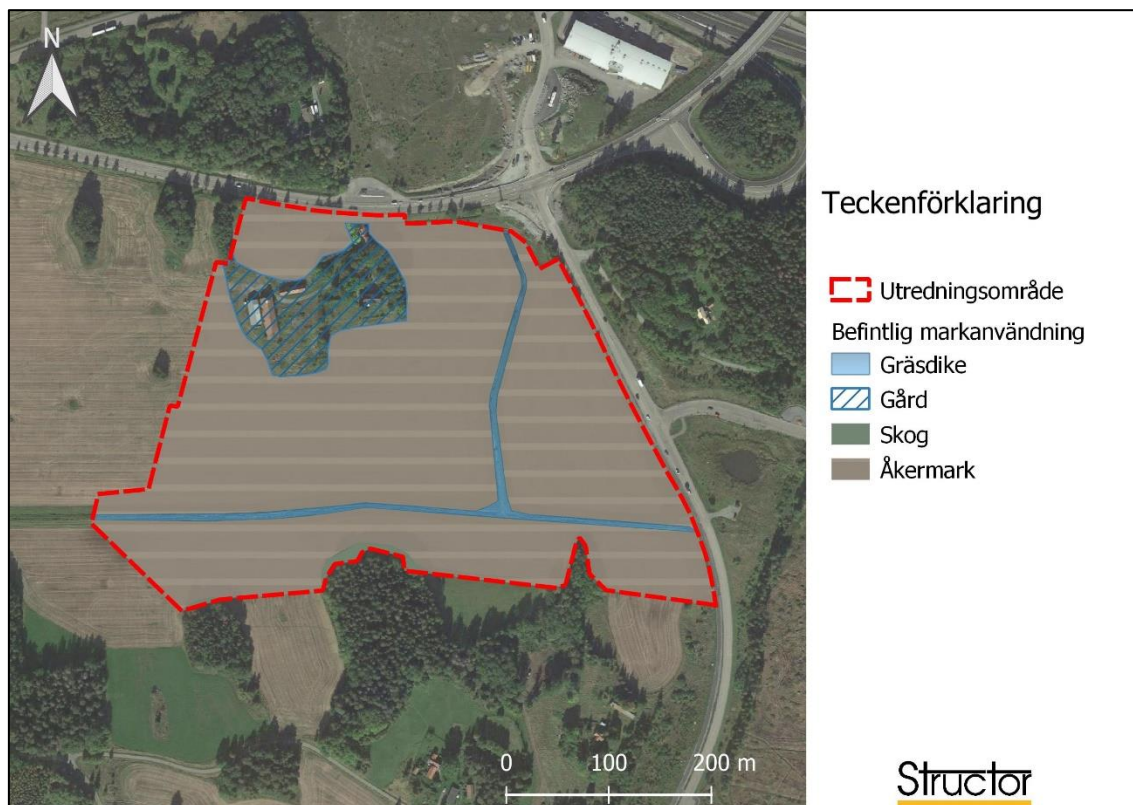
Utredningsområdet utgörs i dag av ett område på cirka 16 hektar där marken främst upptas av åkermark, en gård och två diken. I Figur 3-1 visas en översiktskarta som tydliggör den befintliga markanvändningen.

Den framtida markanvändningen inom utredningsområdet utgörs av verksamhetsområden (inklusive gata), huvudgata (inklusive GC-väg) och grönyta (naturmark och ytor reserverade för centrala dagvattenanläggningar). Se Figur 3-2 för planerad markanvändning. I Tabell 3-1 redovisas markanvändningskategorierna, avrinningskoefficienter, area och reducerad area för både befintlig och planerad markanvändning. För planerad situation förväntas *Kvartersmark 1 och 3a* ha en västlig avrinning medan *Kvartersmark 2 och 3b* förväntas ha en östlig avrinning. Denna höjdsättning medför att utredningsområdet för planerad situations delas in i ett område med västlig avrinning och ett område östlig avrinning.

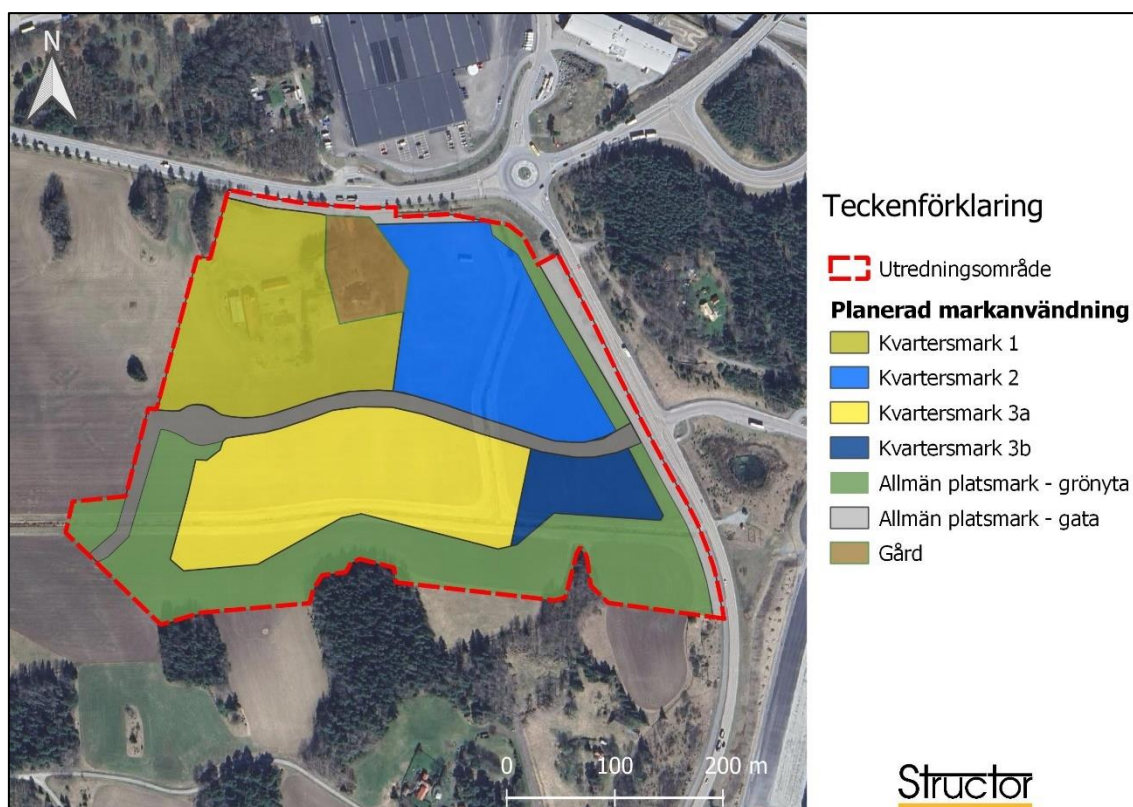
Tabell 3-1. Markanvändningskategori, avrinningskoefficienter, area och reducerad area för befintlig och planerad markanvändning.

	Markanvändning	Φ_i	Area [ha]	Reducerad area * [ha]
Befintlig markanvändning	Gräsdike	0,1	1,46	0,29
	Gård	0,2	0,56	0,06
	Skogsområde	0,1	13,83	1,38
	Åkermark	0,1	0,12	0,01
Totalt befintlig			15,97	1,74
Planerad markanvändning	Gata	0,8	0,53	0,43
	Gård	0,2	0,59	0,12
	Naturmark	0,1	5,33	0,53
	Allmän platsmark	0,26	6,46	1,08
	Kvartersmark 1	0,7	2,78	1,95
	Kvartersmark 2	0,7	3,49	1,90
	Kvartersmark 3a	0,7	2,72	2,45
	Kvartersmark 3b	0,7	0,52	0,42
	Kvartersmark	0,7	9,51	6,71
Totalt planerad			15,97	7,79

*Red.area = Area $\times$ Φ_i . Avrundningsfel kan förekomma.



Figur 3-1. Befintlig markanvändning inom utredningsområdet.



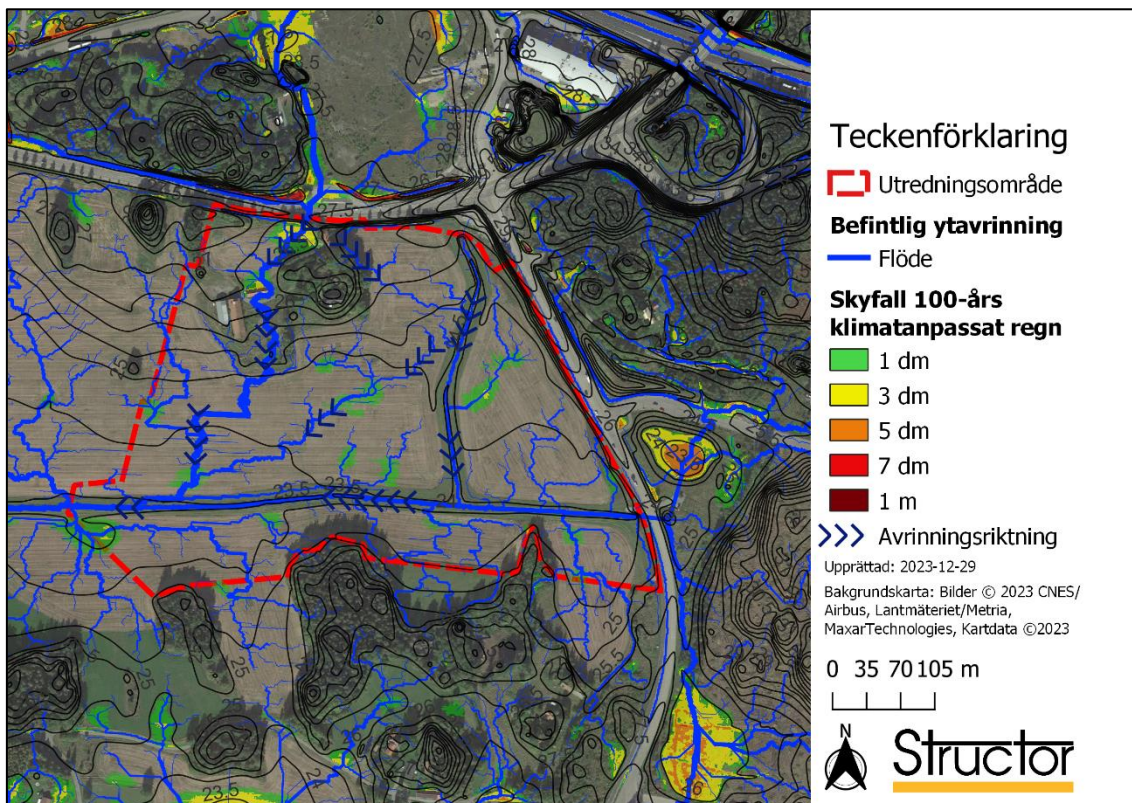
Figur 3-2. Planerad markanvändning inom utredningsområdet.

3.2. Befintlig avrinning och översvämningsrisk

I Figur 3-3 redovisas hur ytavrinningen sker inom planområdet för Annelund park vid ett 100-årsregn som i det här fallet utgörs av 50 mm regn (Enligt SMHI:s definition av ett skyfall).

Området norr om det östvästliga diket har en generell lutning söder från +27 i utredningsområdets norra delar till +23,5 i diket, som är draget i utredningsområdets lågpunktsområde. Figuren åskådliggör att vattnet enligt rådande topografi skulle ansamlas i de centrala delarna av utredningsområdet. I figuren visas att dagvattnen som rinner in i planområdet från norr fortsätter söderut genom planområdet antingen via diket eller över landskapet tills det väst-östliga diket skapar en rinnväg västerut. Ytan söder om det östvästliga diket lutar lätt norrut.

Enligt figuren så finns det ett område norr om planområdet där vatten kan ansamlas, troligen är den ansamlingen något överdriven eftersom det troligen finns en kulvert under vägen till diket inom planområdet. Inom planområdet finns det ingen yta där det kommer uppstå betydande ansamlingar av skyfallsvatten som får konsekvenser för framtida exploatering.



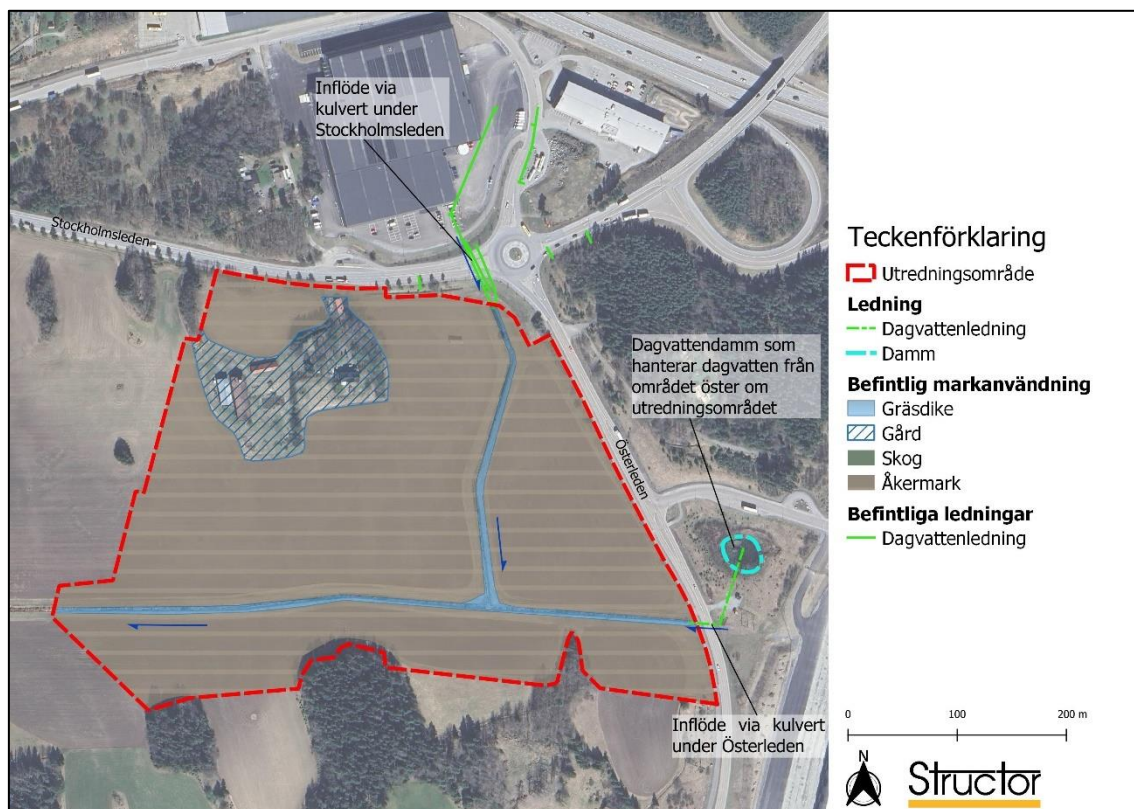
Figur 3-3. Topografi, flödesvägar och lågpunkter.

3.3. Befintlig dagvattenhantering

I Figur 3-4 redovisas det befintliga ledningssystemet inklusive befintliga dagvattenledningar som ansluter till det befintliga diket från området norr om utredningsområdet. Det nordsydliga diket inom utredningsområdet leder idag dagvattnet från dagvattenledningarna som avvattnar området norr om utredningsområdet.

I den östra delen av utredningsområdet kommer enligt uppgifter från kommunen en dagvattenledning som avvattnar området öster om utredningsområdet.

Enligt uppgift går idag vattenledningar, spillvattenledningar och en fjärrvärmekabel går längs den östra kanten av utredningsområdet, vilket kan behöva beaktas i samband med förflyttningen av det nordsydliga diket.



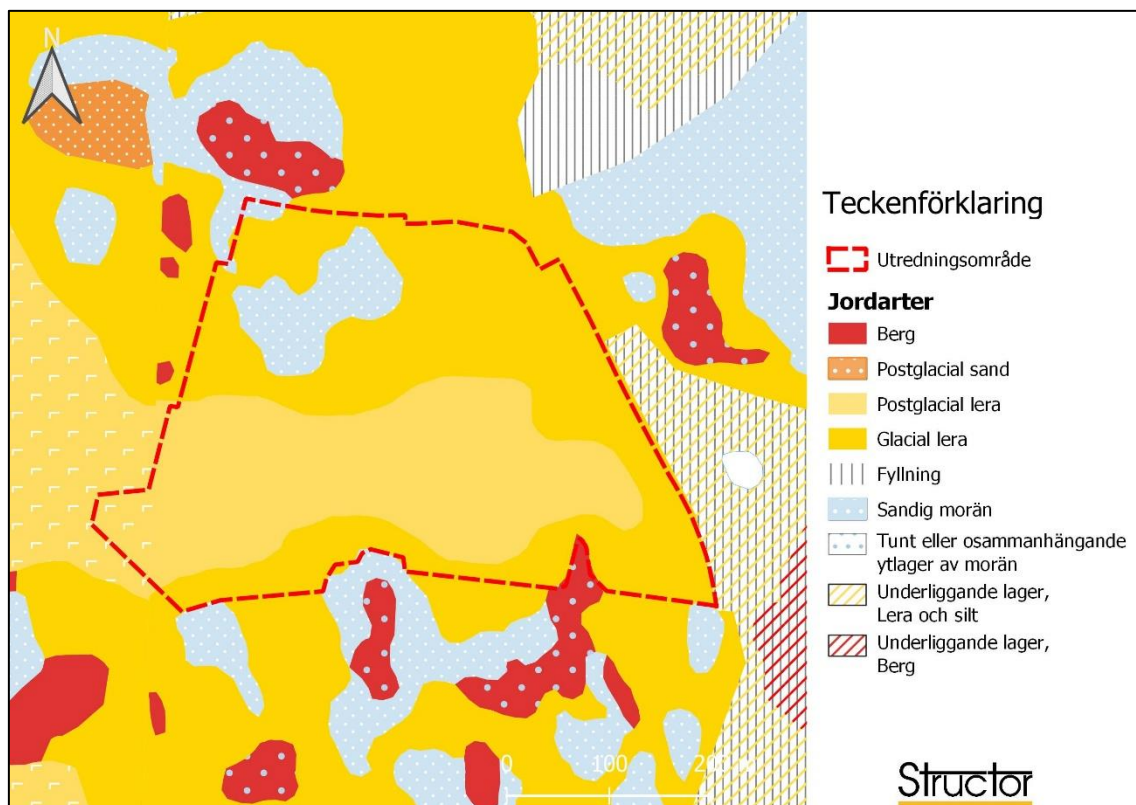
Figur 3-4. Befintlig dagvattenhantering inom och omkring utredningsområdet Annelund.

3.4. Markförutsättningar

Enligt SGU:s jordartskarta, se Figur 3-6, består den norra delen av utredningsområdet främst av glacial lera med ett område av morän i nordväst. Den södra delen av utredningsområdet består i princip enbart av postglacial lera. Detta medför att infiltrationsmöjligheterna inom utredningsområdet generellt bedöms som låg, förutom på området med morän, där genomsläppligheten bedöms vara medelhög (Figur 3-7).

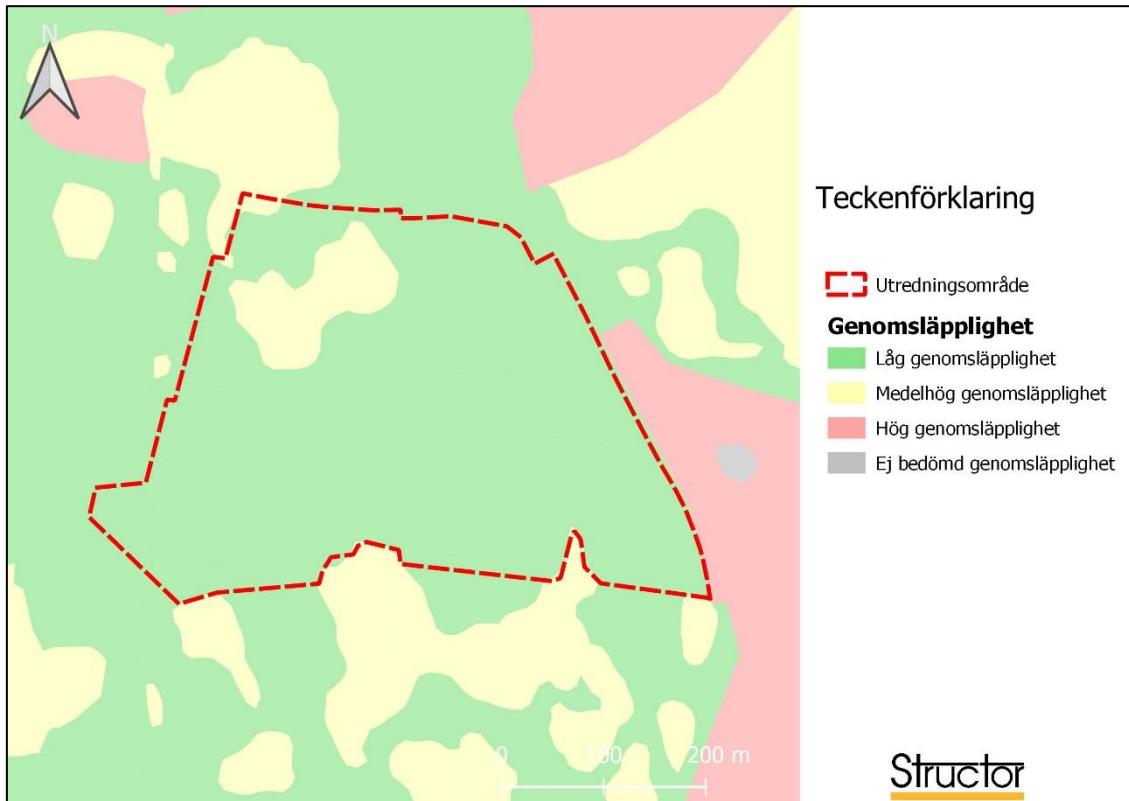
I en geoteknisk undersökning beskriver Lektus² hur området i huvudsak består av lera ovanpå ett tunt lager friktionsjord, som i sin tur överlagrar berg. I norra delen av utredningsområdet, samt söder om utredningsområdet, förekommer berg i dagen. Inom utredningsområdet varierar lerans mäktighet från 0 meter intill skogspartierna i söder upp till 20 m i norr. Leran överlagras av 1,5 till 2 meter torrskorpelera.

Den geotekniska undersökningen beskriver också hur morän förekommer i skogspartierna söder om utredningsområdet, i holmar i nordväst och runt gården i norr.



Figur 3-5. Jordarter enligt SGU: jordartskarta (hämtad 2023).

² Förprojektering Annelund PM Geoteknik, Lektus AB 2025-04-22



Figur 3-6. Genomsläpplighet enligt SGU (hämtad 2023). Observera att kartan är översiktlig och ursprungligen i skala 1:25 000 - 100 000. Jorddjupskartan utgår från modellresultat och ska inte tolkas exakt, och kan därmed inte ersätta eventuellt behov av en geoteknisk utredning.

3.5. Hydrogeologiska förhållanden

Grundvattennivån i installerade grundvattenrör har endast (vid tidpunkten för föreliggande rapports publicering, april år 2025) mätts under cirka en månad. Korttidsmätningen i installerade grundvattenrör resulterade i grundvattennivåer mellan +23,70 och +23,89 (RH2000). Detta motsvarar en grundvattennivå på 0,73 till 0,91 meter under markytan. Torrskorpeleran i området har generellt en mäktighet mellan 1,5-2 m vilket kan tyda på att grundvattennivån generellt sätt är lägre än den uppmätta¹.

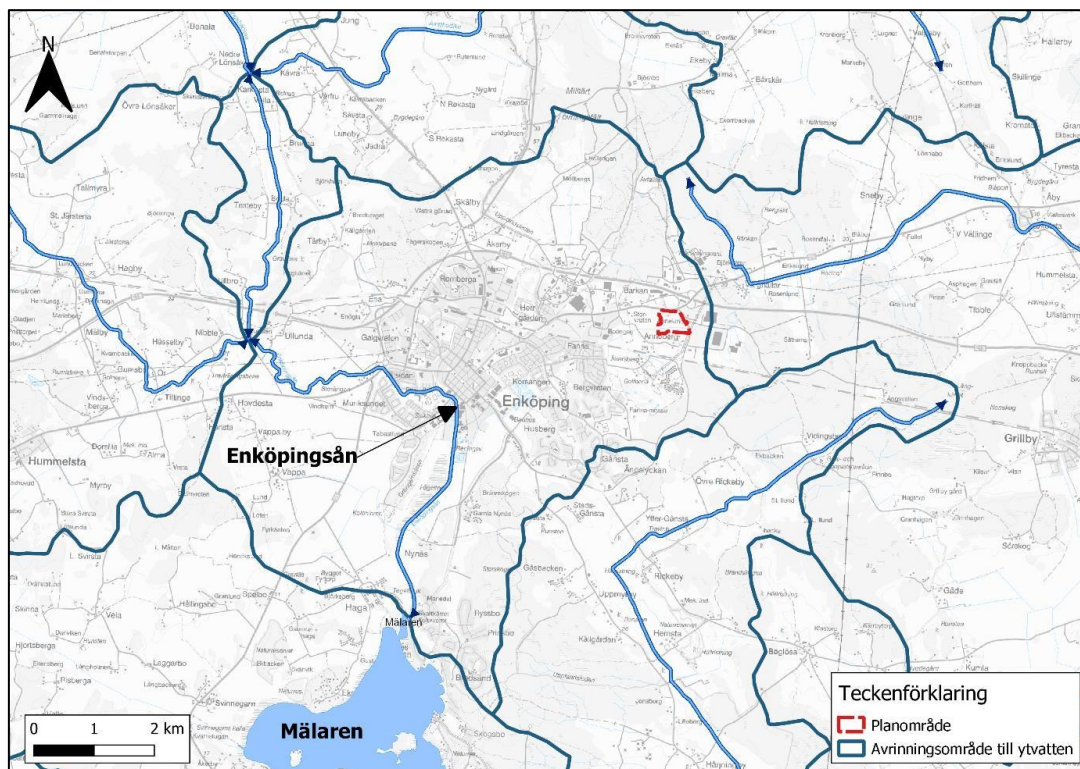
3.6. Recipient

Utredningsområdet ligger inom det naturliga avrinningsområdet för vattendraget Enköpingsån (VISS EU_CD: SE661341-157140) (VISS, 2021a). Enligt VISS (2023) är den ekologiska statusen i ytvattenförekomsten Enköpingsån (se Figur 3-8) måttlig, se Tabell 3-2.

Kvalitetskravet för vattenförekomsten har satts till måttlig eftersom vattenförekomsten är påverkad av förhöjda halter av näringsämnen som orsakar övergödning. Jordbruket och avloppsreningsverket orsakar sämre än god ekologisk status genom betydande påverkan av näringsämnen. Det har bedömts omöjligt att nå god ekologisk status i vattenförekomsten utan att skada samhällsintressena jordbruk och avloppsrening. Alla möjliga åtgärder för att minska belastningen från jordbruket och reningsverket behöver dock fortfarande genomföras.

Vidare uppnås ej god kemisk status, detta på grund av att gränsvärdena för de prioriterade ämnena antracen, perfluoroktansulfon (PFOS), kvicksilver (Hg), benzo(a)pyrene, tributyltennföreningar (TBT) och polybromerade difenyleterar (PBDE) överskrids. Det bör tas i beaktning att när det gäller statusen för Hg och PBDE så har Havs- och vattenmyndigheten gjort bedömningen att gränsvärdena för Hg och PBDE överskrids i Sveriges alla vattenförekomster på grund av långväga atmosfärisk deposition.

Enköpingsån anses enligt VISS (2023) vara påverkad i betydande grad av utsläpp från reningsverk, deponier och förorenade områden inom dess avrinningsområde, dagvatten från urbana områden och vägar, jordbruk, enskilda avlopp och, som tidigare nämnts, atmosfärisk deposition. Enligt en riskbedömning gjord av VISS finns det miljögifter (nitrat och ammoniak) som riskerar att överstiga gränsvärden och bestående problem med hydrologisk regim och morfologi som kan resultera i att Enköpingsån inte uppnår god ekologisk status till år 2027. Även ett antal miljögifter (PFOS, PBDE, Hg) riskerar att överstiga gränsvärdet och resultera i att god kemisk status inte uppnås till år 2027.



Figur 3-7. Utredningsområdets ungefärliga placering inom Enköpingsåns avrinningsområde.

Recipientens statusklassning och kvalitetskrav är sammanfattade i Tabell 3-2 nedan.

Tabell 3-2. Statusklassning och miljökvalitetsnorm för recipienten Enköpingsån.

Ekologisk statusklassning	Dålig	Otillfredsställande	Måttlig	God	Hög
Status			X		
Kvalitetskrav			X		
Kemisk statusklassning	Uppnår ej god			God	
Status		X			
Status utan överallt överskridande ämnen		X			
Kvalitetskrav				X	

3.7. Bakgrundsvatten – fördröjning av inflöde från område uppströms

Utredningsområdet är placerat inom exploateringsområdet E05 Annelund (som är större aktuellt utredningsområde) inom Enköpings tätort. I en dagvattenutredning som genomförts för hela Enköpings tätort³ föreslås att mark som befinner sig inom lågpunkter E05 bör avsättas för omhändertagande av dagvatten, och att funktionen för befintligt dikessystem måste säkerställas efter exploatering.

Exploateringsområdet E05 Annelund är 80 hektar och kan bebyggas med olika typer av bebyggelse och en del icke-störande verksamheter (se figur 1.2 och planritning 100W-E05-01-1 i rapportens bilagor). Dagvatten från nämnt exploateringsområde rinner via aktuellt utredningsområde och sedan vidare i diken till dagvattenkulverten i Tallbacksvägen och vidare till Korsängsdiket. Delar av Korsängsdikets flöde pumpas till och renas i Korsängens vattenpark innan det släpps ut i Enköpingsån. Inflödet från områden uppströms in till aktuellt utredningsområde sker från norr via en kulvert under Stockholmsleden och från öst via en kulvert under Österleden.

För att minska risken för översvämning i beskriven flödesväg har Enköping kommun låtit beräkna⁴ den erforderliga fördröjningsvolymen för att fördröja ett framtida 20-årsregn (inklusive klimatfaktor) ned till ett befintlig 5-årsregn. Den totala fördröjningsvolymen har beräknats till 7840 m³, varav Annelund park förväntas ansvara för en femtedel av den totala fördröjningsvolymen.

Förväntad fördröjningsvolym inom Annelund Park för bakgrundsflödet har således beräknats till 1568 m³.

³ Dagvattenutredning för Enköpings tätort, slutrapport 2018.

⁴ PM Dagvattenhantering av Bakgrundsvatten inom E05 Annelund, Väg & Vatten ingenjörerna 2022-11-09

4. DAGVATTENFLÖDEN OCH FÖRDRÖJNINGSVOLYM

4.1.1. Markanvändning

I flödesberäkningarna har en sammanvägning av vedertagna avrinningskoefficienter enligt Svenskt Vatten P110 använts, se Tabell 3-1. I dokumentet P110 från Svenskt Vatten anges avrinningskoefficienten för slutet byggnadssätt, ingen vegetation till 0,7 (tabell 4.9 P110).

Areor för befintlig och planerad markanvändning samt avrinningskoefficienter presenteras i Tabell 3-1. I dagvattenberäkningarna för befintlig dagvattenutredning anges dock all markanvändning till naturmark med vald avrinningskoefficient 0,1 (enligt Enköping kommuns riktlinjer, som anger 0-0,1).

Det bör noteras att mycket små förändringar i avrinningskoefficienten kan ge relativt stora skillnader i flöde så de redovisade flödena bör därför främst ses som indikatorer på hur flödena kommer att förändras vid den nya markanvändningen och inte som exakta värden.

4.1.2. Dagvattenflöden

I enlighet med vad som föreskrivs i Svenskt Vattens publikation P110 har ett dimensionerande 10-årsregn använts för beräkning av dimensionerande flöden. Rinntiden har för befintlig och planerad markanvändning satts till 10 minuter, vilket bedöms vara den ungefärliga rinntiden inom varje framtida fastighet. I hela utredningsområdet är rinntiden möjligtvis något längre men användningen av 10 minuters rinntid skapar en säkerhetsmarginal. Dimensionerande regnintensitet blir då 227,6 liter/(sekund·hektar). Vid beräkningar av dimensionerande dagvattenflöde efter planerad exploatering har en klimatkfaktor på 1,25 använts.

Dimensionerande dagvattenflöden från utredningsområdet i samband med ett 10-årsregn med 10 minuters varaktighet (och 100-årsregn), för befintlig och planerad markanvändning, är beräknade enligt Ekvation 1 i avsnitt 2.3 och resultaten redovisas i Tabell 4-2.

Det totala beräknade dagvattenflödet (för ett 10-årsregn med 10 minuters varaktighet) för befintlig markanvändning (med ansatt 100 % naturmark) är 364 l/s och det beräknade dagvattenflödet för planerad markanvändning är 2064 l/s, vilket är en ökning på 567 %.

Detta förklaras av en ökad regnintensitet på grund av klimatförändringar samt väsentligt högre andel planerad hårdgjord yta. Den erforderliga fördröjningsvolymen syftar till att fördröja dagvattenflödet ner till 364 l/s vid en dimensionerande 10-årsregn med 10 minuters varaktighet.

Tabell 4-1. Beräknade dagvattenflöden för befintlig och planerad situation för ett dimensionerande 10-årsregn och ett 100-årsregn (med och utan klimatkfaktor).

		Dagvattenflöde			
		Exkl. klimatkfaktor		Inkl. klimatkfaktor	
		(L/s)	%-ökning	(L/s)	%-ökning
Befintlig	10-årsregn	364		454	
	100-årsregn	778		973	25
Planerad	10-årsregn	2064	567	2581	609
	100-årsregn	4427	569	5534	611

4.2. Erforderlig fördröjningsvolym

Erforderlig fördröjningsvolym beräknas utifrån Enköping kommuns riktlinjer om att flödesbelastningen från utredningsområdet inte ska överstiga dagvattenflödet från naturmark (avrinningskoefficient 0,1) vid ett dimensionerande 10-årsregn med 10 minuters rinntid.

I Tabell 4-2 visas den erforderliga fördröjningsvolymen, som har beräknats för respektive markanvändningsområde (tekniskt delavrinningsområde). Den erforderliga fördröjningsvolymen vid ett 10-årsregn har beräknats enligt Ekvation 2 i Kapitel 2.3 för varje tekniskt delavrinningsområde. Den totala erforderliga fördröjningsvolymen för hela utredningsområdet summeras till 1438 m³.

Tabell 4-2. Erforderlig fördröjningsvolym per markanvändningskategori och total erforderlig fördröjningsvolym.

Markanvändning	Reducerad area * [ha]	V _{10-årsregn} [m ³]
Gata	0,43	79
Gård	0,12	22
Naturmark	0,53	98
Allmän platsmark	1,08	199
Kvartersmark 1	1,95	359
Kvartersmark 2	1,90	351
Kvartersmark 3a	2,45	451
Kvartersmark 3b	0,42	77
Kvartersmark	6,71	1239
	7,79	1438

5. FÖRSLAG PÅ DAGVATTENHANTERING

Vid den planerade nybyggnationen inom utredningsområdet för Annelund park föreslås en dagvattenhantering som renar dagvattnet i två steg, först i lokala öppna dagvattenanläggningar och sedan i en dagvattendamm. Det föreslagna dagvattensystemet är dimensionerat för att rena och fördröja totalt 1438 m³ inom utredningsområdet, men utredningsområdets dagvattenhantering förväntas också hantera dagvatten från områden uppströms. En detaljerad beskrivning över föreslagen dagvattenhantering redovisas i *Bilaga 1 – Avvattningsplan Annelund Park*.

5.1. Systemlösning

I syfte att fördröja dagvattenflödet ner till ett dagvattenflöde som efterliknar dagvattenflödet från naturmark (enligt Enköpings kommuns riktlinjer) vid ett dimensionerande 10-årsregn, krävs en erforderlig fördröjningsvolym på 1438 m³, för hela utredningsområdet. Dagvattensystemet syftar till att uppnå en fördröjning som fördröjer dimensionerande dagvattenflöden och renar dagvattnet så att föroreningsbelastningen från utredningsområdet inte äventyrar recipientens möjligheter att uppnå dess miljö kvalitetsnormer. Förslagen dagvattenhantering innebär att dagvattnet renas i två steg innan utflöde till recipient.

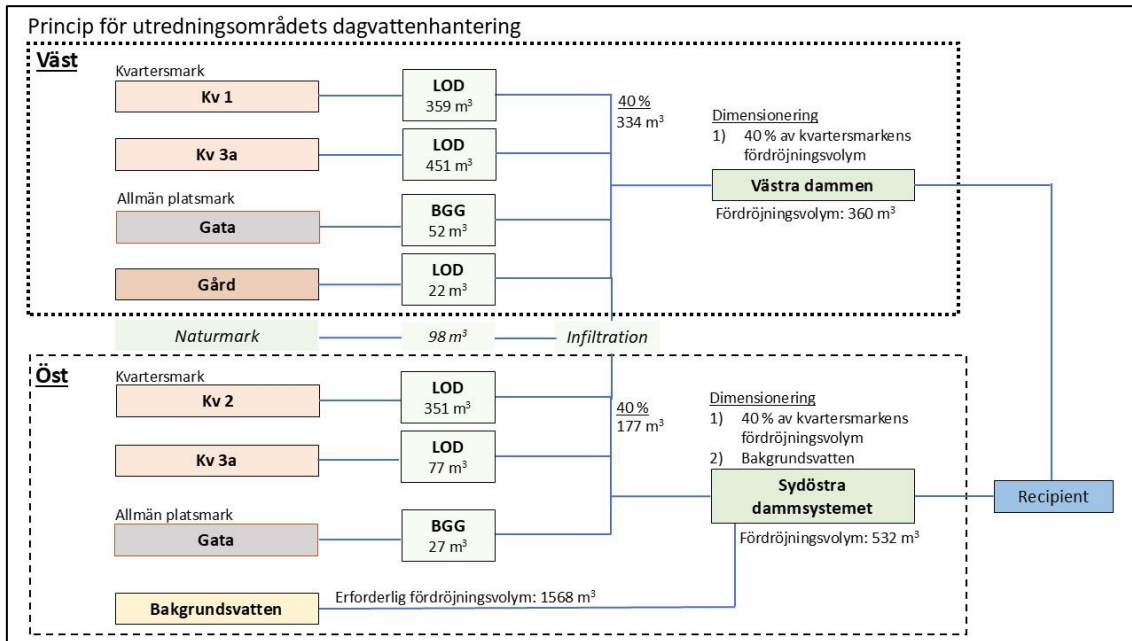
Avrinningen till det andra reningssteget resulterar i att utredningsområdet delas in i två delavrinningsområden: delavrinningsområde Väst, och delavrinningsområde Öst (se Bilaga 1 och Figur 3-2). Delavrinningsområde Väst avvattnas till den *Västra dammen* och delavrinningsområde Öst avvattnas till det *Sydöstra dammsystemet*. Dammarna är dimensionerade för att fördröja och rena 40 % av kvartersmarkens dagvatten samt en viss del av bakgrundvattnet (inflöde från områden uppströms), se även avsnitt 5.3 för dimensionering av dammar.

Enligt förutsättningarna beskrivna i avsnitt 3.7 förväntas utredningsområdet att fördröja dagvatten från uppströms områden, där den förväntade erforderliga fördröjningsvolymen är 1568 m³. Den tillgängliga fördröjningsvolymen i föreslaget dammsystem varierar dock mellan 532 m³ och 355 m³, beroende på hur mycket dagvatten som rinner från kvartersmarken i samband med regntillfället.

I Figur 5-1 beskrivs principen för utredningsområdets dagvattenhantering i syfte att fördröja och rena den erforderliga fördröjningsvolymen på 1438 m³ i två steg samt hantera dagvattnet från områden uppströms.

Inom respektive markanvändningskategori i Figur 5-1 (och Tabell 4-2), som utgör ett enskilt delavrinningsområde, fördröjs angiven fördröjningsvolym med lokala dagvattenanläggningar, exempelvis regnbäddar, krossdiken, svackdiken, gräsarmering och BGG-system. Dessa dagvattenanläggningar beskrivs mer utförligt i avsnitt 5.4 och utgör det första renings- och fördröjningssteget.

På den allmänna platsmarken som utgörs av gata föreslås anläggning av BGG-systemet (eller liknande) som sedan eventuellt avvattnas till en dagvattendamm. BGG-systemet beskrivs mer utförligt i avsnitt 5.6.1.



Figur 5-1. Principskiss över föreslaget dagvattensystem för Annelund park.

Det är viktigt att anläggningarnas procentuella kapacitet stämmer överens med den andel av utredningsområdets area som avvattnas mot respektive anläggning, så att de inte blir över- eller underdimensionerade. Dagvattenanläggningar bör förses med bräddavlopp som kopplas på kommunens dagvattennät eller annan utloppspunkt.

5.2. Kvartersmark - hårdgjord yta

För att dagvattenhanteringen ska bli hållbar så bör dagvattenanläggningarnas ytanspråk anpassas efter andelen hårdgjord yta. Detta eftersom det mestadels är den hårdgjorda ytan som genererar dagvatten.

För att möjliggöra infiltration av dagvatten och lokalt omhändertagande av dagvatten på kvartersmark bör max 80 % av ytan som avses planläggas som kvartersmark att hårdgöras (inklusive byggnader). Övriga ytor inom utredningsområdet bör förbli genomsläppliga för regnvatten.

I syfte att säkerställa en hållbar dagvattenhantering för kvartersområdena bör en viss andel av den icke hårdgjorda ytan reserveras för öppna dagvattenanläggningar, vilket anges Tabell 5-1. Tabellen visar att om kvartersmarken anläggs med 80 % hårdgjord yta så bör 10 % av den angivna reducerade arean reserveras för öppna gröna dagvattenanläggningar.

Dessa andelar kan utgöra riktlinjer till planbestämmelse som i viss mån skulle kunna säkerställa lokalt omhändertagande av dagvatten på kvartersmark. Andelen är en uppskattad riktlinje som anpassas efter mängden hårdgjord yta, vilket, ur ett dagvattenperspektiv, till exempel skulle påverkas av gröna tak eller att parkeringarna anläggs med gräsarmering. En ökning av genomsläpplig yta skulle minska behovet av decentraliserade dagvattenanläggningar, likt regnbäddar eller krossdiken. Resonemanget gäller inte för centraliserade dagvattenanläggningar, likt en dagvattendamm, eftersom dammar är en mer yteffektiv dagvattenanläggning.

Tabell 5-1. Andel icke hårdgjord mark och yta reserverad dagvattenanläggning inom kvartersmark.

Kvartersmark	Andel [%]		
Hårdgjord mark	60	70	80
Yta (angivet i andel av reducerad area) reserverad för öppen dagvattenanläggning	8	9	10

5.3. Dimensionering av dagvattendammar

5.3.1. Dimensioneringsförutsättning - Dagvatten

För att dagvattnet ska renas och fördröjas ytterligare en gång innan utflöde från utredningsområdet så föreslås en dagvattendamm innan utflöde till recipient. I föreliggande rapport redovisas hur en damm skulle behöva dimensioneras för att rena och fördröja cirka 40 % fördröjningsvolymen från kvartersmarken. Avrinningen från kvartersmark sker till 66 % i västlig riktning (Kvartersmark 1 och 3a) och till 34 % i östlig riktning (Kvartersmark 2 och 3b). Den erforderliga fördröjningsvolymen för avrinningen från den västra delen av kvartersmarken uppgår till 334 m³ medan den erforderliga fördröjningsvolymen för den östliga avrinningen från kvartersmarken uppgår till 177 m³.

Efter rening och fördröjning i de första lokala dagvattenanläggningarna på kvartersmark och på allmän platsmark så leds dagvattnet vidare till en dagvattendamm för ytterligare rening.

Dagvattnet från kvartersmarken med västlig avrinning föreslås att renas och fördröjas i en dagvattendamm (Västra dammen) i utredningsområdets sydvästra hörn.

Dagvattnet från kvartersmarken med östlig avrinning föreslås att renas och fördröjas i en det sydöstra dammsystemet som föreslås vara ett system av dammar och diken som sträcker sig från utredningsområdets nordöstra hörn till det nordvästra hörnet.

5.3.2. Dimensioneringsförutsättning - Geoteknik

Eftersom utredningsområdet relativt flackt och grundvattennivån antas vara på en nivå mindre än en meter under marknivån så medför det att dammarnas utformning måste anpassas efter utredningsområdets geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar. Om hänsyn till dessa förutsättningar inte tas så finns det risk för bottenuppträckning av grundvatten i samband med schaktning, vilket innebär bortledning av grundvatten och är en vattenverksamhet med tillståndsplikt.

Detta innebär dammarnas dimensionering måste ta hänsyn till vilka schaktdjup som är möjliga i samband med byggnationen av dammen. Schaktdjupen måste anpassas efter utredningsområdets lerdjup och lerans mäktighet efter eventuell schaktning.

Lektus har i sin geotekniska undersökning¹ beräknat möjliga schaktdjup för olika lerdjup innan bottenuppträckning sker. Beräkningarna är utförda med en antagen grundvattennivå på 0,8 meter under markytan för ett lerdjup på 2, 5 och 10 meter lera. Beräknat möjligt schaktdjup utan bottenuppträckning redovisas i Tabell 5-1.

Tabell 5-1. Möjligt schaktdjup utan bottenuppträckning vid ett visst lerdjup.

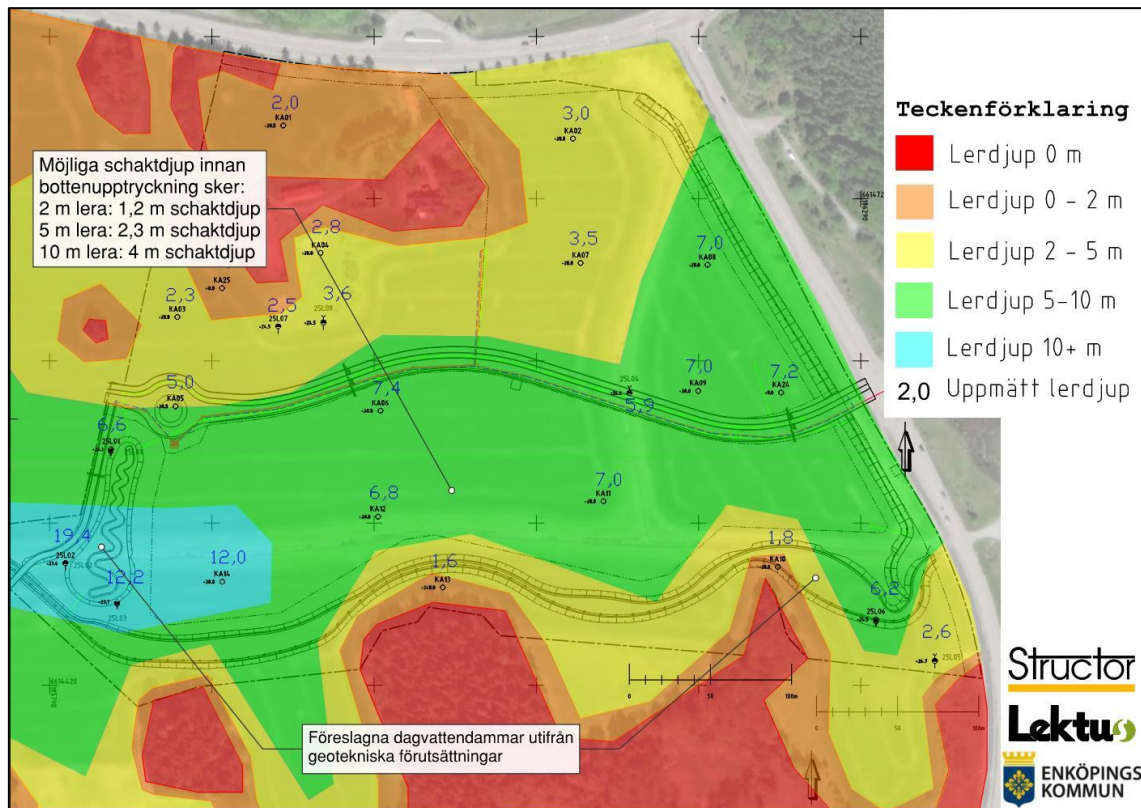
Lerdjup [m]	Möjligt schaktdjup utan bottenuppträckning [m]
2	1,2
5	2,3
10	4

För områden med mindre än 2 m lera så riskerar man bottenuppträckning om man schaktar under grundvattennivån.

Vid den västra dammen varierar lerdjupet kraftigt, och bottenuppträckning får beräknas för det minsta förväntade lerdjupet. Minsta förväntade lerdjup är cirka 6,5 m. För en grundvattennivå på 0,8 m under markytan innebär detta att man kan schakta cirka 2,8 m innan bottenuppträckning sker. Västra dammen bör således klara schakt ner till cirka 2,8 m utan bottenuppträckning¹. Det föreligger en viss risk att det finns tunnare lermäktigheter än den uppmätta då det är stora variationer i området. Variationer i grundvattennivåer kan också påverka bottenuppträckningen.

Sydöstra dammsystemet är placerat intill moränområden och även om uppmätta lermäktigheter är mellan 2,5 och 6,2 m så kan man förvänta sig lermäktigheter under 1 m i det sydöstra hörnet av dammsystemet. Om dammsystemet i den sydöstra delen av utredningsområdet inte utformas för att undvika små lerdjup så är det nödvändigt med någon form av tätning i samband med anläggning av damm i detta område. Noggrann kontroll av lerdjup rekommenderas innan anläggning av dammar i utredningsområdets sydöstra delar.

Den resulterande utbredningen av Sydöstra dammsystemet och Västra dammen visas i Figur 5-2 tillsammans med uppskattat lerdjup. Figuren visar bland annat hur utbredningen av de sydöstra delarna av det Sydöstra dammsystemet är anpassat efter lerdjupet.



Figur 5-2. Uppskattade lerdjup inom utredningsområdet. Källa: Figur modifierad från bilaga 1 i Lektus geotekniska undersökning¹.

5.3.3. Resulterande dimensionering

Den västra dammen föreslås att dimensioneras med en permanent vattenyta och en fördröjande mäktighet på 0,15 m, vilket med en area på 2400 m² resulterar i en fördröjningsvolym på 360 m³ (Tabell 5-2). Dammen bör anläggas med en oljeavskiljande funktion och katastrofskydd. Den permanenta vattenvolymen är uppskattad till 700 m³, med ett djup på 0,35 m och en area på 2000 m².

Utredningsområdet ska också fördröja dagvatten från uppströms områden, med en angiven fördröjningsvolym på 1568 m³. För att fördröja dagvattnet från kvarterensmarken med östlig avrinning och dagvattnet från uppströms områden föreslås ett system med dammar och diken, kallat det sydöstra dammsystemet.

På grund av utredningsområdet uppskattas ha höga grundvattennivåer (0,8 under marknivån har använts som uppskattat riktvärde) och är plant, uppstår svårigheter att skapa fördröjningsvolym. Utifrån rådande geotekniska, hydrogeologiska och topografiska förutsättningar har fördröjningsvolymen maximerats i det sydöstra dammsystemet. Den maximala fördröjningsvolymen har beräknats till 532 m³ i det sydöstra dammsystemet, se Tabell 5-2. Det sydöstra dammsystemet förslås ha ett flödesstråk i botten där vattnet kan rinna vid små- och medelstora regna (uppskattningsvis upp till ett befintlig 5-årsregn) och ingen stillastående permanent vattenvolym. För att optimera det sydöstra dammsystemet förespråkas en mer utförlig geoteknisk undersökning och att grundvattennivåerna mäts i minst tre månader.

I Bilaga 1 redovisas dammarnas föreslagna placering.

Tabell 5-2. Dimensionering av dammar och diken.

Dammdimensionering	Fördröjande mäktighet [m]	Area [m ²]	Fördröjningsvolym [m ³]
Västra dammen	0,15	2400	360
Sydöstra dammsystemet			
Damm A	0,12	2050	246
Damm B	0,06	2386	143
Summa sydöstra dammsystemet		4436	389
Dikesdimensionering	Tvärsnitt [m²]	Längd [m]	Fördröjningsvolym [m³]
Sydöstra diket	0,30	200	60
Östra diket	0,25	330	83
Summa sydöstra dammsystemet och diken			532

5.3.4. Framtida dammprojektering

Långtidsmätningar av grundvattennivåer rekommenderas för att se hur de ändras under året. I området med små lerdjup vid diken och dammar rekommenderas mer noggranna undersökningar av lerdjup. Separata geotekniska utredningar ska utföras för byggnation i området¹.

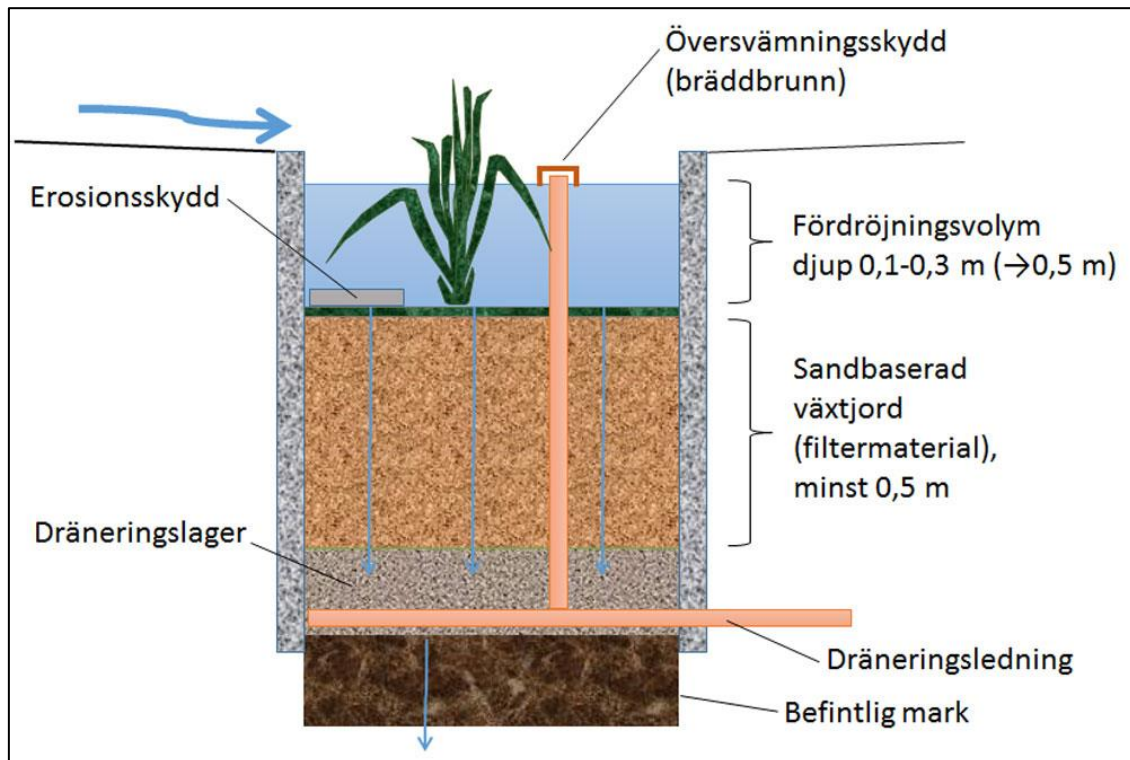
5.4. Principlösningar kvartersmark

5.4.1. Infiltrationsytor/regnbäddar

Inom kvartersmarken kan dagvattnet med fördel användas för bevattning av planteringar, gräsytor och rabatter (växtbäddar). Tillskottet av dagvatten till planteringarna minskar behovet av bevattning och möjliggör en frodigare växtlighet. Hårdgjorda ytor kan höjdsättas så att dagvattnet avrinner ytligt till intilliggande planteringar.

Regnbäddens jordlager kan anläggas på flera olika sätt beroende på syfte, ofta finns där ett dräneringslager (poröst lager) i botten överlagras av mineraljord och ovanpå detta en jordblandning (växtbädd) där växterna kan växa. Magasinsvolymen utgörs av porvolym i jordlagren och den ovanliggande fördröjningszonen. Är regnbädden nedsänkt eller upphöjd utgörs fördröjningszonen av höjden mellan växtbäddens jordyta och den omkringliggande marknivån. Ur dagvattensynpunkt är det fördelaktigt att i det översta jordlagret välja en jordart med hög genomsläpplighet. Rekommenderad infiltrationskapacitet är 50 – 300 mm per timme.

Stuprör kan förses med utkastare som ansluter till rännalar, anlagda med exempelvis gatsten eller så kallad stockholmsplatta, där dagvattnet kan avledas till planteringarna. Vidare så bör filtermaterialet som används i regnbäddarna väljas utefter de huvudsakliga föroreningarna som förväntas i dagvattnet från detaljplaneområdet/respektive delavrinningsområde, och med hänsyn till de prioriterade ämnena i recipienterna, då reningseffekten för olika föroreningar skiljer sig åt mellan olika filtermaterial (se biofilter i SVU, 2019).



Figur 5-3. Principskiss över uppbyggnad av en regnbädd efter Payne m.fl. (2015). I exemplet så tillåts inte dagvatten infiltrera i underliggande mark och leds till befintligt dräneringssystem.

Dessa dagvattensystem bör placeras så att dagvatten som genereras inom respektive delavrinningsområde på ett smidigt och effektivt sätt når en dagvattenanläggning. De ska också placeras så de ingår i en berikande utformning. I Figur 5-4 tydliggörs hur en effektiv ledning av dagvatten kan kombineras med en berikande utformning. Regnbäddarna bör även utformas med dränering vilket kortfattat innebär att luftningsbrunnar som kan leda dagvatten till regnbädden och skapa utbyte av syre och koldioxid till växternas rötter anläggs.



Figur 5-4. Infiltrationsstråk nära trafikbärande ytor.

5.4.2. Parkering

Parkeringar och andra fordonsbärande ytor är utredningsområdets största källa till föroreningar vilket gör det viktigt att parkeringar höjdsätts så att vattnet rinner ner från respektive parkeringsplats till regnbäddar/makadamlager. Parkeringarna kan också förses med permeabla slitytor för att maximera infiltrationen. I Figur 5-5 visas ett exempel på en permeabel gräsarmering och hur höjdsättningen på en parkering leder till ytavrinning mot ett krossdike eller regnbädd. Större parkeringar bör anläggas med dagvattenanläggningar som har en oljeavskiljande funktion (t.ex. oljeavskiljare).



Figur 5-5. Exempel på utformning av infiltrationsytor, infiltrationsstråk nära parkering, tillsammans med gräsarmering.

5.5. Principlösningar allmän platsmark

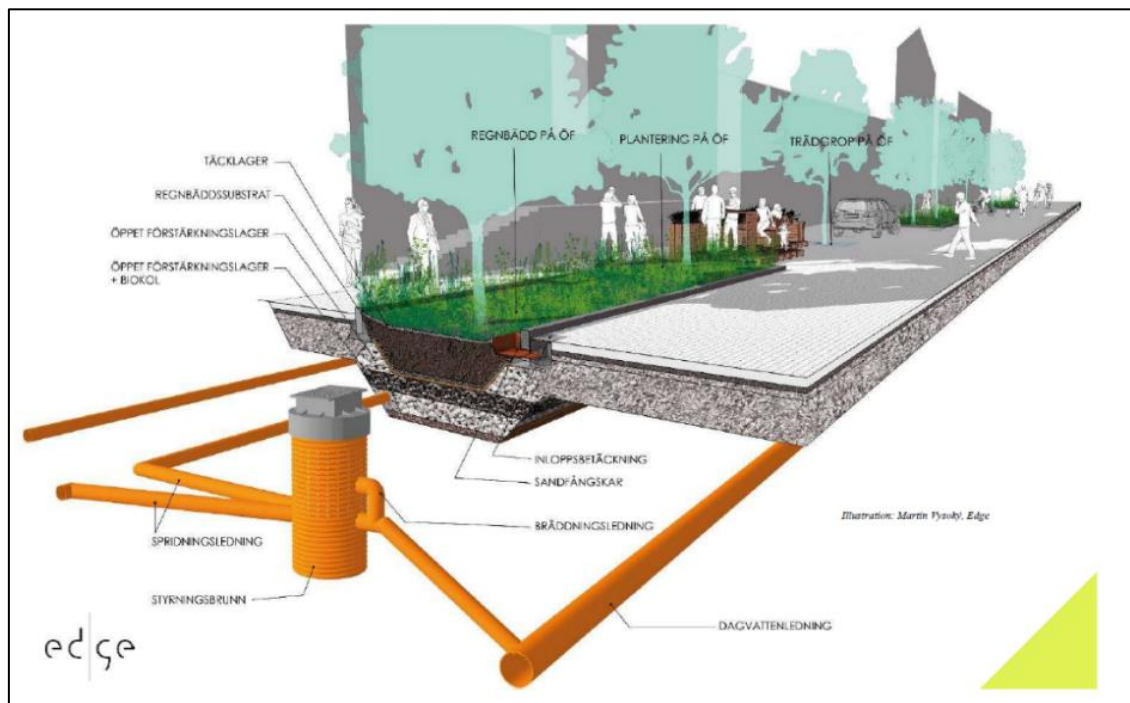
5.5.1. BGG-system

Inom den allmänna platsmarken (huvudgatan) krävs 167 m³ fördröjning för att uppnå Enköpings kommuns riktlinjer på kvartersmark (som här appliceras på allmän platsmark). För att uppnå denna fördröjning föreslås BGG-systemet som innebär att nedsänkta planteringar med underliggande makadamlager (regnbäddar) anläggs längs huvudgatan, se Figur 5-6.

BGG-systemet kan anläggas både under vegetationsytor, körbanor och GC-banor och utformas på olika sätt beroende på ändamålet. Det kan kombineras med och vara en del av regnbädden, exempelvis så kan man anlägga konstruktioner som regnbäddar och träd i hårdgjord yta eller dränerande ytbeläggning ovanpå det öppna förstärkningslagret. Dessa konstruktioner bidrar till vattenrening och när dessa är fyllda, bräddar vattnet vidare till det stora magasinsutrymmet i BGG-systemet. För att leda vatten från hårdgjord yta till BGG-systemet anläggs styrningsbrunnar. Dessa är utrustade med bräddledning som är kopplad till en dagvattenledning som vattnet kan brädda till vid

extremregn. De konstruktioner som inkorporeras med BGG-systemet behöver inte separata dräneringssystem eller brunnar, vilket kan ha en ekonomisk betydelse om ett flertal växtbaserade konstruktioner planeras i gaturummet.

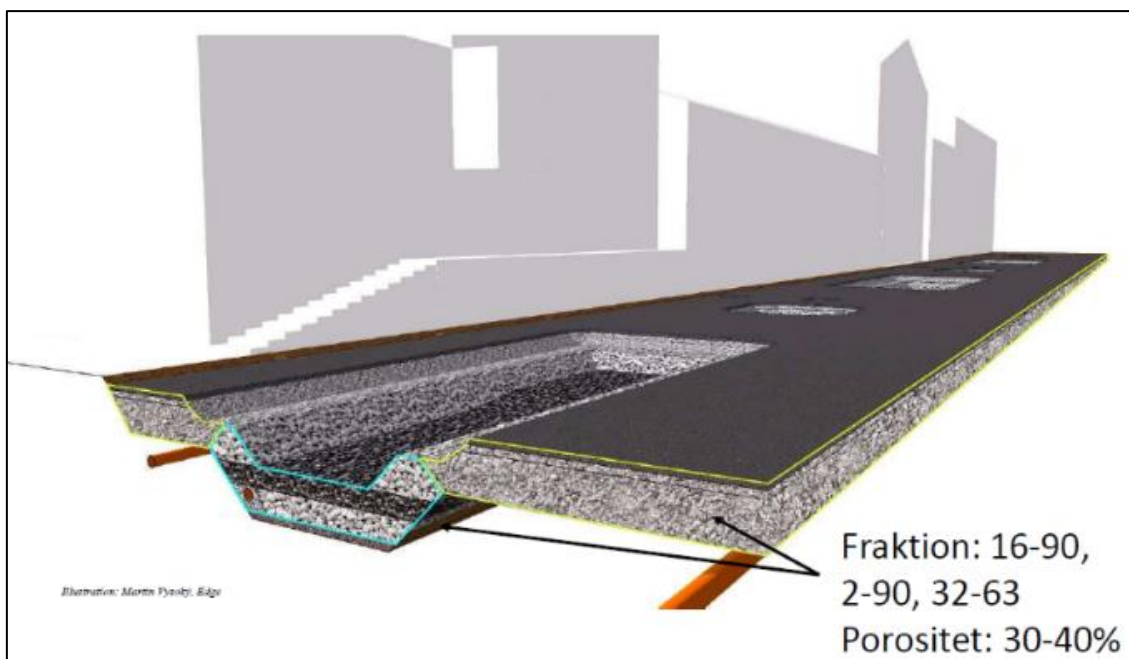
Längs kanterna av vägen placeras regnbäddarna som renar och fördröjer dagvattnet. Träd- och växtrader i gaturummet bidrar med dagvattenhantering, skugga och ett bättre lokalklimat. Dessa utnyttjas även som översvämningssytor dit dagvatten kan ledas vid kraftiga regn. Brunnar med sidointag kan användas i kantsten för att optimera vattenintaget mot körbanor. Föreslagen dagvattenhantering bedöms bidra till en levande grön-blå struktur genom Annelund park.



Figur 5-6. Principskiss av grönstruktur och ledningsuppbbyggnad i BGG-systemet (Edge, 2019).

BGG-systemet förstärkningslager skiljer sig något från konventionella förstärkningslager som ofta består av bergkross i fraktioner 0-90 mm, vilket ger en låg genomsläpplighet och begränsat porutrymme för luft, vatten och växtrötter. I det BGG-systemet tas de minsta fraktionerna bort för att öka porositeten i förstärkningslagret. Olika fraktioner används beroende på ytans beskaffenhet samt på behovet av fördröjning och lufrum för eventuella växtrötter. På detta sätt skapas makadammagasin under gaturummet där dagvatten kan fördröjas, utnyttjas och renas.

BGG-systemet har därför har en porositet på ca 30-40 procent vilket innebär att det kan magasinera upp till 300-400 liter dagvatten/m³. I Figur 5-7 presenteras en skiss för överbyggnaden i ett gaturum med öppet förstärkningslager. Uppbyggnaden behöver utformas med hänsyn till lokala variationer av markens infiltrationskapacitet. Detta eftersom det förekommer berg i dagen på flertal platser i planområdet. Syftet med utformningen ska vara att efter rening maximera påfyllnaden av grundvatten genom infiltration. Det öppna förstärkningslagret byggs/dimensioneras utformas på ett sätt så att ytorna klarar den trafikbelastning de är avsedda för.



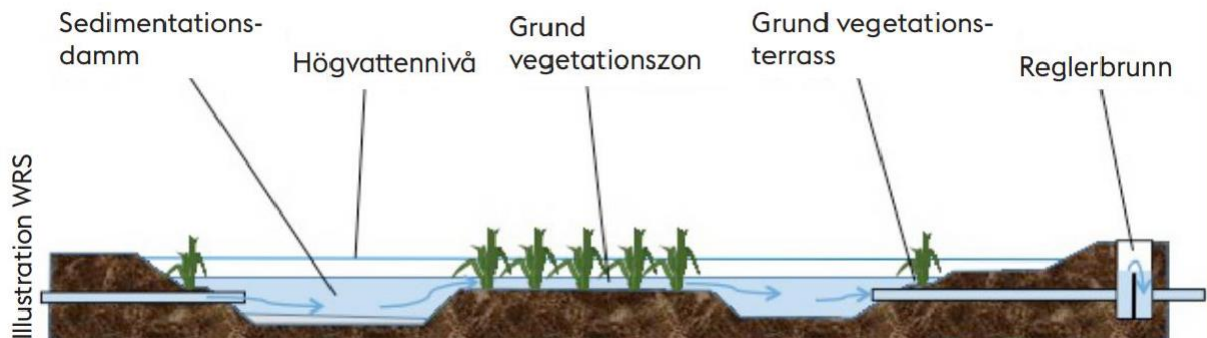
Figur 5-7. Skiss av en grunduppbyggnad av ett öppet förstärkningslager (ÖF) (Edge, 2019).

BGG-systemen kan tillsättas med biokol, vilket effektiviserar föroreningsreduktionen, främjar mikrobiell tillväxt, som i sin tur gynnar växtligheten. Samtidigt bidrar biokolet till ett positivt effekt på klimatet genom att skapa en kolsänka.

5.5.2. Dagvattendammar

Dammar och våtmarker används i första hand för att fördröja och rena stora volymer dagvatten, ofta som en lösning i slutet av systemet ("end of pipe"). Anläggningstyperna överlappar varandra. En damm kan innehålla våtmarkspartier, men normalt sett är själva dammvolymen den dominerande reningskomponenten (se Figur 5-8). Omvänt är dammar ofta delkomponenter i en våtmarkslösning, men där finns alltid växter, ofta i flera zoner med olika vattendjup. I dammen sker reningen framförallt genom att partikelbundna föroreningar sedimenterar. I våtmarken och i viss utsträckning i dammar sker ytterligare rening genom växtupptag och andra biologiska processer som kan reducera halterna av lösta föroreningar. Reningseffekten och ofta också de biologiska värdena blir högre när växter deltar i reningsprocessen. Reningseffekten påverkas bland

annat av anläggningarnas form och vattnets uppehållstid. Rätt dimensionerade, konstruerade och underhållna kan dammar, och i ännu högre grad våtmarker, ge en god rening. Om nivån kan fluktuera fungerar både en damm och en våtmark som fördröjningsvolym.



Figur 5-8. Principskiss för en dagvattendamm med grund våtmarksdel. Dammen har ett utlopp under vattenytan och vattennivån regleras av nivån på dämnet i utloppsbrunnen (en så kallad munkbrunn).

Det är viktigt att dammar utformas så att förutsättningarna för sedimentation blir så bra som möjligt. Finns det risk för flöden som är så höga att sedimenten i dammen rivs upp kan det vara motiverat att anlägga bräddavlopp/förbiledning. Är föroreningsbelastningen hög kan det finnas skäl att anlägga en försedimentationsdamm där grövre sediment fångas. Vattennivån i dammar och försedimentationsdammar måste kunna fluktuera så att avtappningen kan ske på ett kontrollerat sätt. Placeringen av in- och utlopp, men även dammens form och bottenpografi, har betydelse. En långsmal damm bidrar av hydrauliska skäl till att reningen blir bättre och är att föredra framför en kort och bred. En långsmal damm är också enklare att sköta.

Djupzoner placerade tvärs flödesriktningen ger en bra spridning av vattnet i en damm. Rekommendationen är att det finns en djupzon i den inledande delen av dammen. Vattnets hastighet minskar i djupzonen vilket främjar sedimentation av fasta föroreningar. Följs djupzonen av en grundare, gärna vegetationsbärande del, ökar möjligheterna att avskilja en större mängd föroreningar. Växterna bromsar vattnets strömningshastighet. Det bidrar till att finare partiklar kan sedimentera. Vegetationen skapar också livsrum för en mängd mikroorganismer som kan bidra med biologisk rening och reducera halterna av lösta föroreningar.

Ett grunt vatten som är solbelyst ger högre vattentemperatur, vilket höjer hastigheten på de biologiska processerna. Avskiljningen av lösta föroreningar blir bättre i anläggningar som innehåller minst ett våtmarkssteg. En våtmarksanläggning innehåller som regel flera områden med vegetation. I en damm kan utloppet antingen vara ytligt eller placerat under vattenytan. Avtappningen under vattenytan är att föredra eftersom det minskar risken för temperaturskiktning i dammen. Utlopp placerade under vattenytan gör också att dammen kan fungera som oljeavskiljare. Med rätt utformning och skötsel kan både en dagvattendamm och en våtmark bidra med rekreativevärden och biologisk mångfald. Dammar eller dammsektionen av en våtmark måste placeras så att de kan nås med grävmaskin för att underlätta sedimenttömning.

5.6. Materialval

Ett av de mest effektiva sätten att minska dagvattnets föroreningsinnehåll är att införa åtgärder så nära källorna som möjligt. Utöver reningsåtgärder kan förekomsten av vissa materialval minskas genom medvetna materialval i anläggningsskedet. Exempelvis kan taktor, där det är möjligt, anläggas i material som inte avger metaller eller andra föroreningar till dagvattnet.

6. FÖRORENINGAR

6.1. Föroreningsbelastning

Dagvattenberäkningar redovisar föroreningsbelastningen från fem olika scenarier:

1. Befintlig situation
2. Planerad situation
3. Planerad situation med endast lokala dagvattenanläggningar
4. Endast damm – Damm A
5. Både lokala dagvattenåtgärder och efterföljande damm (damm B)

I Tabell 6-1 redovisas indikerad föroreningsbelastning för reningsscenarierna ovan samt reningseffekten för respektive dagvattenanläggning. Skillnaden mellan benämningarna damm A och damm B är att reningseffekten i en damm som renar dagvatten som redan genomgått rening är något lägre än en damm som renar orenat dagvatten. Reningseffekten för damm B har därför korrigerats ner något jämfört med damm A.

Föroreningsberäkningarna indikerar att föroreningsmängden minskar för 8 av 14 ämnen om de föreslagna dagvattenlösningarna används enligt kap 6, se Tabell 6-1.

Tabell 6-1. Beräknade föroreningsbelastning med föreslagna dagvattenlösningar och dess reningseffekt.

Ämne	Enhet	Planerad					Reningseffekt [%]				Förändring
		Befintlig	Utan rening	LOD	Damm	LOD+Damm	LOD [%]	Damm A [%]	Damm B [%]	LOD+Damm B [%]	
Fosfor	kg/år	4,50	11,00	3,50	5,10	2,25	65	51	36	80	-50
Kväve	kg/år	100	77	37	57	30,27	41	26	18	61	-70
Bly	kg/år	0,15	0,95	0,10	0,31	0,06	85	62	43	94	-62
Koppar	kg/år	0,28	1,30	0,34	0,57	0,21	80	54	38	84	-24
Zink	kg/år	0,53	6,70	0,81	2,50	0,46	86	61	43	93	-12
Kadmium	kg/år	0,003	0,041	0,005	0,021	0,003	80	47	33	92	23
Krom	kg/år	0,06	0,40	0,16	0,11	0,08	76	71	50	80	36
Nickel	kg/år	0,040	0,410	0,063	0,180	0,04	55	53	37	90	-1
Kvicksilver	kg/år	0,0001	0,003	0,001	0,002	0,001	50	36	25	70	586
Suspenderad substans	kg/år	2300,00	4000,00	600,00	1000,00	297,60	90	72	50	93	-87
Olja (mg/l)	kg/år	4,4	65,0	18,0	9,8	7,3	90	85	60	89	66
PAH (µg/l)	kg/år	0,002	0,031	0,004	0,009	0,002	85	73	51	94	-20
Benso(a)pyren	kg/år	0,0002	0,0047	0,0006	0,0013	0,0003	85	72	50	94	14
Antracen	kg/år	0,0002	0,0010	0,0004	0,0003	0,0002	62	72	50	79	2
PBDE 47	kg/år	3,3E-07	6,3E-07	3,0E-07	1,5E-07	2,3E-07	52	39	25	64	-32
PBDE 99	kg/år	4,00E-07	7,80E-07	3,70E-07	1,90E-07	2,78E-07	52	39	25	64	-31
PBDE 209	kg/år	3,10E-05	5,30E-05	2,50E-05	1,30E-05	1,88E-05	52	39	25	65	-40

Tabell 6-2. Beräknade föroreningshalter från utredningsområdet för befintlig och planerad markanvändning, samt efter föreslagen rening, beräknat i StormTac (Larm, 2000).

Ämne	Enhet	Föroreningshalt				
		Befintlig	Utan rening	LOD	Damm	LOD + Damm
Fosfor	µg/l	190	240	78	110	41
Kväve	µg/l	4300	1700	810	1300	620
Bly	µg/l	6,3	21	2,3	6,8	1
Koppar	µg/l	12	28	8	13	4,3
Zink	µg/l	22	150	18	55	7,8
Kadmium	µg/l	0,10	0,91	0,10	0,46	0,06
Krom	µg/l	2,4	8,9	3,6	2,5	1,3
Nickel	µg/l	1,7	9,1	1,4	4,1	0,81
Kvicksilver	µg/l	0,0049	0,06	0,025	0,038	0,016
Suspenderad substans	µg/l	94 000	88 000	13 000	23 000	6800
Olja (mg/l)	µg/l	180	1400	400	220	60
PAH (µg/l)	µg/l	0,09	0,69	0,08	0,19	0,04
Benso(a)pyren	µg/l	0,010	0,100	0,012	0,029	0,005
Antracen	µg/l	0,006	0,008	0,003	0,002	0,003
PBDE 47	µg/l	0,000160	0,000180	0,000085	0,000071	0,000064
PBDE 99	µg/l	0,000190	0,000220	0,000110	0,000092	0,000079
PBDE 209	µg/l	0,01500	0,01500	0,00720	0,00605	0,0054

* Avser reningseffekten från befintlig markanvändning till planerad med dagvattenlösningar

6.2. Effekt på recipient

Föroreningsberäkningarna har studerat exploaterings påverkan på föroreningsbelastningen för den befintliga situationen, den framtida situationen utan dagvattenrening samt den framtida situationen med dagvattenrening enligt tre olika varianter av dagvattenlösningar. De tre varianterna är: rening genom lokalt omhändertagande av dagvatten (biofilter, regnbäddar etcetera), rening endast genom en dammanläggning samt rening i två steg med först lokala åtgärder och sedan rening i en damm innan utflöde till recipient sker.

Föreslagna dagvattensystem har dimensionerats för fördröjning och rening så att flödesbelastningen efterliknar det från naturmark vid ett dimensionerande 10-årsregn. Eftersom andelen hårdgjord yta i området ökar, ökar även dagvattenflödet och den totala föroreningsbelastningen på recipienten från utredningsområdet om inga reningsåtgärder implementeras.

Föroreningsberäkningarna indikerar att rening endast i ett steg genom LOD (biofilter, regnbädd etcetera) eller damm separat inte medför tillräcklig rening för att undvika en ökad föroreningsbelastning. Beräkningsresultatet tydliggör behovet av rening i två steg för att säkerställa att föroreningsbelastningen inte äventyrar recipientens möjligheter att uppnå dess miljö kvalitetsnormer.

Enligt föroreningsberäkningarna som utförts med StormTac kommer årsmedelbelastningen av förorenande ämnen i samband med exploateringen minska för 11 av 17 ämnen om rening av dagvattnet sker i två steg, först i lokala dagvattenanläggningar och sedan i en dagvattendamm innan utflöde till recipient (Tabell 6-1). Om endast en av reningsåtgärderna används så blir den framtida föroreningsbelastningen jämförelsevis större. För projekterad exploatering av utredningsområdet med rening och fördröjning av dagvatten i föreslagna dagvattensystem indikeras en minskad ämneshalt för samtliga studerade ämnen, i utgående dagvatten gentemot befintliga förhållanden (Tabell 6-2).

Recipienten har idag en problematik med övergödning och föroreningsbelastning av näringsämnen på grund av närliggande jordbruksmark. Med föreslagna lösningar reduceras halten av tillkommande näringsämnen.

Det är viktigt att påpeka att beräkningar med schablonhalter är behäftade med stora osäkerheter och bör inte tolkas som exakta siffror men den beräknade minskade belastningen efter föreslagen rening innebär en hög sannolikhet att exploateringen inte leder till en ökad belastning på recipienten.

Föroreningsberäkningar med ämnen där osäkerheten bedöms som stor, i det här fallet för kvicksilver och PBDE, på grund av brist av indata till StormTac, har inkluderats i föroreningsberäkningarna. Nedan följer en beskrivning av hur föreslagen exploatering kan bedömas påverka några av ämnena.

Kvicksilver sprids framförallt via långväga lufttransport, och någon minskning av utsläpp av kvicksilver är inte att förväntas inom en snar framtid. EG:s ramdirektiv för vatten (2008/105/EG samt 2013/39/EU) anges gränsvärdet, det vill säga den tillåtna halten, för kvicksilver i biota till 20 mikrogram per kilogram (ug/kg). I Sverige idag överstiger kvicksilver gränsvärdet i alla ytvattenförekomster; sjöar, vattendrag och kustvatten. Kvicksilver bryts inte ned i miljön och binder hårt till marken och kan nå omgivande vattendrag genom avrinning. Med föreslagna dagvattenlösningar kan kvicksilver bundna till partiklar till stor del förväntas sedimentera inom föreslagna LOD-anläggningar eller dagvattendammar.

PBDE sprids framförallt via långväga lufttransport, men även genom läckage från deponier. Föreslagen exploatering bedöms dock inte leda till ökade utsläpp av PBDE.

Förekomsten av kadmium, krom och olja är starkt kopplad till trafik, vilket medför att höjdsättningen på trafikbärande ytor är särskilt viktig för att säkerställa avrinning mot dagvattenanläggningar. Tillförlitligheten för använda schablonvärden för kadmium har i beräkningsverket givits låg säkerhet medan schablonvärdena för krom har låg- till medelstor säkerhet. Detta medför att beräknade ämnesmängder kan variera i relativt hög utsträckning och mängden kan vara både större och mindre än beräknat värde.

Ovanstående indikerar att med rening och fördröjning av dagvatten från utredningsområdet i föreslagna dagvattenanläggningar ses en generell förbättring i vattenkemisk kvalitet (i.e. ämneshalter) i dagvatten från utredningsområdet. Den generella belastningen av föroreningar till recipienten minskar något i samband med exploateringen. Det viktigaste för att inte öka föroreningsbelastningen är att minska flödesbelastningen så mycket som möjligt.

Dagvattenanläggningarna är dimensionerade utifrån Enköpings kommuns krav och bedöms vara den bästa tillgängliga teknik som till en rimlig insats renar och fördröjer dagvatten som uppstår i samband med exploateringen.

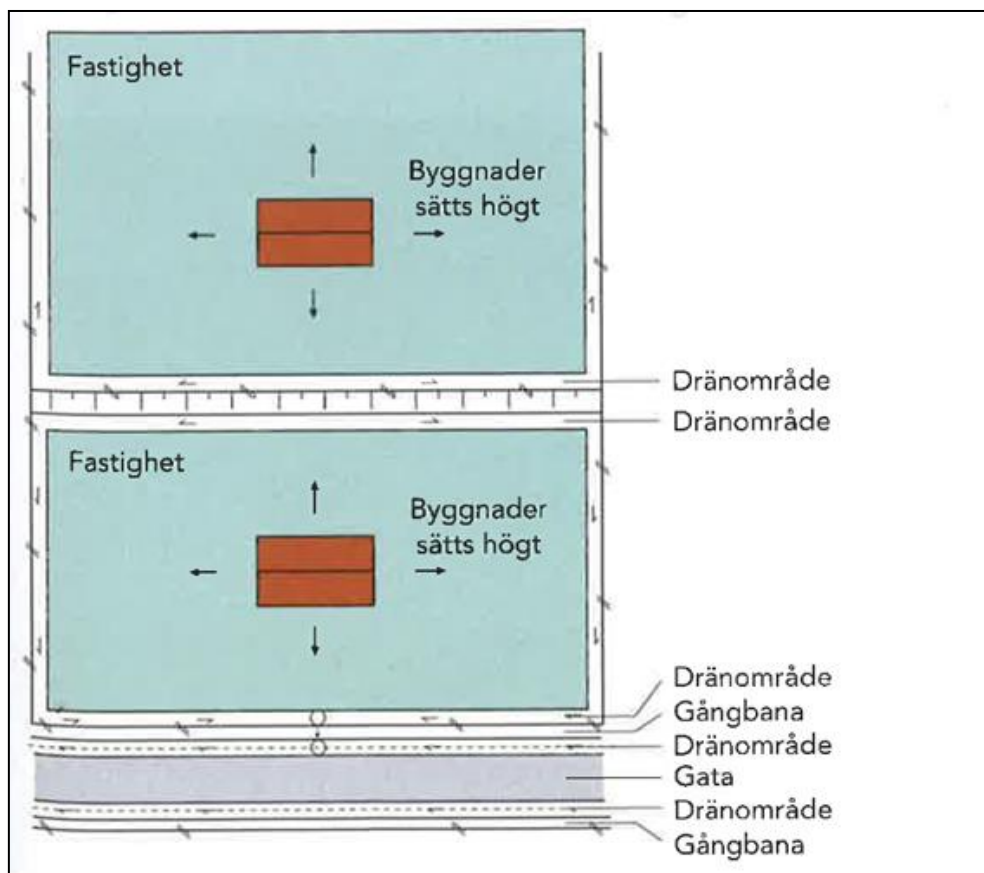
Att notera är även att risken för försämrad kemisk samt ekologisk status i ytvattenrecipienter på grund av en ökad ämnesbelastning ska utvärderas efter respektive ämnes kumulativa effekt i ytvattenrecipienten (Naturvårdsverket, 2017).

Med föreslagna dagvattenanläggningar inom utredningsområdet tillsammans med nedströms planerade gemensamma dagvattenanläggningar bedöms exploateringen inte medföra en ökad problematik för att uppnå en god ekologisk och kemisk ytvattenstatus i recipienten.

Slutsatsen av föroreningsberäkningar blir således att en rening i två steg med lokala åtgärder och efterföljande dammar krävs för att säkerställa att flödes- och föroreningsbelastningen på recipienten inte ska öka. På så sätt äventyrar inte exploateringen recipientens möjligheter till att uppnå dess miljö kvalitetsnormer.

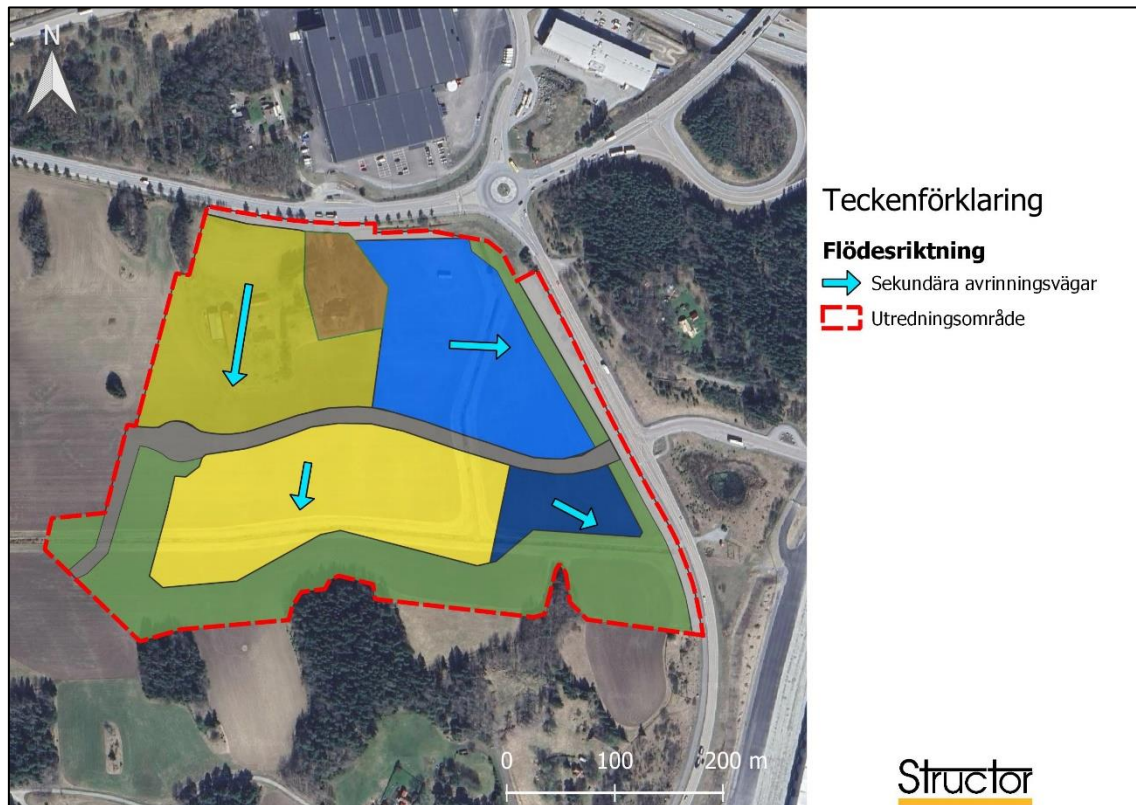
7. SKYFALLSHANTERING

Dagvattenlösningarna kommer att bidra till en ökad fördröjning av dagvattenflödena och ett mindre momentant flöde från utredningsområdet, vilket kommer att bidra till en minskad översvämningrisk för utredningsområdet efter exploateringen. Vid extrema regn, så som ett 100-årsregn, uppstår dagvattenflöden där utredningsområdets dagvattenlösning inte kommer att vara tillräcklig för att omhänderta allt dagvatten. Det är därför viktigt att planera höjdsättningen så att dagvatten kan transporteras via sekundära avrinningsvägar vidare ut på närliggande gator, och att lågpunkter där dagvatten kan ansamlas undviks, alternativt att översvämningen inte kan leda till några betydande konsekvenser. Höjdsättningen av utredningsområdet bör planeras för att klara hanteringen av extremregn. Det betyder att när föreslagna fördröjningsanläggningar bräddar rinner överskottsvattnet ut på vägarna för vidare transport mot recipienten. Denna lösning medför att risken för skador på hus och grundläggning kan minskas. Marken närmast fasad ska luta minst 2 – 3 % för att säkerställa att dagvatten rinner bort från fasad och inte riskerar att tränga in i byggnader. En enkel skiss på höjdsättning av byggnader ses i Figur 7-1.



Figur 7-1. Höjdsättningsförslag enligt Svenskt vattens publikation P105.

I Figur 7-2 redovisas de sekundära avrinningsvägar som höjdsättningen rekommenderas åstadkomma i projekteringsfasen. Den generella principen för de föreslagna sekundära avrinningsvägarna är att utnyttja områdets topografi för att dagvattnet ska nå ut till gatorna och grönytor.



Figur 7-2. Sekundära avrinningsvägar för utredningsområdet.

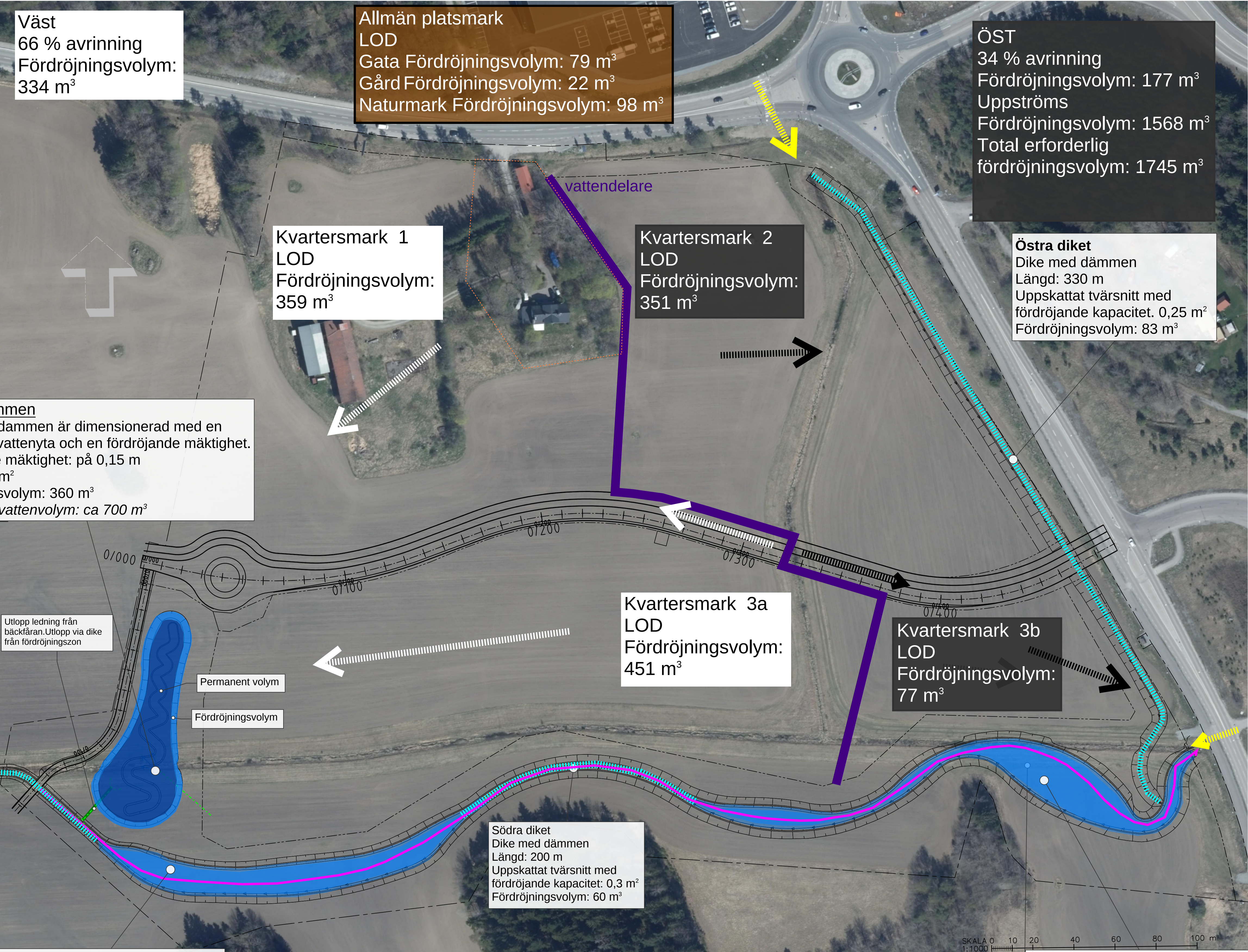
8. SLUTSATS

Dagvattenberäkningarna visar att de planerade förändringarna inom utredningsområdet kommer medföra ökade dagvattenflöden om dagvattnet inte omhändertas då den befintliga markanvändningen är naturmark. Utan dagvattenåtgärder resulterar ombyggnation i en flödesökning på cirka 567 % för hela utredningsområdet samtidigt som dagvattnet inte renas innan utsläpp mot recipient.

För att fördröja och rena den erforderliga fördröjningsvolymen på 1438 m³ förslås en kombination av lokala dagvattenåtgärder som efterföljs av en eller två dagvattendammar inom utredningsområdet. Förslagen dagvattenhantering har anpassats utifrån rådande geotekniska, hydrogeologiska och topografiska förhållanden. För att optimera det sydöstra dammsystemet förespråkas en mer utförlig geoteknisk undersökning och att grundvattennivåerna mäts under ett längre tidsintervall.

Slutsatsen av föroreningsberäkningar blir att en rening i två steg med lokala åtgärder och efterföljande dammar krävs för att säkerställa att flödes- och föroreningsbelastningen på recipienten inte ska öka. På så sätt äventyrar inte exploateringen recipientens möjligheter till att uppnå dess miljö kvalitetsnormer.

Avvattningsplan Annelund park



Väst
66 % avrinning
Födröjningsvolym:
334 m³

Allmän platsmark
LOD
Gata Födröjningsvolym: 79 m³
Gård Födröjningsvolym: 22 m³
Naturmark Födröjningsvolym: 98 m³

ÖST
34 % avrinning
Födröjningsvolym: 177 m³
Uppströms
Födröjningsvolym: 1568 m³
Total erforderlig
födröjningsvolym: 1745 m³

Kvartersmark 1
LOD
Födröjningsvolym:
359 m³

Kvartersmark 2
LOD
Födröjningsvolym:
351 m³

Östra diket
Dike med dämmen
Längd: 330 m
Uppskattat tvärsnitt med
födröjande kapacitet. 0,25 m²
Födröjningsvolym: 83 m³

Västra dammen
Den västra dammen är dimensionerad med en permanent vattenyta och en födröjande mäktighet. Födröjande mäktighet: på 0,15 m
Area: 2400 m²
Födröjningsvolym: 360 m³
Permanent vattenvolym: ca 700 m³

Kvartersmark 3a
LOD
Födröjningsvolym:
451 m³

Kvartersmark 3b
LOD
Födröjningsvolym:
77 m³

Södra diket
Dike med dämmen
Längd: 200 m
Uppskattat tvärsnitt med
födröjande kapacitet: 0,3 m²
Födröjningsvolym: 60 m³

Damm A
Den västra dammen är dimensionerad med en permanent vattenyta och en födröjande mäktighet. Födröjande mäktighet: på 0,12 m
Area: 2050 m²
Födröjningsvolym: 246 m³

Sydöstra dammsystemet
För att födröja dagvattnet från kvartersmarken med östlig avrinning och dagvattnet från uppströms området föreslås ett system med dammar och diken, kallat det södra dammsystemet. På grund av utredningsområdet uppskattas ha höga grundvattennivåer (0,8 under marknivå har använts som uppskattat riktvärde) och är plant, uppstår svårigheter att skapa födröjningsvolym. Utifrån rådande geotekniska och topografiska förutsättningar har födröjningsvolymen maximerats i det södra dammsystemet. Den maximala födröjningsvolymen har beräknats till 532 m³ med i det södra dammsystemet. Det södra dammsystemet föreslås ha ett flödesstråk i botten där vattnet kan rinna vid små- och medelstora regna (uppskattningsvis upp till ett befintlig 5-årsregn) och ingen stillastående permanent vattenvolym. Födröjningsvolymen är beräknad upp till inloppets nivå på + 22,69.

Damm B
Den västra dammen är dimensionerad med en permanent vattenyta och en födröjande mäktighet. Födröjande mäktighet: på 0,06 m
Area: 2386 m²
Födröjningsvolym: 143 m³

Princip dagvattenhantering

Vid den planerade nybyggnationen inom utredningsområdet för Annelund park föreslås en dagvattenhantering som renar dagvattnet i två steg, först i lokala öppna dagvattenanläggningar och sedan i en dagvattendamm. Det föreslagna dagvattensystemet är dimensionerat för att rena och födröja totalt 1438 m³ inom utredningsområdet, men utredningsområdets dagvattenhantering förväntas också hantera dagvattnet från områden uppströms till en uppskattad volym av 1568 m³.

Dagvattenhanteringen som föreslås är en kombination av lokala dagvattenåtgärder som efterföljs av en dagvattendamm inom utredningsområdet. Dammarna dimensioneras för att omhänderta cirka 40 % av erforderlig födröjningsvolym inom kvartersmark.

I syfte att säkerställa en hållbar dagvattenhantering för kvartersområdena bör en viss andel av den icke hårdgjorda ytan reserveras för öppna dagvattenanläggningar. Exempelvis så bör 10 % av den angivna reducerade arean reserveras för öppna gröna dagvattenanläggningar om kvartersmarken anläggs med 80 % hårdgjord yta.

Avrinningen från kvartersmark sker till 66 % i västlig riktning (Kvartersmark 1 och 3a) och till 34 % i östlig riktning (Kvartersmark 2 och 3b). Den erforderliga födröjningsvolymen för avrinningen från den västra delen av kvartersmarken uppgår till 334 m³ medan den erforderliga födröjningsvolymen för den östliga avrinningen från kvartersmarken uppgår till 177 m³. Dagvattnet från kvartersmarken med västlig avrinning föreslås att renas och födröjas i Västra dammen medan dagvattnet från kvartersmarken med östlig avrinning födröjas i en det södra dammsystemet. Den maximala födröjningsvolymen har beräknats till 532 m³ med i det södra dammsystemet.

Teckenförklaring

- Vattendelare
- Flödesriktning
- Dike
- Födröjande zon
- Permanent vattenvolym
- Flödesstråk i botten

BET	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
FÖRPROJEKTERING			
ANNELUND			
ENKÖPINGS KOMMUN		Lektu	
UPPDRAG NR 2224.0046	RITAD/KONSTR AV C. TÖRNBLOM	ÖVERSIKTPLAN Arbetsmaterial	
DATUM 2024-11-15	HANDLAGGARE M. DELERYD	Structor	
ANSVARIG M. DELERYD	SKALA 1:1000	NUMMER 101T0101	BET