

Dagvattenutredning

Annelund Park, Enköping
2024-01-02

Structor

Författare: Johan Sandström Lundh
Beställare: Annelund Projekt AB
Beställarens
projektnummer:
Konsultbolag: Structor Vatten & Miljö Uppsala AB
Uppdragsnamn: Dagvattenutredning Annelund Park
Uppdragsnummer: 1408
Datum: 2024-01-02
Uppdragsledare: Johan Sandström Lundh
Handläggare/utredare: Johan Sandström Lundh
Johan Wallsten
Yasmine Arriaga
Granskare: Josef Nordlund
Status: Granskningshandling

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 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 1881 m³, för hela utredningsområdet. Dagvattensystemet syftar till att rena dagvattnet i två steg, först genom lokala dagvattenanläggningar, sedan i en dagvattendamm inom utredningsområdet. Utflödet från utredningsområdet förmodas att nå ett dikes- och dammstråk som leder dagvattnet mot Enköpingsån. I utredningsområdets sydvästra del föreslås en dagvattendamm som kan omhänderta dagvatten från områden uppströms.

Genom att rena dagvattnet i flera steg bedöms inte recipientens möjligheter till att uppnå dess miljö kvalitetsnormer att äventyras.

Innehåll

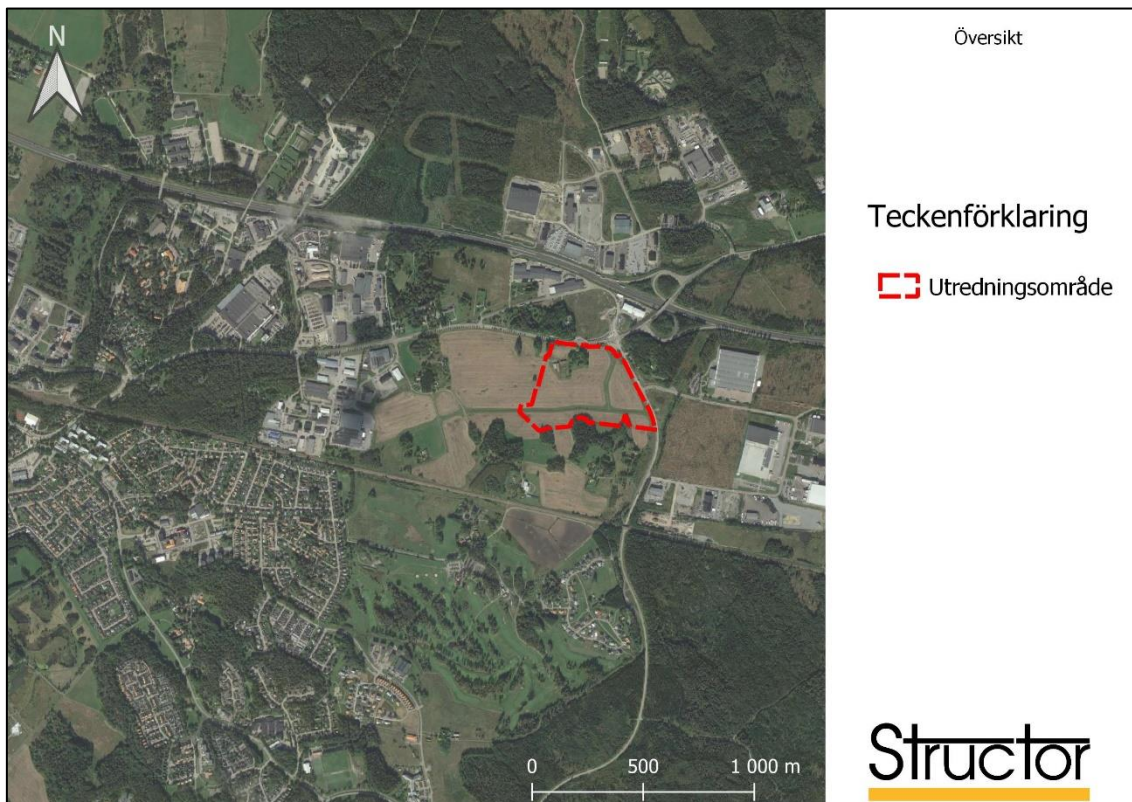
1. Inledning.....	6
1.1. Syfte	7
1.2. Krav och riktlinjer för dagvattenhantering.....	7
1.2.1. Allmänt om dagvatten.....	7
1.2.2. Enköping kommuns dagvattenpolicy.....	7
1.2.3. Kravspecifikation Annelund Park	8
1.2.4. Markavvattningsföretag	9
2. Material och metod.....	10
2.1. Underlag	10
2.2. Flödesberäkning	10
2.3. Fördröjningsvolym	11
2.4. Föroreningsberäkning	12
2.5. Skyfallsanalys.....	12
2.5.1. Nederbörd.....	12
3. Områdesbeskrivning.....	13
3.1. Befintlig och planerad markanvändning	13
3.2. Befintlig avrinning och översvämningsrisk	15
3.3. Befintlig dagvattenhantering.....	16
3.4. Markförutsättningar	17
3.5. Recipient.....	19
3.5.1. Enköping kommuns dagvattenutredning.....	20
3.6. Markavvattningsföretag och vattendomar	21
4. Dagvattenflöden och fördröjningsvolym	23
4.1.1. Markanvändning.....	23
4.1.2. Dagvattenflöden	24
4.2. Erforderlig fördröjningsvolym.....	24
4.2.1. Erforderlig fördröjningsvolym bakgrundsflöde.....	25
5. Förslag på dagvattenhantering.....	26
5.1. Systemlösning	26
5.2. Kvartersmark - hårdgjord yta.....	28
5.3. Allmän platsmark – dimensionering av damm	28
5.4. Principlösningar kvartersmark	29
5.4.1. Infiltrationsytor/regnbäddar.....	29
5.4.2. Parkering	31
5.5. Principlösningar allmän platsmark	31
5.5.1. BBG-system	31
5.5.2. Dagvattendammar.....	33
5.6. Materialval	35

6. Föroreningar	36
6.1. Föroreningsbelastning	36
6.2. Effekt på recipient	41
7. Skyfallshantering	43
8. Slutsats	45
Referenser	46

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.
3. Diket är en del av ett markavvattningsföretag. Omprövat så sent som 1993. Flyttande av ett dike är en vattenverksamhet. Prövning av markavvattningsföretaget blir en del av den processen. Utredningen ska kunna ligga tillgrund för prövning av markavvattningsföretaget inom ramen för tillståndprocessen.

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)
- c) Utredningen ska svara på hur kommunen ska hantera markavvattningsföretaget och eventuellt formulera underlag till ansökan om tillstånd till en vattenverksamhet för flytt av diken enligt förslag.

1.2.4. Markavvattningsföretag

Den planerade exploateringen ligger inom Annelund – Hagalunds diknings och dagvattenledningsföretag 1993 båtnadsområde och avvattnar till dess anläggningar. Markavvattningsföretagets handlingar beskriver ingående de vattenanläggningar som ingår i markavvattningsföretaget och den dimensionering som gjordes när företaget utfördes. Vattenanläggningarna gäller juridiskt på samma sätt som en vattendom och flödet till anläggningarna måste ta hänsyn till vad anläggningarna är dimensionerade för.

Det dimensionerande flödet kommer utgöra utsläppskrav för exploateringen och dagvattenhanteringen måste utformas så att detta flöde inte överstigs för dimensionerande regn med upp till en återkomsttid på 10 år, i enlighet med vad som är vedertaget gällande hänsyn till ett markavvattningsföretags anläggningar vid exploatering. Bedömningen är att det krav som anges i avsnitt 1.2.2 kommer utgöra ett striktare krav än det som anges i markavvattningsföretagets handlingar men detta antagande bör verifieras. Förutom utsläppskravet kan det, beroende på vilken juridisk hantering som beslutas, krävas att exploateringen deltar i framtida underhåll av markavvattningsföretagets anläggningar vid en omprövning. Detta deltagande, utifrån ett dagvattenintresse, beräknas enligt praxis utifrån den årliga mängden vatten som förväntas tillkomma då naturmark övergår till hårdgjord mark. Ingrepp i markavvattningsföretagets anläggningar, exempelvis omledning av diken, kräver som regel att markavvattningsföretaget omprövas.

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 ($m^3/hared$), t_{rinn} är områdets rinntid och K är den tillåtna specifika avtappningen från området ($l/s \cdot hared$). 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 har utförts med modellverktyget 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 markanvändningsområden (Larm, 2000). 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 översvänningsområden 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 översvänningsrisker 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.

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 översiktsskarta som tydliggör den befintliga markanvändningen.

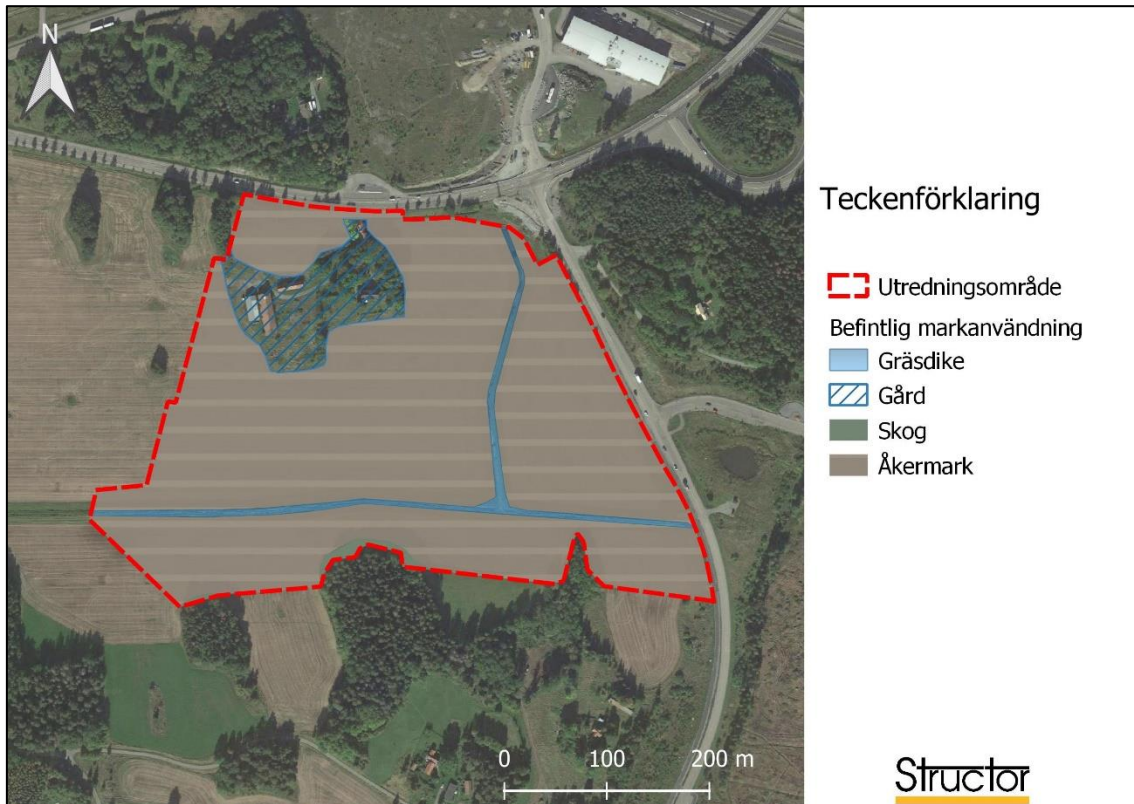
Den framtida markanvändningen inom utredningsområdet utgörs av verksamhetsområden (inklusive gata), huvudgata (inklusive GC-väg) och grönyta (naturmark och ytor reserverade för dagvattenanläggningar). Se Figur 3-2 för planerad markanvändning. I Tabell 3-1 redovisas markanvändningskategorierna, avrinningskoefficienter, area och reducerad area för både befintlig och planerad markanvändning.

För att möjliggöra infiltration av dagvatten och lokalomhändertagande av dagvatten på kvartersmark bör max 80 % av ytan som avses planläggas som kvartersmark att hårdgöras (inklusive byggnader). Den nyplanerade huvudgatan på allmän platsmark planeras bli cirka 470 m lång och ha en 3 m bred grönremsa lämplig för trädrad eller annan plantering. Resterande del av kvartersmark kommer att hårdgöras. Övriga ytor inom utredningsområdet bör förbli genomsläppliga för regnvatten.

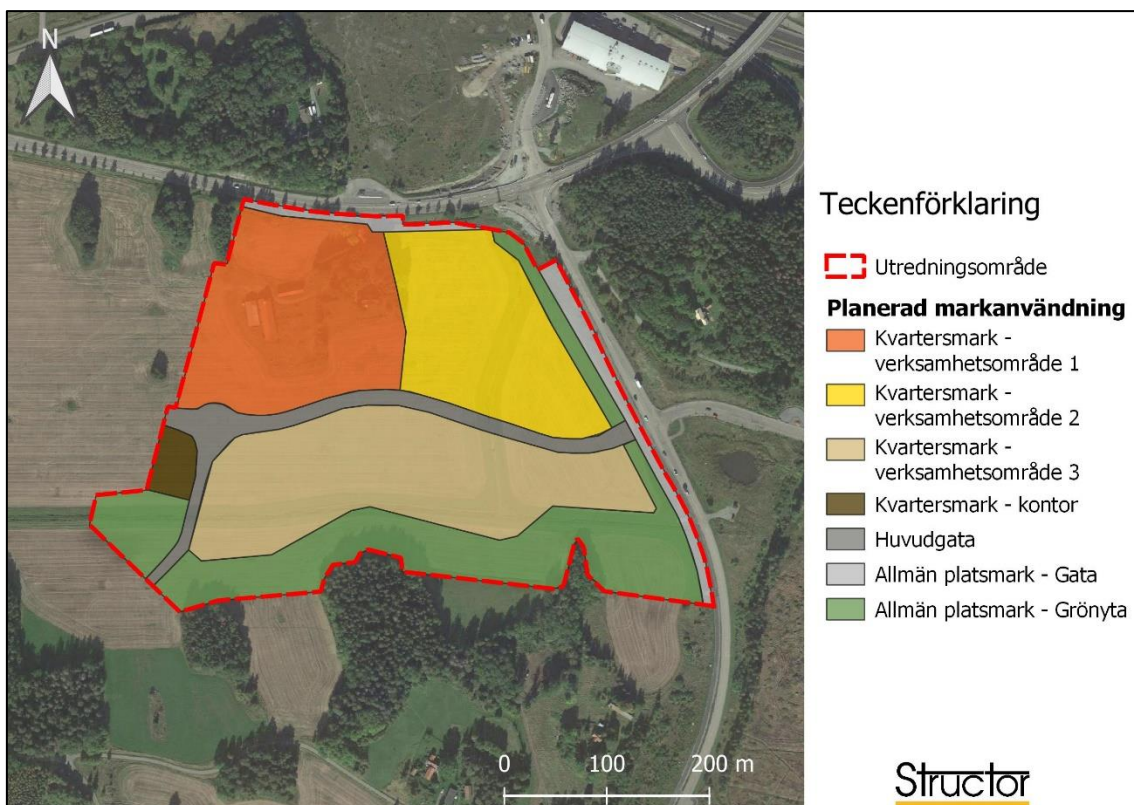
Tabell 3-1. Markanvändningskategori, avrinningskoefficienter, area och reducerad area för befintlig och planerad markanvändning.

	Markanvändning	Φ_i	Area		Reducerad area *	
			[ha]	%-total	[ha]	%-total
Befintlig markanvändning	Gräsdike	0,1	0,56	3	0,06	3
	Gård	0,2	1,46	9	0,29	17
	Skogsområde	0,1	0,12	1	0,01	1
	Åkermark	0,1	13,8	87	1,38	79
Totalt befintlig			15,94		1,74	
Planerad markanvändning	Gata	0,8	1,67	30	1,33	78
	Naturmark	0,1	3,82	70	0,38	22
	Allmän platsmark	0,4	5,49		1,71	
	Verksamhet 1	0,7	3,38	32	2,36	32
	Verksamhet 2	0,7	2,76	26	1,93	26
	Verksamhet 3	0,7	4,06	39	2,84	39
	Verksamhet kontor	0,8	0,25	3	0,2	3
Kvartersmark	0,7	10,45		7,33		
Totalt planerad			15,94		9,04	

*Red.area = Area × Φ_i . Avrundningsfel kan förekomma.



Figur 3-1. Befintlig markanvändning inom utredningsområdet.



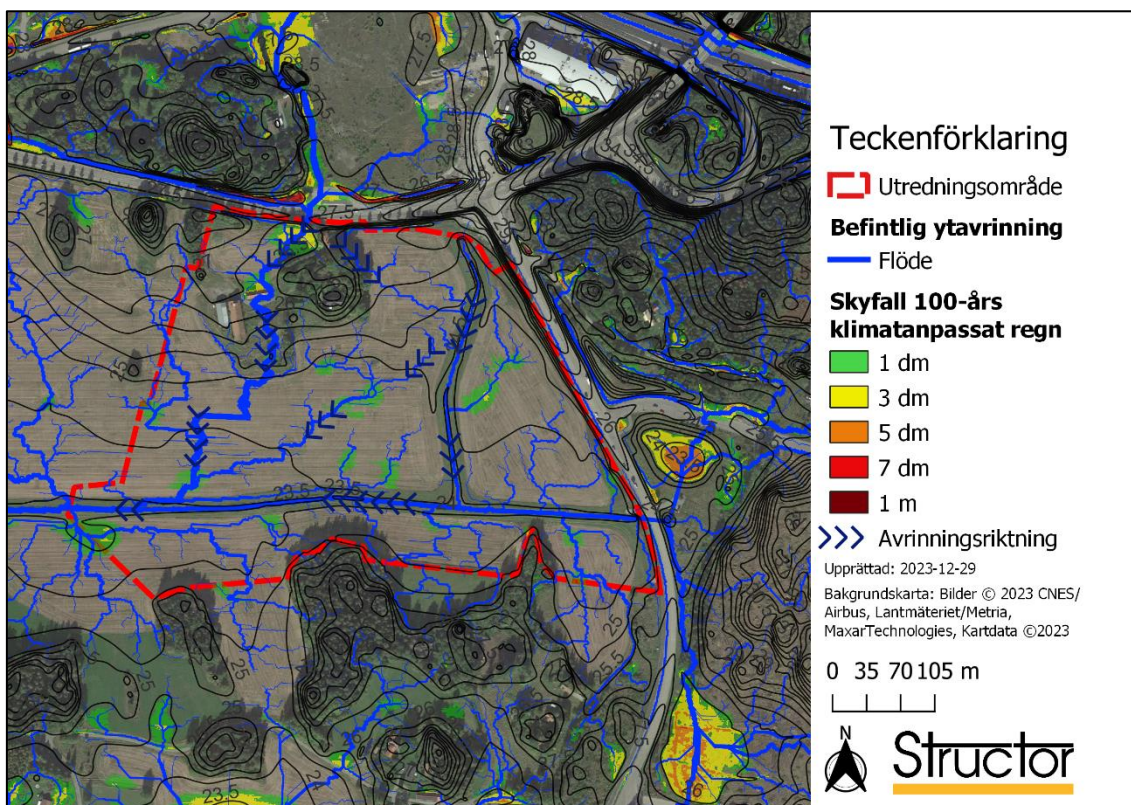
Figur 3-2. Planerad markanvändning inom utredningsområdet.

3.2. Befintlig avrinning och översvämningsrisk

I Figur 3-3 redovisas hur ytavrinningen sker inom utredningsområdet 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 mot söder från +27 i utredningsområdets norra delar till +23,5 vid diket, som är beläget 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 utredningsområdet från norr fortsätter söderut genom utredningsområdet antingen via diket eller över landskapet tills det östvästliga diket skapar en rinnväg västerut. Ytan söder om det östvästliga diket lutar lätt norrut.

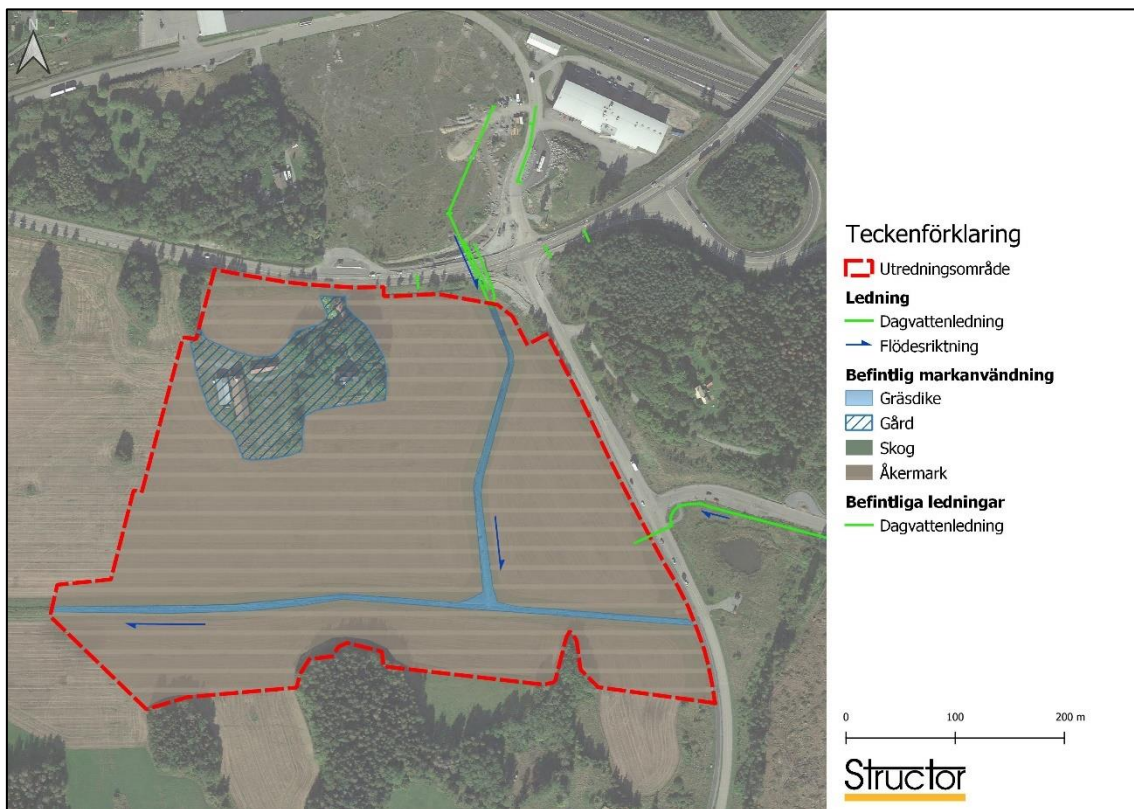
Enligt figuren så finns det ett område norr om utredningsområdet där vatten kan ansamlas, troligen är den ansamlingen något överdriven eftersom det finns en kulvert under vägen till diket inom utredningsområdet. Inom utredningsområdet finns det ingen yta där det kommer uppstå betydande ansamlingar av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



Figur 3-3. Topografi, flödesvägar och lågpunkter.

3.3. Befintlig dagvattenhantering

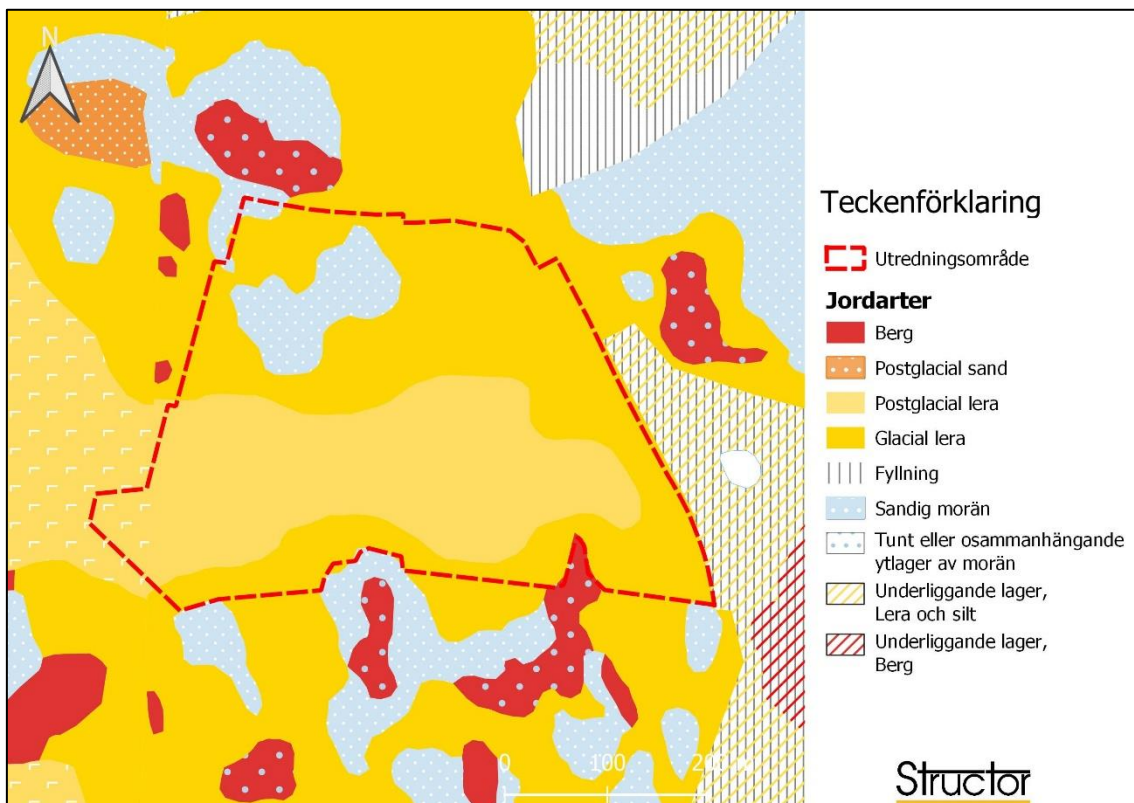
I Figur 3-4 redovisas det befintliga ledningssystemet inklusive befintliga dagvattenledningar som ansluter till det befintliga diket från området norr om utredningsområdet. Det nordsydliga diket inom utredningsområdet leder idag dagvattnet från dagvattenledningarna som avvattnar området norr om utredningsområdet. Längs den östra kanten av utredningsområdet går idag vattenledningar, spillvattenledningar och en fjärrvärmekabel, vilket kan behöva beaktas i samband med förflyttningen av det nordsydliga diket. I den östra delen av utredningsområdet kommer enligt uppgifter från kommunen en dagvattenledning som avvattnar området öster om utredningsområdet.



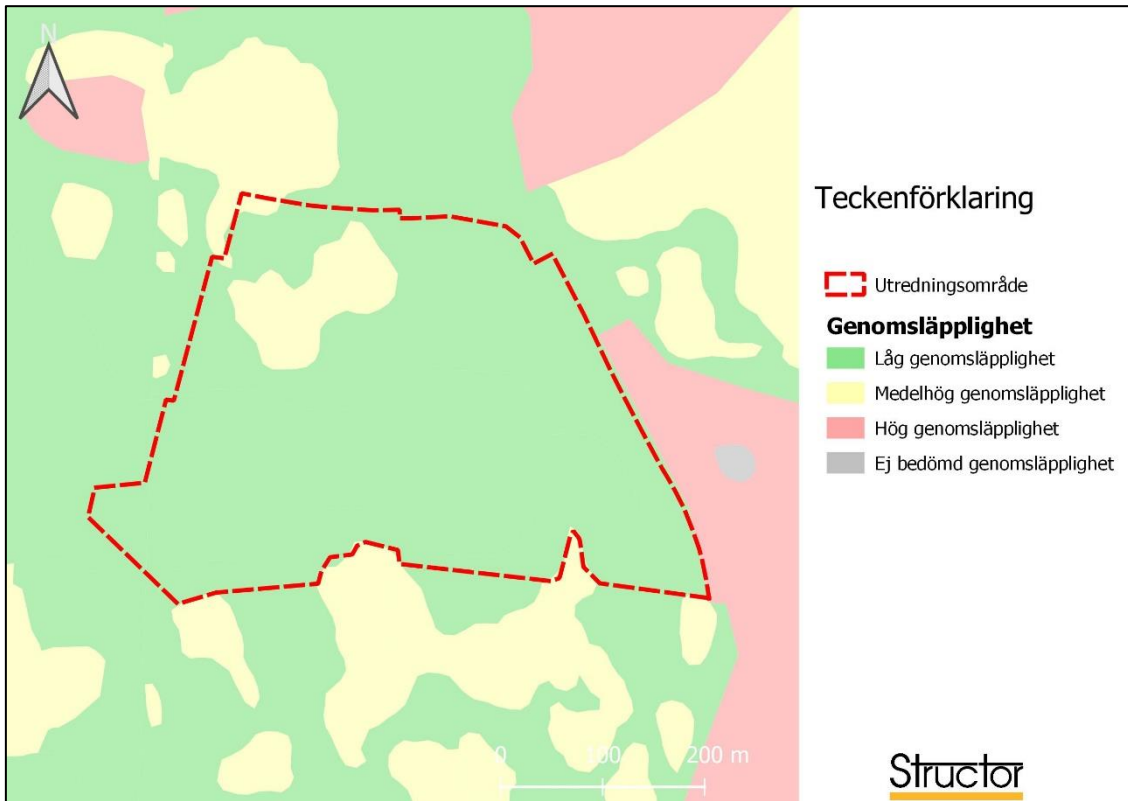
Figur 3-4. Befintliga dagvattenledningar och flödesriktning i diken.

3.4. Markförutsättningar

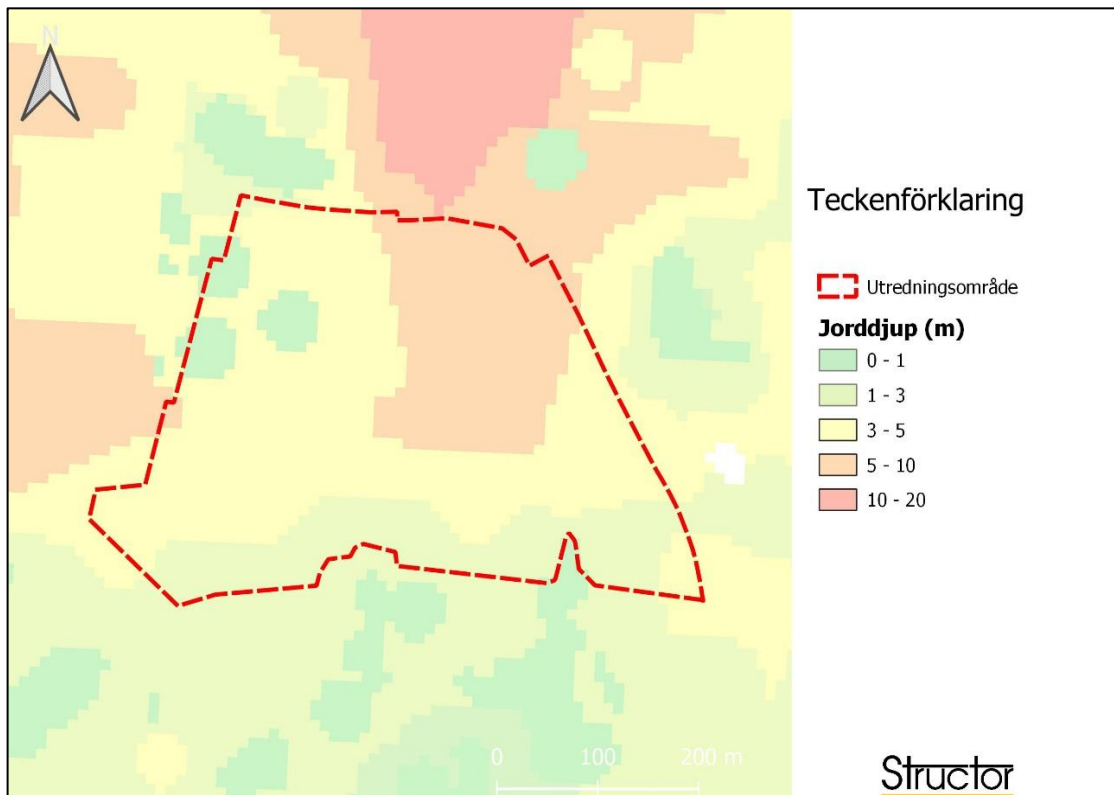
Enligt SGU:s jordartskarta, se Figur 3-6, består den norra delen av utredningsområdet främst av glacial lera med ett mindre område av morän. Den södra delen av utredningsområdet består i princip enbart av postglacial lera. Detta medför att infiltrationsmöjligheterna inom utredningsområdet generellt bedöms som låg, förutom på området med morän, där genomsläppligheten bedöms vara medelhög (Figur 3-7). SGU:s jorrdjupskarta (Figur 3-8) indikerar djup till berg på 3-5 m i östra delen av utredningsområdet och 20 m i mitten av utredningsområdet.



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



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.



Figur 3-7. Jord- och lerlagrens mäktighet till berg (hämtad 2023).

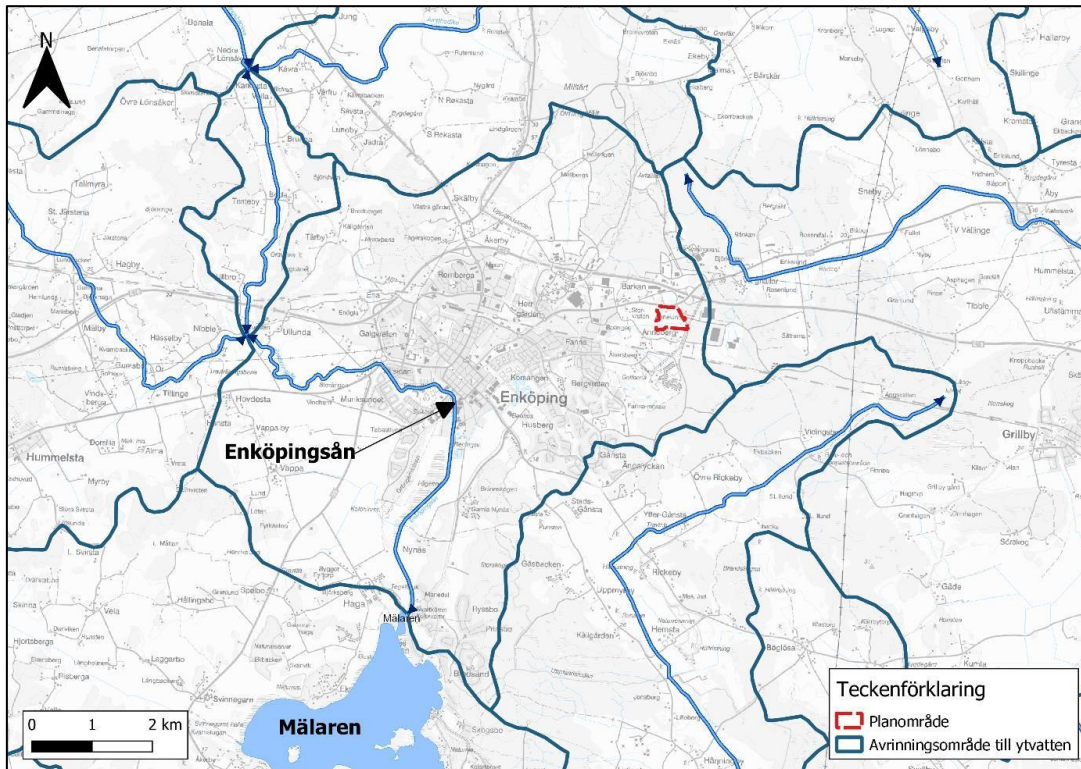
3.5. Recipient

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), benso(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 3-8. 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	

3.5.1. Enköping kommuns dagvattenutredning

Utredningsområdet är placerat inom exploateringsområdet E05 Annelund (som är klart större än själva utredningsområdet) inom Enköpings tätort och i *Dagvattenutredning för Enköpings tätort* (2018) föreslås följande åtgärder för E05 Annelund:

Mark i lågpunkten avsätts för omhändertagande av dagvattnet, ca 4100 m³ och funktionen på befintligt dikessystem måste säkerställas efter exploatering.

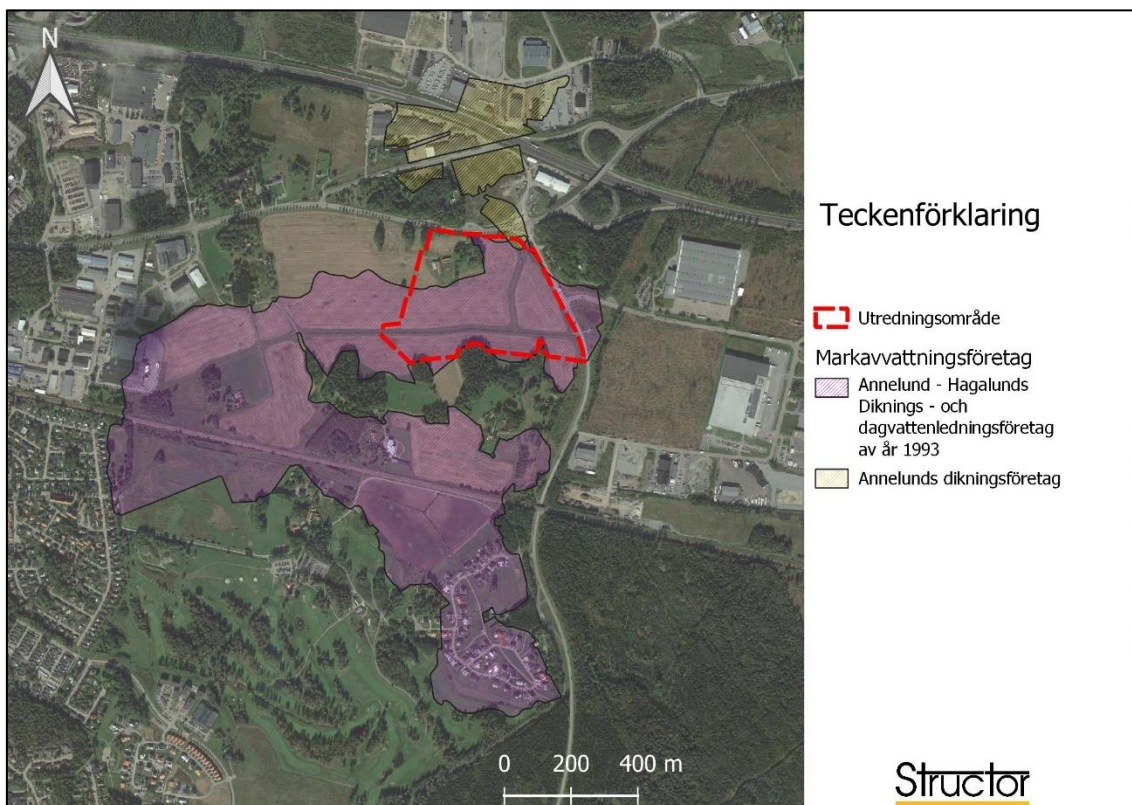
Exploateringsområdet är 80 hektar och kan bebyggas med olika typer av bebyggelse och en del icke- störande verksamheter (se figur 1.2 samt planritning 100W-E05-01-1 i bilagorna till Enköpings kommuns dagvattenutredning 2018). Dagvatten från

intilliggande områden leds i dikessystem genom området. Denna ledande funktion måste säkerhetsställas så att det även fungerar efter exploatering eftersom dikessystemet i fråga fungerar både som rening och fördröjning av dagvatten. Detta kan åstadkommas genom att anlägga dämmen, dammar eller våtmarksområden. Inom området förordas att det avsätts mark i lågpunkten för cirka 4100 m³ dagvatten (baserat på vilken volym som uppstår vid ett 10-årsregn med 10 minuters varaktighet). Dagvattnet leds 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.

3.6. Markavvattningsföretag och vattendomar

Utredningsområdet ligger inom Annelunds – Hagalunds Diknings och Dagvattenavledningsföretag av år 1993 (MAVF). Direkt uppströms utredningsområdet finns Annelunds dikningsföretag. MAVF:s vattenanläggningar avvattnar utredningsområdet och området norr om utredningsområdet, se Figur 3-9.

Avvattningen sker från utredningsområdet via diken som sedan når ett rörledningssystem under Enköpings tätort och därefter ut i Korsängsdiket som mynnar i Enköpingsån. Korsängsdiket ingår i ett markavvattningsföretag från år 1911). De diken och rörledningar som ingår i markavvattningsföretagen är tillståndsgivna vattenanläggningar som exploateringen måste hantera juridiskt.



Figur 3-9. Utredningsområdet och MAVF.

En åtgärd som är aktuell inom utredningsområdet är omgrävning av vattendrag. Omgrävning av vattendrag klassas som vattenverksamhet vilket generellt är tillståndspliktigt, enligt 11 kap MB¹ om det inte är uppenbart att vare sig enskilda eller allmänna intressen skadas. Enligt 19 § punkt 7 FVV² är omgrävning av vattendrag en vattenverksamhet som kan anmälas. Enligt punkt 13 i samma paragraf kan en ändring av en tillståndsprövad vattenverksamhet anmälas, om ändringen är en anmälningspliktig verksamhet enligt någon av de övriga punkterna i listan i 19 § FVV. Med utgångspunkt från att bestämmelsen i punkt 7 även är tillämplig på diken kan punkt 13 tolkas som att det skulle kunna vara möjligt att hantera omgrävning av ett vattendrag/dike som ingår i en markavvattningssamfällighet som en anmälan om vattenverksamhet. En förutsättning för att hantera en omgrävning av ett vattendrag/dike som en anmälan är att åtgärden inte är att hänföra till markavvattning (se 19 § punkt 7 FVV). Naturvårdsverket har i sin tillsynsvägledning³ gjort bedömningen att formuleringen ”att hänföra till markavvattning” inte bara omfattar när en åtgärd medför ökad markavvattning.

Enligt Naturvårdsverket räcker det med att omgrävningen berör ett markavvattningsdike för att den ska hänföras till markavvattning. Därför anses omgrävning av tillståndsprövade markavvattningsdiken inte vara möjligt att genomföra utan omprövning, enligt denna tolkning. För mycket begränsade ändringar, där en mindre del av ett dike kan behöva flyttas några meter, får gränserna för vad som kan anses acceptabelt att anmäla testas genom framtida rättspraxis. Det är upp till tillsynsmyndigheten att, med utgångspunkt från både allmänna och enskilda intressen, göra en bedömning av om det är möjligt att hantera en omgrävning av ett markavvattningsdike som en anmälan i varje enskilt fall. När en detaljplan påverkar ett markavvattningsföretag ska detta belysas på ett tidigt stadium i planprocessen. Kommunen ska ha kunskap om ifall mottagande diken har tillräcklig kapacitet och utreda vilka möjligheter det finns att utjämna flöden med exempelvis fördröjningsdammar. Befintlig kapacitet i ett markavvattningsföretags vattenanläggningar beskrivs i markavvattningsföretagets handlingar. Markavvattningsföretaget ska ges möjlighet att yttra sig och det ska beskrivas i samrådshandlingarna att markavvattningsföretaget påverkas och hur detta ska hanteras, till exempel om det krävs att företaget omprövas eller upphävs. I det fall ett markavvattningsföretag inte har någon styrelse, ska de fastigheter som är formella deltagare i markavvattningsföretaget och de som blir berörda av en eventuell omprövning ges möjlighet att yttra sig. Om delar av dikessystemet/rörledningar kommer att vara beläget inom utredningsområdet kan det också vara lämpligt att kommunen lägger in planbestämmelser som säkerställer att framtida underhåll inte kommer att försvåras.

I det aktuella fallet rekommenderas en utredning för att undersöka MAVF:s kapacitet (för att verifiera att rätt utsläppskrav används), status och vilka de berörda fastigheterna är. Därefter rekommenderas en dialog med de berörda parterna för att komma fram till om en omprövning är den mest lämpliga hanteringen eller om annan juridisk hantering är att föredra med tanke på de allmänna och enskilda intressena i området. Utredningen

¹ Miljöbalken (1998:808)

² Förordningen (1998:1388) om vattenverksamheter

³ Handbok för tillämpningen av bestämmelserna i 11 kapitlet i miljöbalken

bör också svara på om det är skäligt att exploateringen deltar i ett framtida underhåll av nedströms vattenanläggningar.

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 klimatfaktor 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 klimatfaktor).

		Dagvattenflöde			
		Exkl. klimatfaktor		Inkl. klimatfaktor	
		(L/s)	%-ökning	(L/s)	%-ökning
Befintlig	10-årsregn	364		454	25
	100-årsregn	778		973	
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 1881 m³.

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

Markanvändning	Reducerad area * [ha]	V ₁₀ -årsregn [m ³]
Gata	1,23	277
Naturmark	0,38	79
Allmän platsmark	1,71	356
Verksamhet 1	2,36	491
Verksamhet 2	1,93	401
Verksamhet 3	2,84	590
Verksamhet kontor	0,2	42
Kvartermark	7,33	1524
Totalt	9,04	1881

4.2.1. Erforderlig fördröjningsvolym bakgrundsflöde

Till utredningsområdet sker ett inflöde norrifrån och österifrån via ledningar och dikessystem. Detta inflöde önskar Enköping kommun att fördröja för att minska belastningen på dagvattensystemet nedströms planområdet. Den fördröjande volymen som är beräknad utifrån att aktuellt utredningsområde utgör en femtedel av det totala exploateringsområdet E05 Annelund. Till följd av detta bör planområdet fördröja en femtedel av den totala beräknade fördröjningsvolymen för exploateringsområdet E05 Annelund.

Enligt PM (Väg- & VA-Ingenjörerna, 2022) så är exploateringsområde E05 Annelunds totala fördröjningsvolym 7 840 m³, vilket med medför att utredningsområdets erforderliga fördröjningsvolym för bakgrundsflöde blir 1568 m³.

Tabell 4-4. Erforderlig fördröjningsvolym för bakgrundsflödet.

Bakgrundsflöde	V ₂₀ -årsregn [m ³]
	1 568

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 1881 m³ inom utredningsområdet, men utredningsområdets dagvattenhantering ska också hantera dagvattnet från områden uppströms till en uppskattad volym av 1568 m³.

5.1. Systemlösning

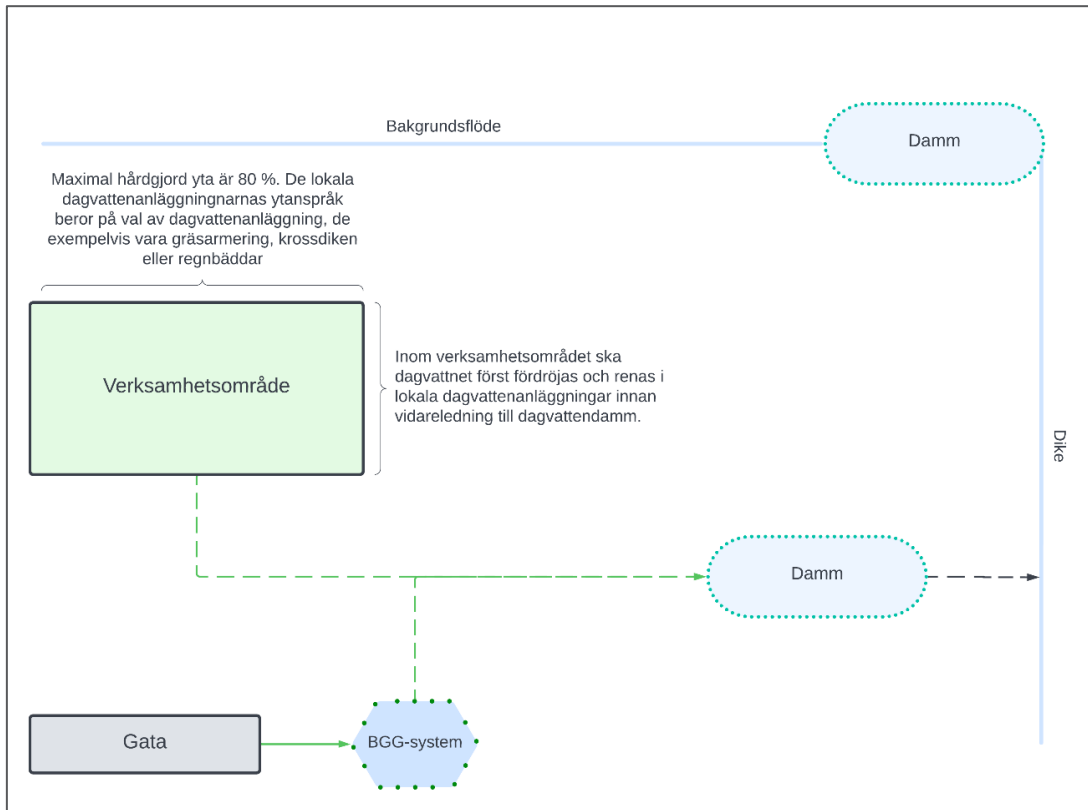
I syfte att fördröja dagvattenflödet ner till ett dagvattenflöde som efterliknar dagvattenflödet från naturmark (enligt Enköpings kommuns riktlinjer) vid ett dimensionerande 10-årsregn, krävs en erforderlig fördröjningsvolym på 1881 m³, för hela utredningsområdet. Dagvattensystemet syftar till att uppnå en fördröjning som fördröjer dagvattenflöden och säkerställer att allt dagvatten renas så att föroreningsbelastningen i recipienten inte äventyrar möjligheterna att uppnå dess miljö kvalitetsnormer. Förslagen dagvattenhantering innebär att dagvattnet renas i två steg innan utflöde till recipient.

I Figur 5-1 beskrivs principen för utredningsområdets dagvattenhantering i syfte att fördröja och rena den erforderliga fördröjningsvolymen på 1881 m³ i två steg. Dagvattenhanteringen som förslås är en kombination av lokala dagvattenåtgärder som efterföljs av en dagvattendamm inom utredningsområdet, se Figur 5-2.

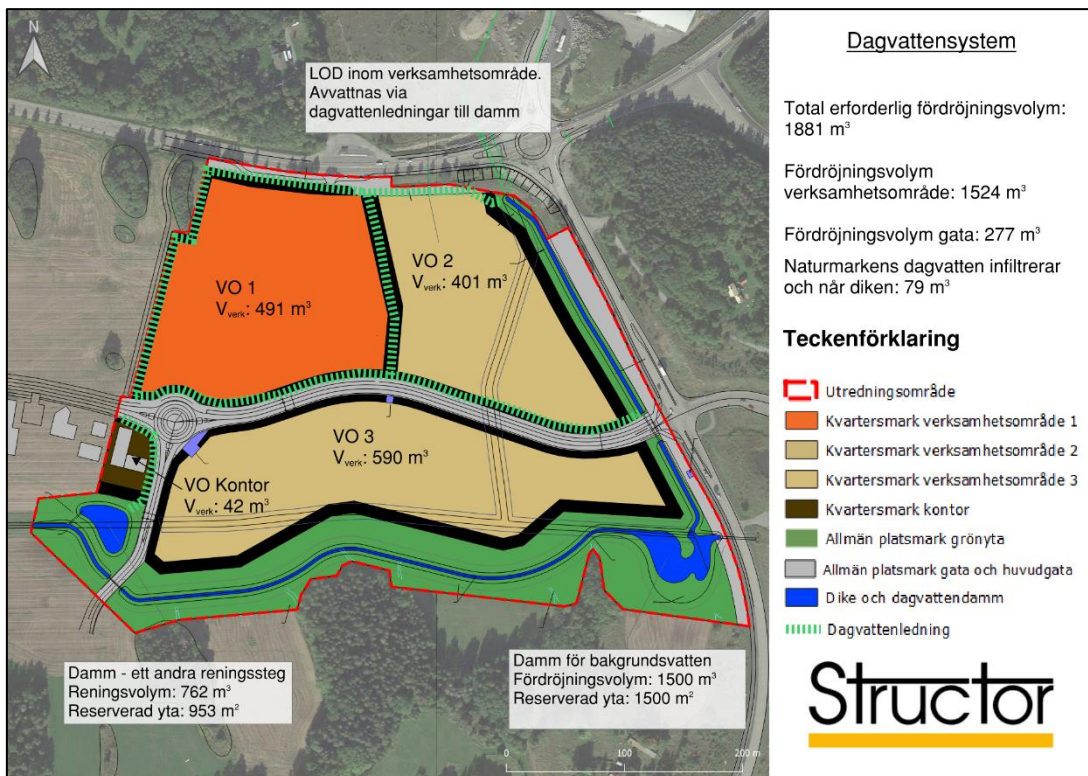
Inom respektive markanvändningskategori i Tabell 4-2, som utgör ett enskilt delavrinningsområde med en egen påkoppling på dagvattennätet, fördröjs angiven fördröjningsvolym med lokala dagvattenanläggningar, exempelvis regnbäddar, krossdiken och gräsarmering. Dessa dagvattenanläggningar beskrivs mer utförligt i avsnitt 5.2.1. och avsnitt 5.2.2 och utgör det första renings- och fördröjningssteget.

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

Efter de första lokala dagvattenanläggningarna på kvartersmark och på allmän platsmark så leds dagvattnet vidare till en dagvattendamm för ytterligare rening. Dimensioneringen av dammarna beror på utredningsområdets utflöde av dagvatten och inflöde från områden uppströms. I föreliggande dagvattenutredning dimensioneras dammen för att omhänderta cirka 50 % av erforderlig fördröjningsvolym inom kvartersmark. Detta för att simulera utflödet från de lokala dagvattenanläggningarna som behöver renas en gång till.



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



Figur 5-2. Föreslaget dagvattensystem inom 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. Dagvattenlösningar bör förses med bräddavlopp som kopplas på kommunens dagvattennät eller annan utloppspunkt som exempelvis ett dike.

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.

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. Det skulle minska behovet av andra 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 för 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. Allmän platsmark – dimensionering av damm

För att dagvattnet ska rena 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 50 % fördröjningsvolymen från kvartersmarken. I Tabell 5-2 redovisas ett exempel av en dammdimensionering för att rena det förmodade utflödet från kvartersmarken inom utredningsområdet. Dammen bör anläggas med en oljeavskiljande funktion.

Dammens som ska rena och fördröja bakgrundsflöden från områden uppströms utredningsområdet behöver ha en erforderlig fördröjningsvolym på 1568 m³.

Tabell 5-2. Dimensionering av en damm inom utredningsområdet.

Dammdimensionering		Enhet
Reducerad area, A_{red}	9,04	ha
Reningsvolym, V_r	762	m^3
Uppskattad höjd på reningsvolym	0,8	m
Ytanspråk reningsvolym, A_r	953	m^2
Totalt ytanspråk med översvämningsyta och underhåll	2 500	m^2

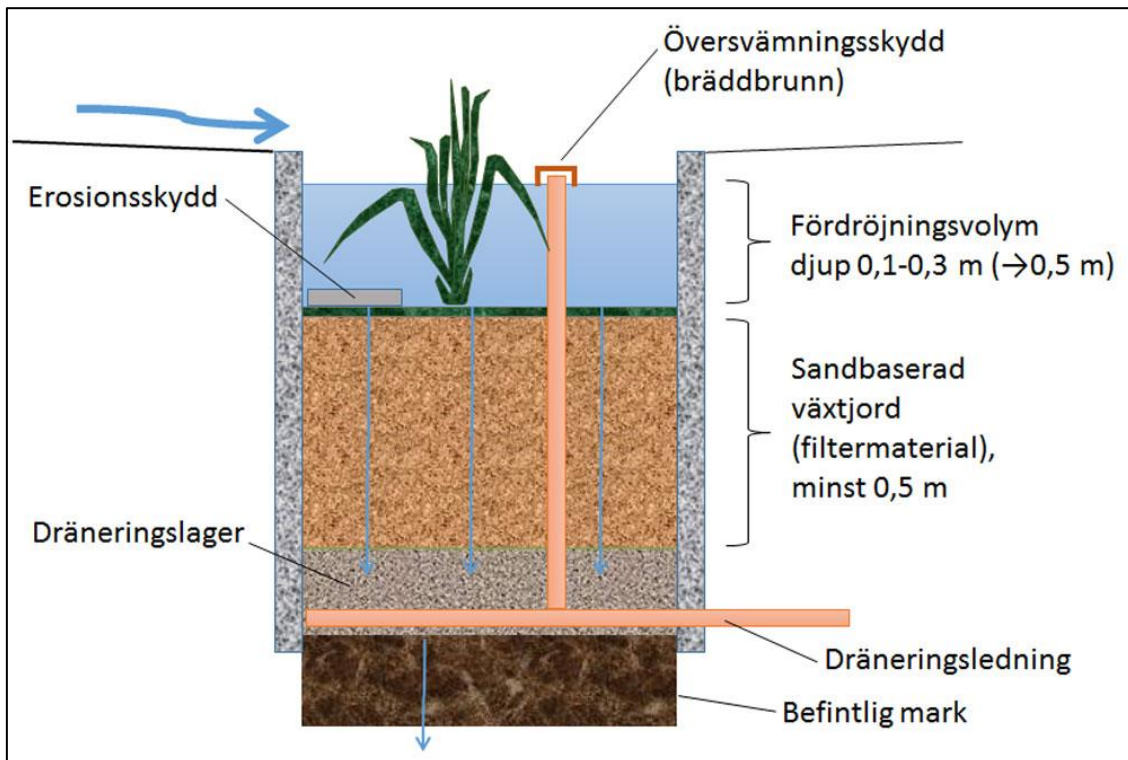
5.4. Principlösningar kvartersmark

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 dagvattenssynpunkt 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

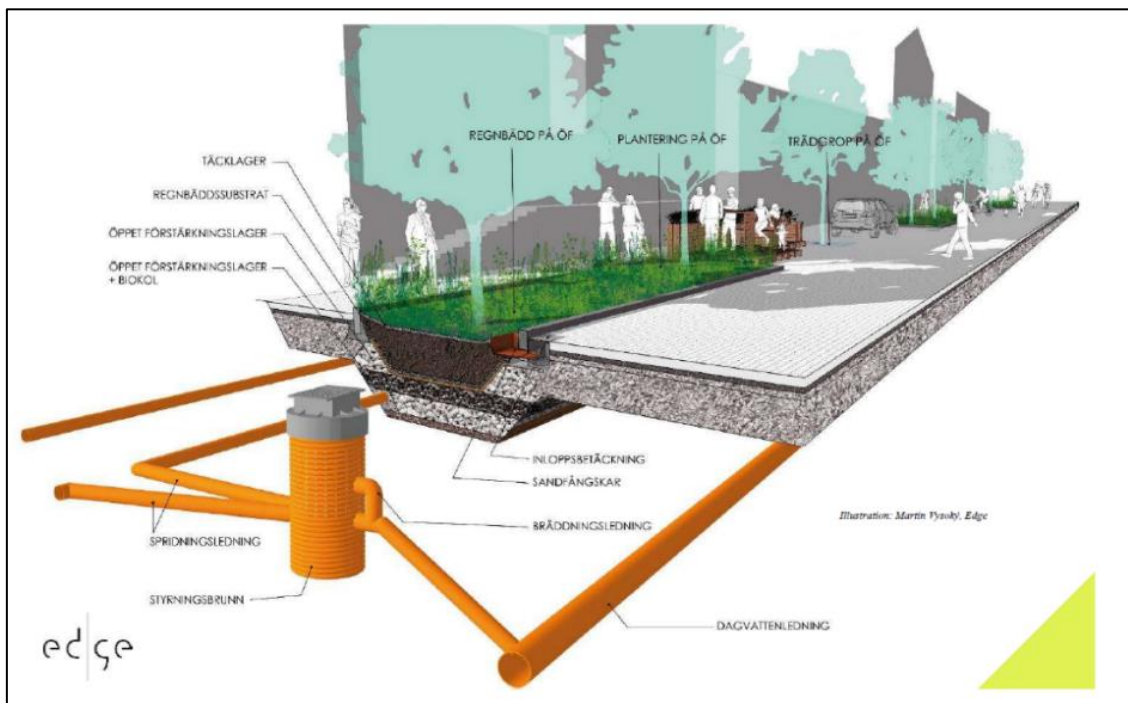
5.5.1. BGG-system

Inom den allmänna platsmarken (huvudgatan) krävs 167 m³ fördröjning för att uppnå Enköping 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.

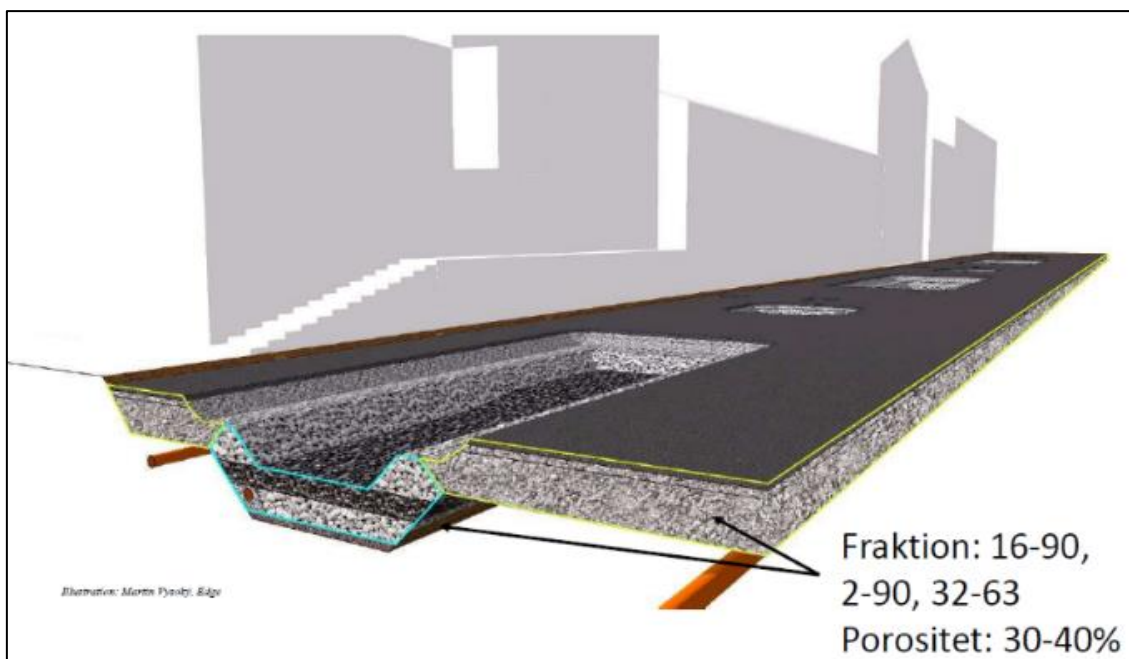
Längs kanterna av vägen placeras regnbäddarna som renar och fördröjer dagvattnet. Träd- och växtrader i gaturummet bidrar med dagvattenhantering, skugga och ett bättre lokalklimat. Dessa utnyttjas även som översvämningssytor dit dagvatten kan ledas vid kraftiga regn. Brunnar med sidointag kan användas 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 ledningsuppbyggnad 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 luftrum 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.



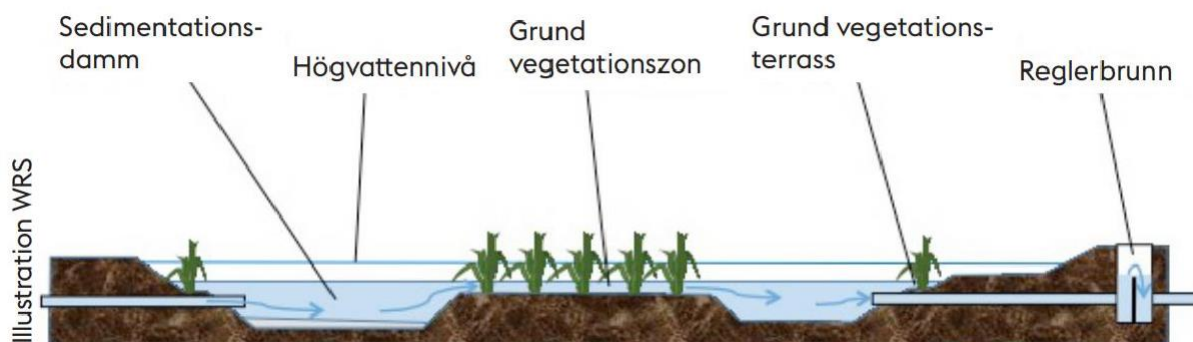
Figur 5-7. Skiss av en grunduppbyggnad av ett öppet förstärkningslager (ÖF) (Edge, 2019).

BGG-systemen kan tillsättas med biokol, vilket effektiviserar föroreningsreduktionen, främjar mikrobiell tillväxt, som i sin tur gynnar växtligheten. Samtidigt bidrar biokolet till ett positiv 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 dämmet 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/förbildning. 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 rekreativ värden 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 anläggningskedet. Exempelvis kan takytor, där det är möjligt, anläggas i material som inte avger metaller eller andra föroreningar till dagvattnet.

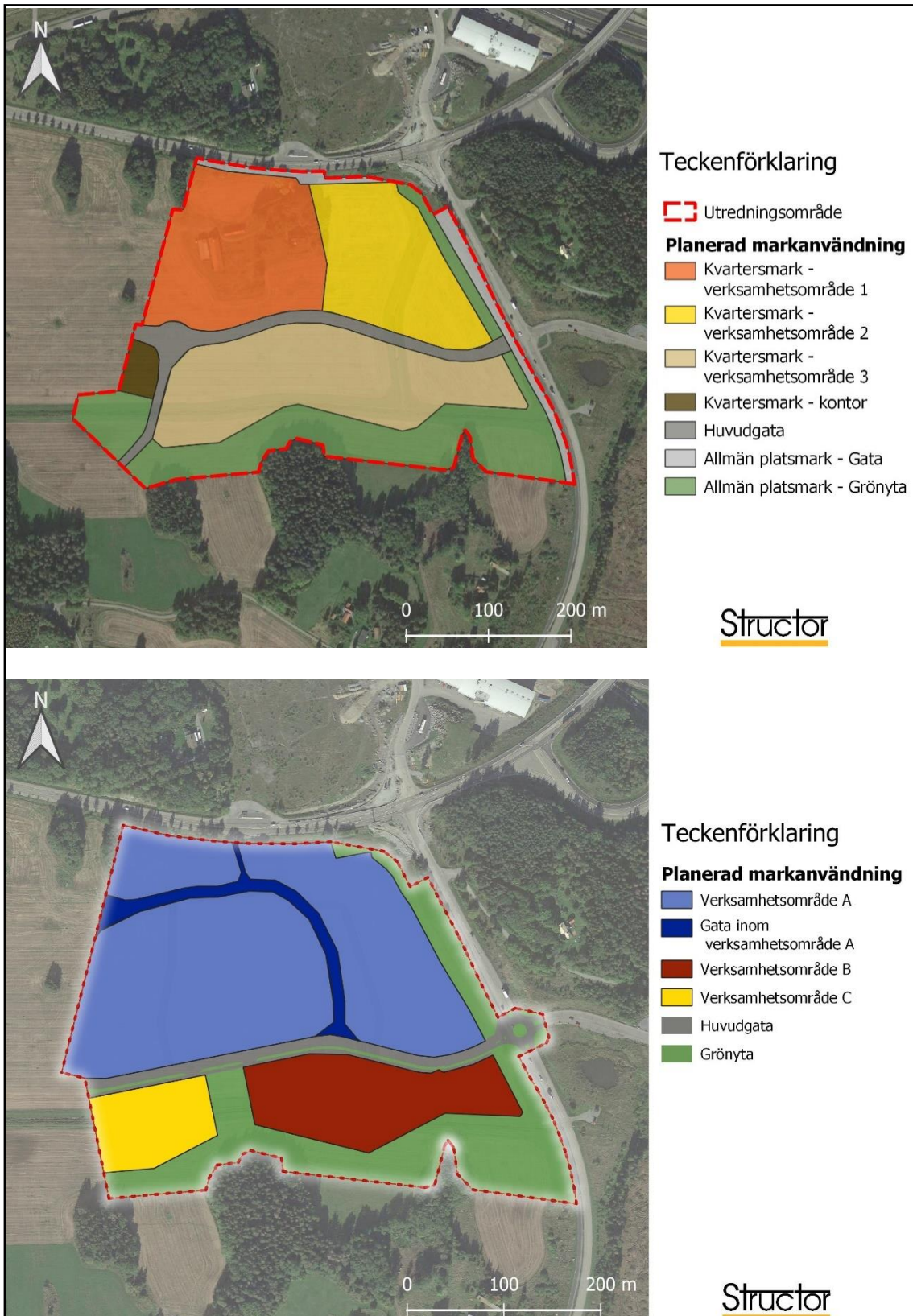
6. FÖRORENINGAR

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)

Beräkningarna är gjorda utifrån tidigare framtagen situationsplan daterad 2022-11-09 och de små förändringar som skett till situationsplan daterad 2023-12-19 bedöms försumbara i relation till övriga osäkerheter i föroreningsberäkningarna. För jämförelse mellan situationsplanerna, se Figur 6-1.



Figur 6-1. Planerad markanvändning utifrån situationsplan 2023-12-19 (över) och planerad markanvändning utifrån situationsplan 2022-11-09 (under) som legat till grund för föroreningsberäkningarna.

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 11 av 17 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 miljökvalitetsnormer.

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 ämnehalt 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 bedöms med en hög sannolikhet innebära 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 beräkningsverktyget 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.

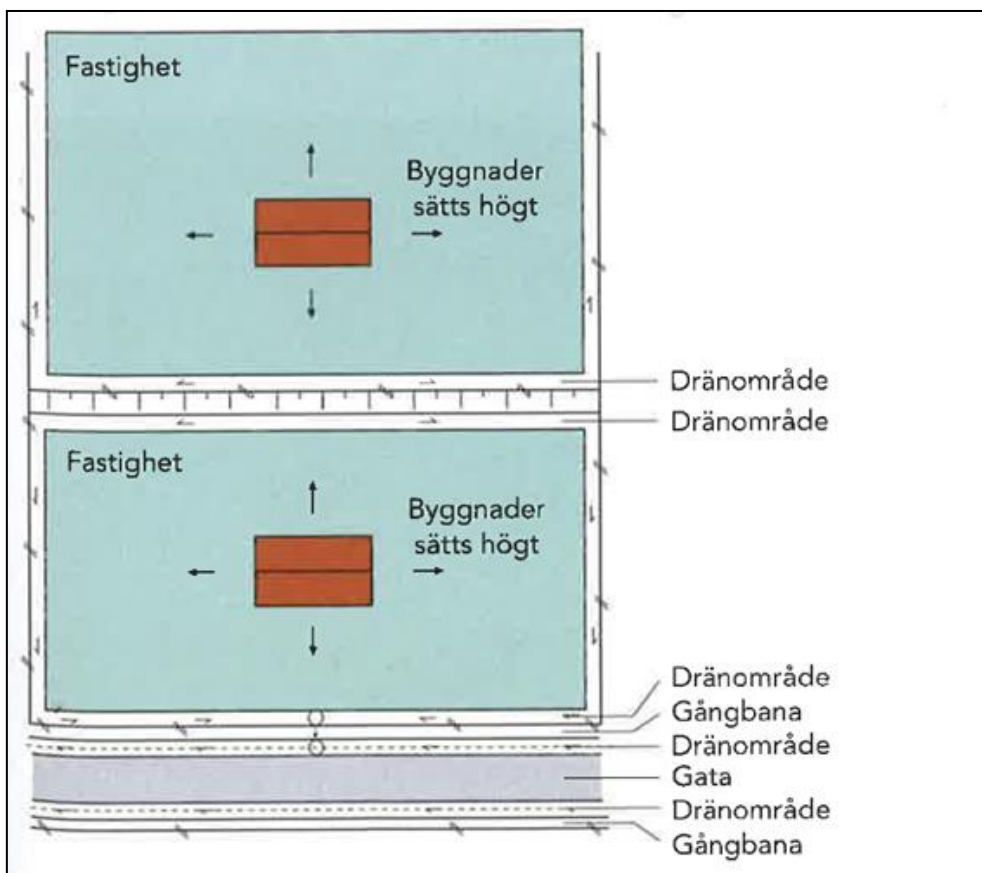
Att notera är även att risken för försämrade kemisk samt ekologisk status i ytvattenrecipienter på grund av en ökad ämnesbelastning ska utvärderas efter respektive ämnes kumulativa effekt i ytvattenrecipienten (Naturvårdsverket, 2017).

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. Med en sådan dagvattenlösning bedöms inte exploateringen äventyra recipientens möjligheter till att uppnå dess miljö kvalitetsnormer.

7. SKYFALLSHANTERING

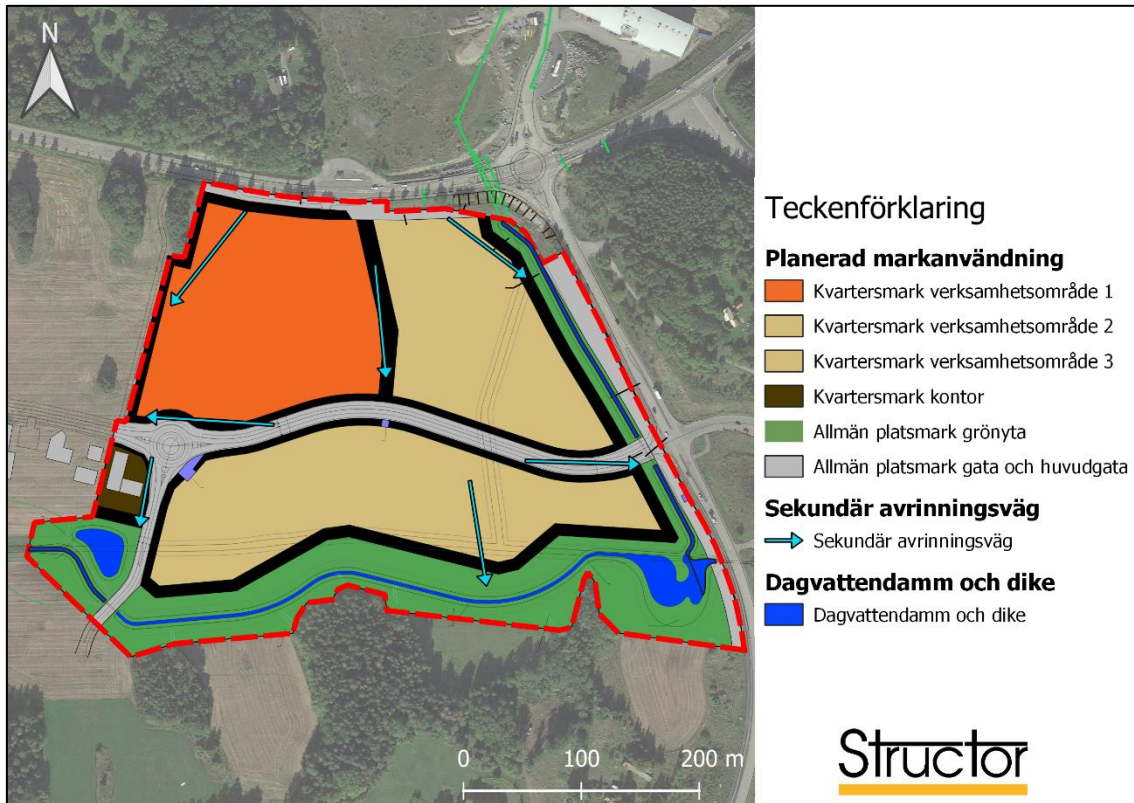
Dagvattenlösningarna kommer att bidra till en ökad fördröjning av dagvattenflödena och ett mindre momentant flöde från utredningsområdet, vilket kommer att bidra till en minskad översvänningsrisk för utredningsområdet efter exploateringen. Vid extrema regn, så som ett 100-årsregn, uppstår dagvattenflöden 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 grönytorna.



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 1881 m³ förslås en kombination av lokala dagvattenåtgärder som efterföljs av en eller två dagvattendammar inom utredningsområdet.

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. Med en sådan dagvattenlösning bedöms inte exploateringen äventyra recipientens möjligheter till att uppnå dess miljö kvalitetsnormer.

Planerade åtgärder inom området innebär vattenverksamhet som måste hanteras juridiskt. Markavvattningsföretaget måste också avvecklas eller omprövas.

REFERENSER

Alm, H., Banach, A., Larm, T., 2010. Förekomst och rening av prioriterade ämnen, metaller samt vissa övriga ämnen i dagvatten. Svenskt Vatten Utveckling, rapport Nr 2010-06 *gator/Trädrader/Dagvattenhantering*

Dahström, Bengt, 2010. Regnintensitet – en molnfysikalisk betraktelse. Rapport Nr 2010-05. Svenskt Vatten Utveckling

Enköping kommun, 2012. Dagvattenutredning för Enköpings tätort

Havs- och vattenmyndigheten, 2016. *Följder av Weserdomen. Analys av rättsläget med sammanställning av domar*. Rapport 2016:30

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

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

Svenskt Vatten, 2011. P104 Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem. Svenskt Vatten, 2011. P105 Hållbar dag- och dränvattenhantering - råd vid planering och utförande. Sundin, E. 2012 *Dagvattenhantering*. Tidskriften

Landskap. Nr:3.s 17-19.

VISS, 2023. Vatteninformationssystem Sverige, <http://viss.lansstyrelsen.se/>

Väg- & VA-ingenjörerna, 2022. *PM Dagvattenhantering av bakgrundsvatten inom E05 Annelund*. 2022-11-09