

Uppsala kommun

Dagvattenutredning depå

Uppdragsnr: Martin Rosén Version: 2.1 Datum: 2023-02-24



Uppdragsgivare: Uppsala kommun
Uppdragsgivarens kontaktperson: Alva Herdevall
Konsult: Norconsult AB
Uppdragsledare: Martin Rosén
Granskare: Johannes Haeggblom
Handläggare: Carl Edström

Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt
2.1	2023-02-24	Slutlig handling	Carl Edström, Martin Rosén	Johannes Haeggblom	Martin Rosén
2.0	2023-02-16	Slutlig handling	Carl Edström, Martin Rosén	Johannes Haeggblom	Martin Rosén
SH	2022-12-23	Slutlig handling	Carl Edström, Martin Rosén	Johannes Haeggblom	Martin Rosén
GH	2022-11-04	Granskningshandling	Carl Edström, Martin Rosén	Johannes Haeggblom	Martin Rosén

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

Sammanfattning

På uppdrag av Uppsala kommun har Norconsult AB upprättat denna dagvattenutredning för detaljplan Uppsala spårvagnsdepå, som är ett parallellt projekt med Uppsala kommuns arbete med framtagandet av en detaljplan för ett nytt kollektivtrafikstråk. Detaljplanen för det nya kollektivtrafikstråket syftar till att möjliggöra spårväg alternativt snabbuss (BRT) från Uppsala centralstation till nytt stationsläge i Bergsbrunna, kallad Uppsala Södra.

För att erhålla en hållbar dagvattenhantering med liten risk för att påverka recipienter (både yt- och grundvatten) negativt har dagvattenåtgärder som uppfyller Uppsala vattens riktlinjer om fördröjning av 20 mm regn inom planområdet föreslagits. Då planområdet är beläget inom ett område med hög känslighet för påverkan på grundvattnet föreslås att området delas upp i två områden utifrån dess framtida markanvändning. Ytor som bedöms som mindre förorenade (ex. tak) föreslås genomgå ett reningssteg i filterbäddar innan det tillåts infiltrera till underliggande mark för perkolation till grundvattnet. Naturmark och grönytor behöver inte renas utan förväntas infiltrera direkt i underliggande mark. Ytor som bedöms som förorenade behöver genomgå rening för att sedan ledas bort från området med känslighet för påverkan av grundvatten. Detta förslag på lösning innefattar två reningssteg där detta är möjligt, i filterbäddar och sedan en damm, innan det leds bort från kvartermarken med ledningar. Det finns andra systemlösningar som uppfyller samma reningsnivå som beskrivs denna utredning, exempelvis den i (WSP, 2023).

Andra slutsatser och betydande punkter som fastställts i dagvattenutredningen redovisas nedan i punktform:

- Föreslagen dagvattenhantering är en lösning men det finns även andra sätt att omhänderta dagvatten. WSP har tagit fram ett förslag på en alternativ systemlösning med krossdike/makadammagasin och filterbrunnar. Båda föreslagna systemlösningar beräknas ge likvärdiga värden på beräknat föroreningsinnehåll i dagvattnet efter rening.
- Exakt placering av föreslagen dagvattendamm är i dagsläget oklart och bör bestämmas i ett senare skede.
- Med föreslagen dagvattenhantering bedöms inte den framtida exploateringen att riskera målet att uppnå MKN för ytvattenrecipienten Fyrisån. Men eftersom det inte bedöms vara möjligt att rena dagvattnet till den grad att föroreningsinnehållet når samma nivåer som för befintlig naturmark föreslås att ett helhetsgrepp tas gällande dagvattenhanteringen för den planerade exploateringen med och kring spårvägen. Detta är ett pågående arbete i den fördjupade översiktsplanen för de sydöstra stadsdelarna (föp SÖS).
- Eftersom området är beläget i yttre skyddszon för grundvatten och bedöms som ett område med hög känslighet, **Hd**, finns det särskilda krav på hur dagvatten ska hanteras. Bland annat ska byggnader förses med en släckvattenzon och endast dagvatten från tak och grönytor får infiltreras efter att ha renats i regnbädd. Vatten från asfaltsytor och andra förorenade ytor såsom spårömråden behöver ledas bort från skyddszonen
- Den totala volymen som behöver fördröjas, störst volym beräknas vid scenario 1-B med hårdgjorda tak och hårdgjord naturmark i mitten av planområdet, uppgår till 602 m³ i filterbäddar från tak och grönytor samt 808 m³ i en damm från spårömråde och asfaltsytor. Vid andra scenario med en lägre hårdgörningsgrad blir den beräknade fördröjningsvolymen inom området mindre.
- Dagvatten från spårömrådet tas i dräneringsledningar till den föreslagna dammen som omhändertar dagvatten från förorenade ytor. Dammen kan antingen anläggas inom depåområdet eller utanför området. Dagvattnet från dammen leds sedan bort från området till en lämplig punkt och utsläppspunkten bör förses med filtermaterial för att skydda den känsliga recipienten.

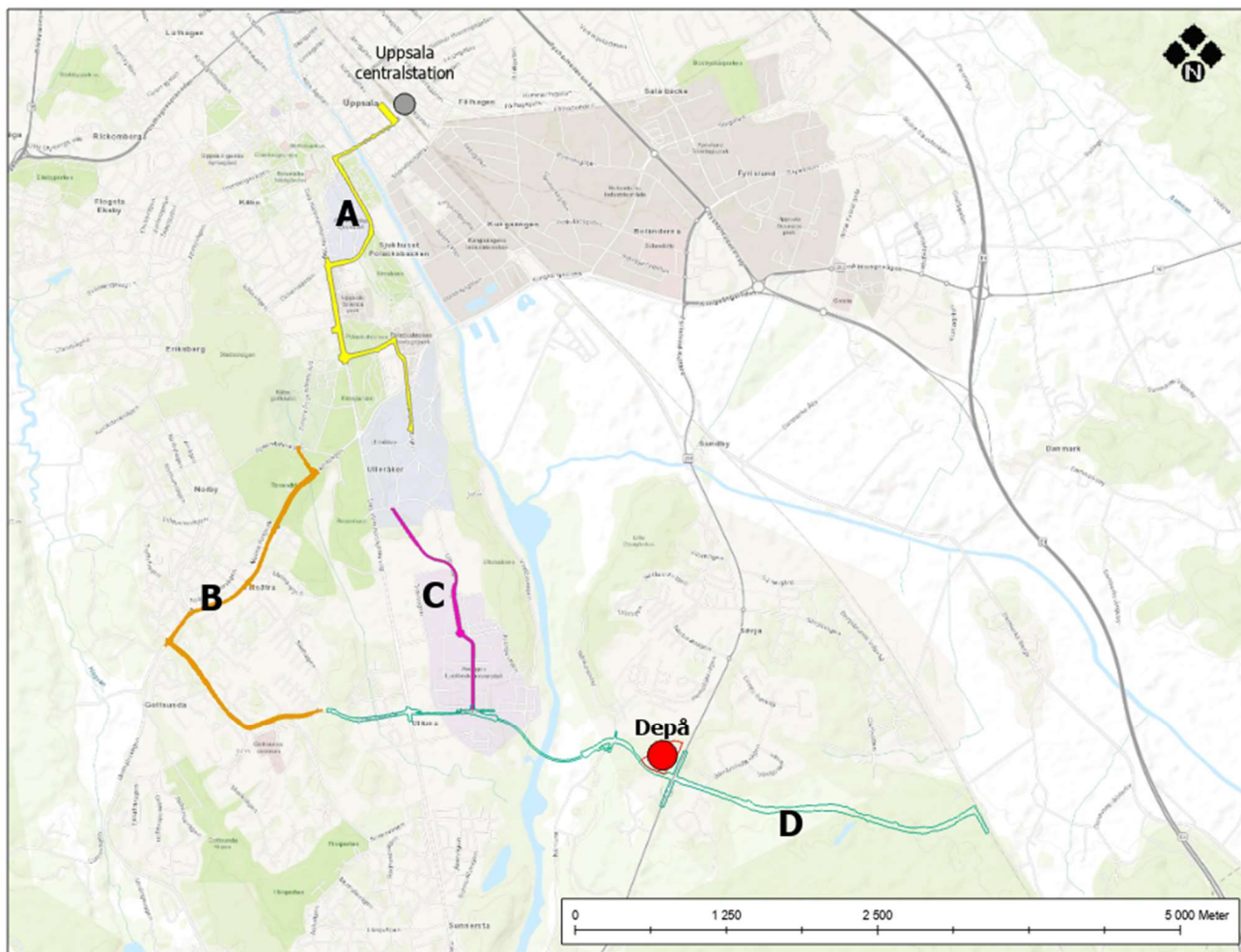
Gällande översvämningsrisk och skyfall är planområdet är flackt med en föreslagen nivå +33,0 [RH2000] på området förutom där befintlig naturmark behålls. En viss lutning föreslås för att leda bort skyfallsvattnet från området så att det till slut kan ledas åt nordväst mot Fyrisån. Förslaget för depån innehåller en upphöjd stödmur. Det är viktigt att det finns släpp i denna för att vatten ska kunna avrinna från området vid extrema regn. Om en slänt anläggs behöver stabiliteten för denna vid skyfall säkerställas.

Innehåll

Innehåll	4
1 Inledning	5
1.1 Syfte	5
1.2 Framtida exploatering/planförslag	6
1.3 Dagvattenhantering i Uppsala kommun	7
1.4 Tidigare utförda dagvattenutredningar	8
1.5 Dagvattenhantering spårväg	8
1.6 Avvattning järnväg/spårväg	8
2 Områdesbeskrivning	9
2.1 Recipient och statusklassning	10
2.2 Skyddsvärda intressen	13
2.3 Geoteknik	14
2.4 Markavvattnings-/sjösänkingsföretag	15
3 Beräkningsmetoder	16
3.1 Flödesberäkningar	16
3.2 Fördröjningsvolym	16
3.3 Föroreningsberäkningar	17
3.4 Dimensionering av damm utifrån rening	17
4 Resultat	19
4.1 Delområden	19
4.2 Markanvändning	20
4.3 Flöden	21
4.4 Omhändertagande av dagvatten	22
4.5 Föroreningar	22
5 Föreslagen dagvattenhantering	24
5.1 Föreslaget dagvattensystem	24
5.2 Principlösningar för dagvattenhantering	29
5.3 Föroreningar efter rening	35
6 Skyfallshantering	40
6.1 Höjdsättning	40
6.2 Instängda områden och hantering av skyfall	40
7 Slutsatser	43
7.1 Framtida utredningar	44
8 Referenser	45

1 Inledning

På uppdrag av Uppsala kommun har Norconsult AB upprättat denna dagvattenutredning för detaljplan Depå, kapacitetsstark kollektivtrafik som är ett parallellt projekt med Uppsala kommuns arbete med framtagandet av en detaljplan för ett nytt kollektivtrafikstråk. Detaljplanen för det nya kollektivtrafikstråket syftar till att möjliggöra spårväg alternativt snabbbuss (BRT) från Uppsala centralstation till nytt stationsläge i Bergsbrunna, kallad Uppsala Södra. Figur 1:1 visar kollektivtrafikstråkets sträckning för delsträcka A-D samt placering av spårvagnsdepån.



Figur 1:1. Översiktskarta med schematisk redovisning av kollektivtrafikstråkets sträckning för delsträcka A-D (Uppsala centralstation-Uppsala Södra) samt placering av spårvagnsdepån, samråd 2021-04-06.

1.1 Syfte

Syftet med dagvattenutredningen är att utreda förutsättningarna för en hållbar dagvattenhantering inom kvartersmarken samt se till att detaljplanen klarar miljö kvalitetsnormerna (MKN) för recipienten. Dagvattenhanteringen ska ske enligt Uppsala Vatten och Avfalls riktlinjer och ska vara resurseffektiv och klimatpositiv.

1.3 Dagvattenhantering i Uppsala kommun

1.3.1 Vattenprogram för Uppsala kommun

Uppsala kommuns vattenprogram syftar till att utveckla vattenarbetet och kommunens arbete med att skapa hållbara framtidslösningar för vatten i kretslopp, långsiktigt stärka kommunens arbete med att bevara och förvalta naturliga ekosystem i sjöar och vattendrag samt säkra tillgången till rent grundvatten. Vattenprogrammet har fyra övergripande målområden med förväntade effekter för utvärdering (Uppsala kommun, 2021). Målområdena är:

- **Målområde 1 – Levande sjöar och vattendrag**
Målområdet innebär att Uppsala kommun aktivt verkar för att vattenförekomster uppnår god ekologisk status och kemisk status enligt EU:s ramdirektiv för dagvatten.
 - **Mål 1A – Förbättrad vattenkvalitet: Uppnå god status i sjöar och vattendrag**
 - **Mål 1B – Ökad biologisk mångfald**
- **Målområde 2 – Rent grundvatten**
Målområdet innebär att Uppsala kommun aktivt verkar för att grundvattenförekomster uppnår god kemisk och kvantitativ status enligt EU:s ramdirektiv för vatten.
 - **Mål 2A – Uppnå god status i grundvatten**
- **Målområde 3 – Nederbörd som skördas**
Målområdet innebär att nederbörd är en resurs som ska skördas, samlas upp, och nyttjas för samhällsbyggnadens olika vattenfunktioner och behov.
 - **Mål 3A – Hushållning med vattenresurser**
- **Målområdet 4 – Dagvatten**
Målområdet innebär att renat dagvatten är en resurs som ska användas som en del av effektiv vattenanvändning och bidra till minskad förorening av yt- och grundvatten.
 - **Mål 4A – En hållbar dagvattenhantering**

1.3.2 Riktlinjer för utsläpp av dagvatten från fastighetsmark

Erforderlig fördröjningsvolym har beräknats enligt Uppsala vattens riktlinjer för utsläpp av dagvatten från fastighetsmark. Riktlinjerna ska tillämpas för fastigheter inom verksamhetsområdet för den allmänna dagvattenanläggningen och anger att dagvatten som uppkommer inom kvartermark ska kvarhållas och renas innan anslutning till den allmänna dagvattenanläggningen. Det finns två nivåer på krav och vilken nivå som ska tillämpas beror på avståndet från förbindelsepunkten via ledningssystemet. Då fastigheten inte bedöms ligga i direkt närhet till utloppet i recipienten, tillämpas kravnivån om fördröjning av 20 mm regn inom planområdet.

1.3.3 Dimensioneringsförutsättningar

Den framtida exploateringen bedöms motsvara tät bostadsbebyggelse vilket medför att det dimensionerande flödet ska beräknas för ett 20-årsregn enligt *Svenskt Vattens publikation P110* (Tabell 1:1).

Tabell 1:1. Utdrag från P110 s.40, minimikrav vid dimensioner av nya dagvattensystem (Svenskt Vatten, 2016)

Nya duplikatsystem	VA-huvudmannens ansvar		Kommunens ansvar
	Återkomsttid för regn vid fylld ledning	Återkomsttid för trycklinje i marknivå	Återkomsttid för marköversvämning med skador på byggnader
Gles bostadsbebyggelse	2	10	> 100 år
Tät bostadsbebyggelse	5	20	> 100 år
Centrum- och affärsområden	10	30	> 100 år

1.4 Tidigare utförda dagvattenutredningar

Inom projektet för spårvägen har följande utredningar för dagvatten som är relevanta för detta projekt utförts.

- Uppsala spårväg översiktlig vattenutredning (WSP, 2022)
- Kompletterande PM – föroreningsberäkningar detaljplanen kapacitetsstark kollektivtrafik delsträcka D (WSP, 2022)
- Systemlösning för dagvattenhantering inom spårvagnsdepån (WSP, 2023)

1.5 Dagvattenhantering spårväg

Systemlösningen för dagvattenhantering av spårväg, se (WSP, 2022) visar att dagvattnet ska samlas upp och renas för att sedan ledas till nytt eller befintligt dagvattensystem. För depån behöver en anslutningspunkt vid väg 255 anges av Uppsala vatten. Detta gäller även för BRT.

1.6 Avvattning järnväg/spårväg

TRVINFRA-00231 antas gälla även för spårväg i tillämpliga delar. För att undvika stabilitetsproblem på grund av stående vatten ska därmed järnvägsbank/spårvägsbank förses med dränering (Trafikverket, 2020).

2 Områdesbeskrivning

I följande avsnitt ges en beskrivning av aktuella recipienter, markförhållanden och eventuella skyddsvärda områden inom och i anslutning till planområdet.

I Figur 2:1 ses kvartersmarkens placering sydöst om Uppsala centrum. I dagsläget består området av kuperad naturmark med höjder som varierar mellan ca +26 och +37 meter och en generell lutning västerut. Öster om området går väg 255.

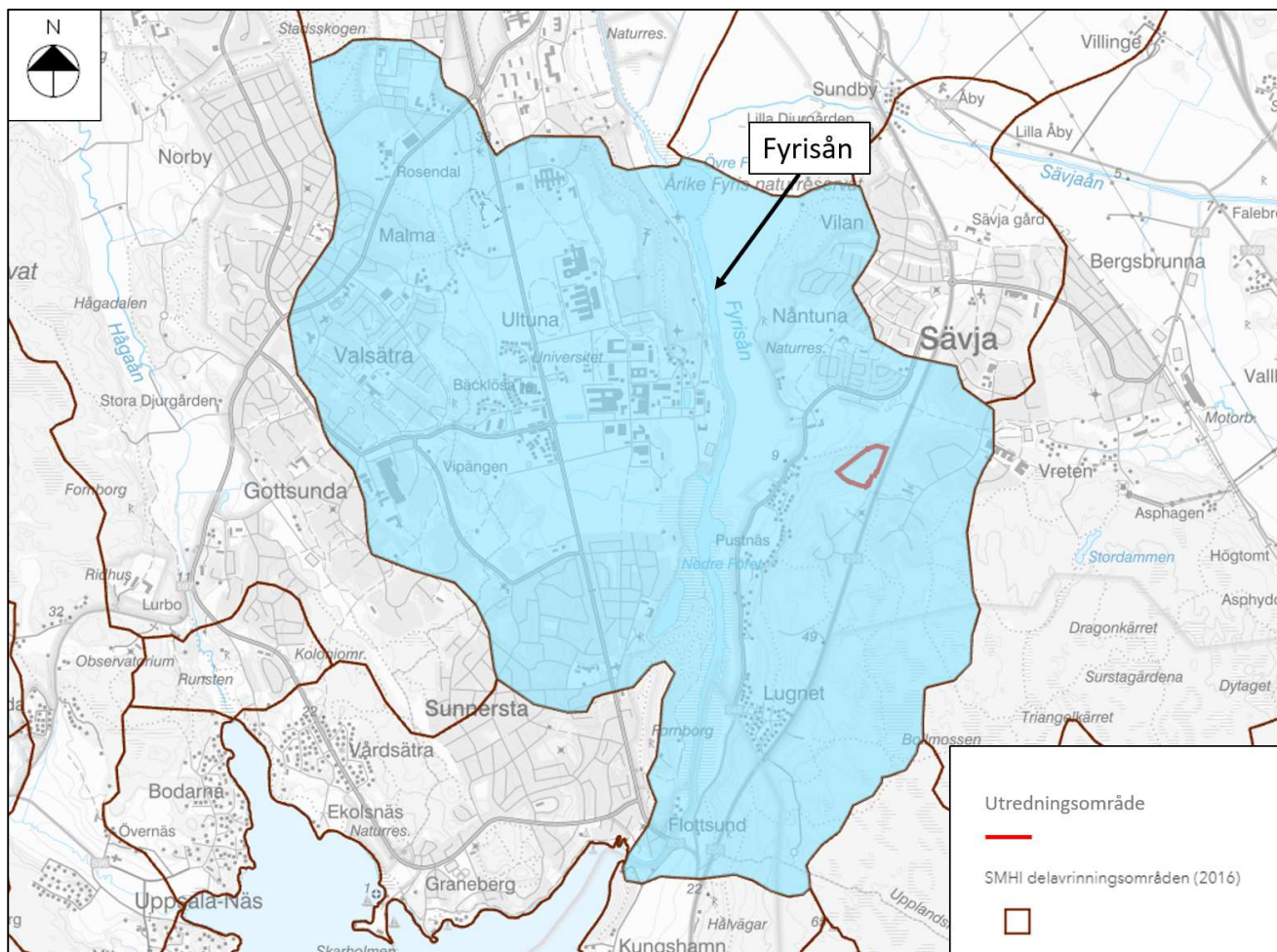


Figur 2:1. Översiktsbild med placering av kvartersmarken

2.1 Recipient och statusklassning

2.1.1 Fyrisån Ekoln – Sävjaån

I Figur 2:2 ses det att planområdet är beläget inom det naturliga tillrinningsområdet för vattenförekomsten Fyrisån Ekoln – Sävjaån som mynnar i Mälaren - Ekoln. Fyrisån Ekoln – Sävjaån kategoriseras som ett vattendrag med naturlig härkomst och ingår i Åtgärdsområde Fyrisån.



Figur 2:2. Avrinningsområdet för vattenförekomsten Fyrisån Ekoln-Sävjaån som mynnar i Mälaren-Ekoln.

Betydande påverkanskällor är:

- Punktkällor – reningsverk (risk för miljöproblem i form av övergödning och miljögifter)
- Punktkällor – förorenade områden (miljögifter), urban markanvändning (övergödning och miljögifter)
- Jordbruk (övergödning)
- Enskilda avlopp (övergödning)
- Atmosfärisk deposition (miljögifter)
- Förändring av konnektivitet genom dammar, barriärer och slussar (morfologiska förändringar och kontinuitet)
- Förändring av morfologiskt tillstånd – för sjöfart (morfologiska förändringar och kontinuitet) (VISS, 2022).

Enligt VISS (2022) finns ett framräknat förbättringsbehov för Fyrisån Ekoln-Sävjaån på 196 kg totalfosfor(P)/år. Förbättringsbehovet representerar den minskning av den lokala bruttobelastningen av fosfor som behövs för att vattenförekomsten, eller nedströms belägna vattenförekomster inklusive kustvatten ska kunna uppnå god status med avseende på näringsämnen.

Av de 196 kg-P/år bedöms det enligt Vattenmyndigheterna vara möjligt att genomföra åtgärder som motsvarar minst 123 kg-P/år, varav dagvatten bedöms utgöra 82 kg-P/år.

2.1.1.1 Ekologisk status

Den ekologiska statusen för Fyrisån Ekoln-Sävjaån är klassificerad till *måttlig* baserad på kvalitetsfaktorerna övergödning (näringsämningen och/eller kiselalger är klassificerad till sämre än god status till följd av höga närsalter), särskilt förorenade ämnen (halter över gränsvärde av ammoniak) samt konnektivitet och morfologi (vandringshinder).

Gällande miljö kvalitetsnormer (MKN) för Fyrisån Ekoln-Sävjaån är *god ekologisk status 2033*. Tidsfrister till 2027 finns för kvalitetsfaktorerna konnektivitet, fisk, morfologi, näringsämnen från enskilda avlopp och urban markanvändning, påväxt-kiselalger samt Ammoniak – 7664-41-7. Tidsfrist till 2033 finns för näringsämnen och påväxt-kiselalger från jordbruk (VISS, 2022).

2.1.1.2 Kemisk status

Vattenförekomstens kemiska status bedöms enligt VISS (2022) som *ej god* med avseende på uppmätta miljögifter i ytvatten där halter överskrider bedömningsgrunderna. Förutom överallt överskridande ämnen kvicksilver (Hg) och polybromerade difenyletrar (PBDE) bedöms ämnena antracen, PFOS, Benso(a)pyren och tributyltennföreningar ge *ej god* kemisk status med halter över respektive gränsvärde.

MKN för Fyrisån Ekoln-Sävjaån är *god kemisk ytvattenstatus* med undantag senare målår och tidsfrister för följande ämnen: PFOS - Perfluoroktansulfonsyra och dess derivater, Antracen, Benso(a)pyren, Tributyltenn föreningar. Undantag med mindre stränga krav finns för bromerad difenyleter samt kvicksilver och kvicksilverföreningar.

2.1.2 Uppsalaåsen

Enligt Viss är inte planområdet beläget inom tillrinningsområde för Uppsalaåsen. Enligt Uppsalas kommunkartas sårbarhetskarta för grundvatten är dock planområdet delvis beläget inom ett område med hög känslighet (H) och delklass Hd. Delklass Hd definieras som ett område med morän och bergsområde inom 1000 meter från kontaktytan mellan morän och utbredning isälvsmaterial med hydraulisk kontakt med isälvsmaterial (Uppsala kommun, 2022), (Uppsala vatten, 2021). Då det är svårt att särskilja tydliga gränser för var områden med hög känslighet går används försiktighetsprincipen med att hela kvartermarken antas vara klassat med hög känslighet. Även ytvattenförekomsten Fyriskan till vilken området avvattnas är i kontakt med Uppsalaåsen.

2.1.2.1 Kemisk status

Vattenförekomsten kemiska status bedöms enligt (VISS, 2022b) som otillfredsställande avseende på PFAS11 och BAM (1,2-diklorbensamid) och är i risk att inte nå god status till år 2027. Halterna av PFAS 11 ökar vid två övervakningsstationer. Föroreningsplymen rör sig längs åsens strömningsriktning.

2.1.2.2 Kvantitativ status

Förekomsten bedöms ha god kvantitativ status men är i risk att inte nå god status till år 2027.

2.1.2.3 Sårbarhet

Enligt Riskanalys av Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde ur grundvattensynpunkt ska dagvatten i området med hög risk för påverkan av grundvatten hanteras med riskreducerande åtgärder enligt följande (Geosigma, 2018) och Uppsala Vatten (Uppsala vatten, 2021):

Nybyggnation

- Släckvattenzon ska anläggas vid nybyggnation. I samband med åtgärder och schakt runt befintlig byggnad ska släckvattenzon anläggas. Släckvatten ska kunna samlas upp och avlägsnas från platsen.
- Dagvatten från väg och gata - Rening av dagvattnet bör ske i tät växtbädd, därefter ska det ledas bort från zonen i ledningar.
- Dagvatten från tak - Får infiltreras så länge det finns en släckvattenzon. Släckvatten ska kunna samlas upp och avlägsnas från platsen
- Översvämningsvatten får ledas mot grönytor för fördröjning och infiltration.
- Ledningar ska ha garanterat täta skarvar (krympmuff eller dylikt)
- Inga riktlinjer för dagvatten från spårvägsområde finns beskrivet i (Geosigma, 2018) men denna markanvändning hanteras på samma sätt som väg och gata, dvs: rening av dagvattnet ska ske i växtbädd, därefter ska det ledas bort från zonen i ledningar.

Diffus belastning spårväg

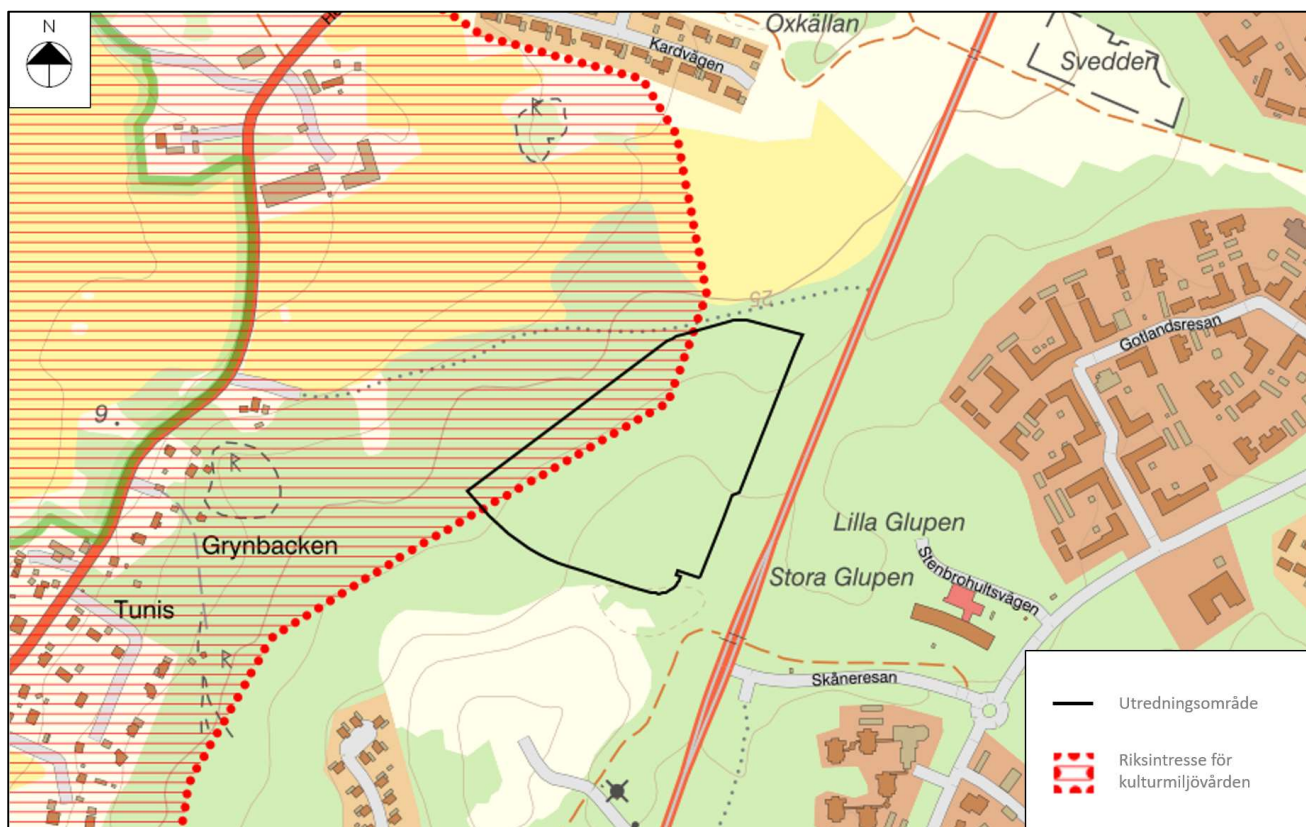
- Utrusta växlar med dagvattenbrunnar med oljeavskiljare som slamsugs efter fastställt schema.
- Installera filterbrunnar längs med känsliga partier av Uppsalaåsen som framför allt avskiljer metallpartiklarna från vattnet och hindrar dessa att ledas vidare till grundvattnet.
- Undvik snäva kurvradier i områden med hög eller extrem känslighet för att minimera behovet att smörja rälsen

Utsläpp av byggdagvatten

- Tillse att befintliga riktvärden för byggdagvattnets föroreningsinnehåll tillämpas i områden med hög och extrem känslighet.
- Ställ krav på provtagning/bedömning av dagvattnets föroreningsinnehåll innan utsläpp till dagvattennät eller dike. Utifrån förorenings- och sedimentinnehåll fattas beslut om det krävs någon form av föroreningsbehandlande åtgärder.
- Utsläpp av orenat byggdagvatten till diken eller direkt infiltration av byggdagvatten på områden med hög och extrem känslighet bör inte vara tillåtet/förbjudas. Här måste även hänsyn tas till de avrinningsvägar som dagvattnet tar, till exempel kan ett dike som byggdagvatten släpps till passera områden med hög eller extrem känslighet längre nedströms.
- För att undvika att större spill från entreprenadmaskiner eller liknande sprids via dagvattenhanteringen ska sedimentationsdammar eller sedimentationscontainrar ha en avstängningsfunktion så att spillet kan sugas upp och hanteras separat innan det sprids vidare.

2.2 Skyddsvärda intressen

Enligt Länsstyrelsen (2022) går verksamhetsområdet in på området för Riksintresse för kulturmiljövärden 3kap.6§ Miljöbalken, MB - Uppsala stad, C 40, vilket kan ses i Figur 2:3. Planområdet är något större och går därmed in något mer på riksintresse för kulturmiljövärden.

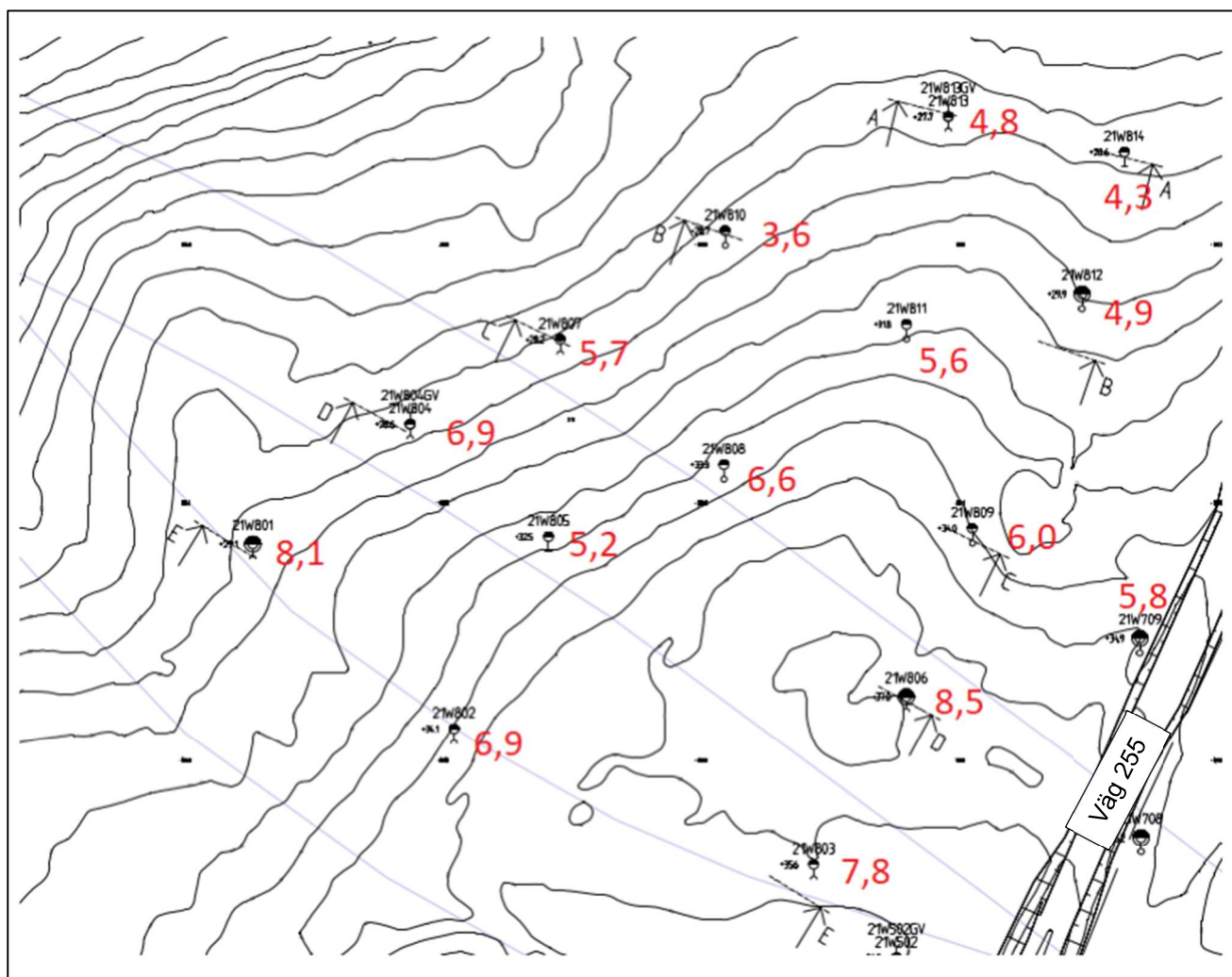


Figur 2:3. Planområdets utbredning i svart som delvis går in på området för Riksintresse för kulturmiljövärden (Länsstyrelsen Uppsala län, 2022).

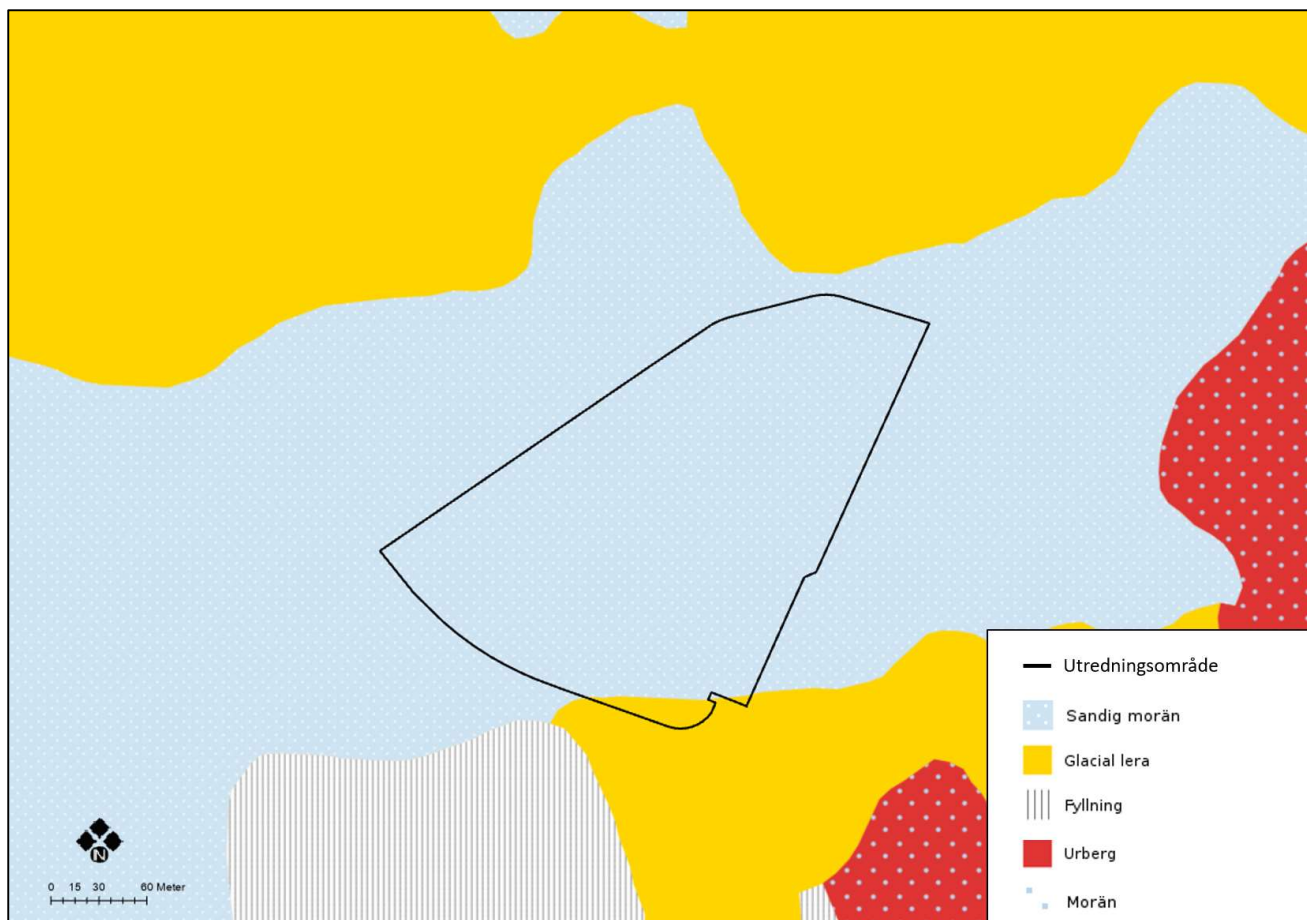
Enligt VISS (2022) ligger planområdet inom den sekundära, yttre skyddszonen för vattenskyddsområde Uppsala- och Vattholmasåsarna. Syftet med skyddsområdet är att förhindra verksamhet som kan medföra risk för förorening av kommunens vattentäkt inom området.

2.3 Geoteknik

Geoteknisk utredning med sonderingar har utförts av (WSP, 2021). I denna har ett antal sonderingar gjorts inom det föreslagna området för depån, se Figur 2:4. Denna visar att marken framför allt består av friktionsjord, såsom SGU:s jordartskarta visar, se Figur 2:5. Jorddjupet varierar inom området mellan 3,6 och 8,6 meter. Omgivande mark består enligt SGU:s jordartskarta av lera, se Figur 2:5



Figur 2:4. Punkter för sondering och jorddjup inom kvartersmarken (WSP, 2021)



Figur 2:5. Jordartskarta med planområdet inom svart markering. Data från SGU:s visningstjänst (WMS)

Vid framtida situation förväntas en stor del av marken bestå av fyllning då delar av förslaget innefattar att planområdet fylls upp för att marken ska vara helt plan (förutom i en del med eventuellt bevarad naturmark). Genomsläpligheten hos fyllnadsmassor beror på dess sammansättning men bedöms generellt vara hög.

2.4 Markavvattnings-/sjösänkingsföretag

Enligt Uppsala läns länsstyrelse finns inga markavvattningsföretag i eller i anslutning till planområdet.

3 Beräkningsmetoder

3.1 Flödesberäkningar

Beräkning av dimensionerande dagvattenflöden före och efter exploatering har utförts med rationella metoden enligt Svenskt Vattens publikation P110 (Svenskt Vatten, 2016).

$$q_{dim} = A * \varphi * i_A * k$$

Där:

q_{dim} = dimensionerande flöde [l/s]

A = avrinningsområdets area [ha]

φ = avrinningskoefficient [-]

i_A = regnintensitet [l/s, ha]

k = klimatfaktor

Det dimensionerande flödet erhålls då hela området bidrar med avrinning. Den yta som bidrar till avrinning kallas reducerad area och erhålls genom att en avrinningskoefficient multipliceras med den totala ytan. En avrinningskoefficient beskriver hur stor andel av avrinningsområdet som bidrar till avrinningen, vilket påverkas av områdets hårdgörningsgrad, lutning och regnintensitet.

Dimensionerande avrinningskoefficienter väljs generellt efter Svenskt Vatten P110. Vid beräkning av skyfallsflöden höjs de dimensionerande avrinningskoefficienterna för att ta hänsyn till minskad infiltration och ökad avrinning då marken till stor del är mättad.

Regnintensiteten uppskattas med hjälp av Dahlströms formel enligt Svenskt Vatten P110. Formeln visas nedan och gäller för regnvaraktigheter upp till ett dygn:

$$i_A = 190 * \sqrt[3]{\Lambda} * \frac{\ln(T_R)}{T_R^{0,98}} + 2$$

Där:

i_A = regnintensitet [l/s, ha]

T = regnvaraktighet [minuter]

Λ = återkomsttid [månader]

3.2 Fördröjningsvolym

Erforderlig fördröjningsvolym har beräknats enligt Uppsala vattens riktlinjer för utsläpp av dagvatten från fastighetsmark. Fastigheten bedöms inte ligga i direkt närhet till utloppet i recipienten, varmed kravnivån om att dagvattenanläggningar utformas så att 20 mm regn kan renas och avtappas under minst 12 timmar tillämpas. Fördröjningsvolymen U_i (m³) beräknas enligt ekvationen nedan:

$$U_i = d_r \cdot A_{red}$$

Där:

U_i = Fördröjningsvolym [m³]

d_r = regnvolym [mm]

A_{red} = reducerad area [m²]

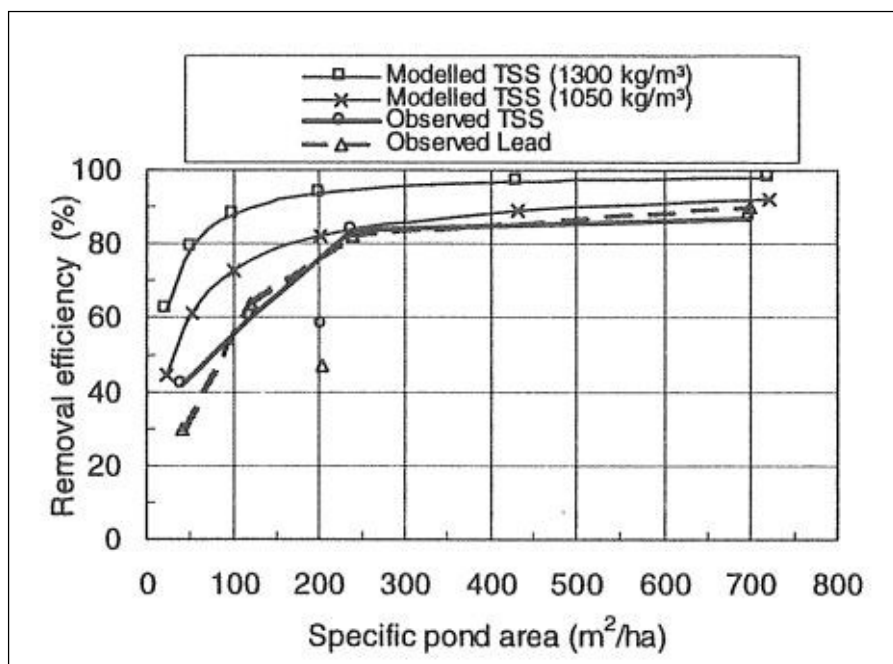
3.3 Föroreningsberäkningar

Föroreningar i dagvattnet beräknas med hjälp av beräkningsverktyget StormTac Web version 22.3.2. StormTac är en dagvatten- och recipientmodell som bland annat används för att beräkna föroreningstransport och dimensionera dagvattenanläggningar. Modellen innehåller typiska föroreningshalter som är specifika för respektive markanvändning, och baseras på flödesviktade provtagningar under långa perioder från områden med en viss markanvändning. Resultaten från de studier som ligger till grund för respektive typiska halt samt reningseffekt uppvisar generellt en stor spridning. Det försvårar således möjligheterna att beräkna platsspecifika föroreningshalter. Beräkningarna tjänar därför främst som en fingervisning om hur höga halter ($\mu\text{g/l}$) och mängder (kg/år) som kan komma att bli aktuella för ett område av denna karaktär.

I modellen används även årliga nederbördsdata, area och volymavrinningskoefficient.

3.4 Dimensionering av damm utifrån rening

Pettersson (1999) menar att avskiljningskapaciteten i en damm i stor grad styrs av dammens specifika yta. Dammens specifika yta uttrycks i dammarea (m^2) per avrinningsområdets reducerade area (ha). Optimal avskiljningskapacitet uppnås då dammens specifika yta uppgår till omkring 200-250 m^2/ha , se Figur 3:1. En ökning av dammens specifika yta bidrar endast till en marginell ökning av avskiljningskapaciteten.



Figur 3:1. Förhållandet mellan dammens avskiljningskapacitet och dess specifika yta för modellerade och uppmätta halter av TSS (totalt suspenderat material) och bly. Optimal avskiljning sker vid en specifik yta om 200-250 m^2/ha (Pettersson, 1999).

För att uppnå optimal avskiljningsgrad och beräkning av den permanenta vattenytan har utredningen utgått utifrån Petterson (1999) riktlinjer om en specifik dammarea på 250 m²/ha reducerad yta. Metod för beräkning av permanent vattenyta ses nedan.

$$A_p = A_{red} \cdot 250 \text{ m}^2/\text{ha}$$

Där:

A_p = Permanent vattenyta [m²]

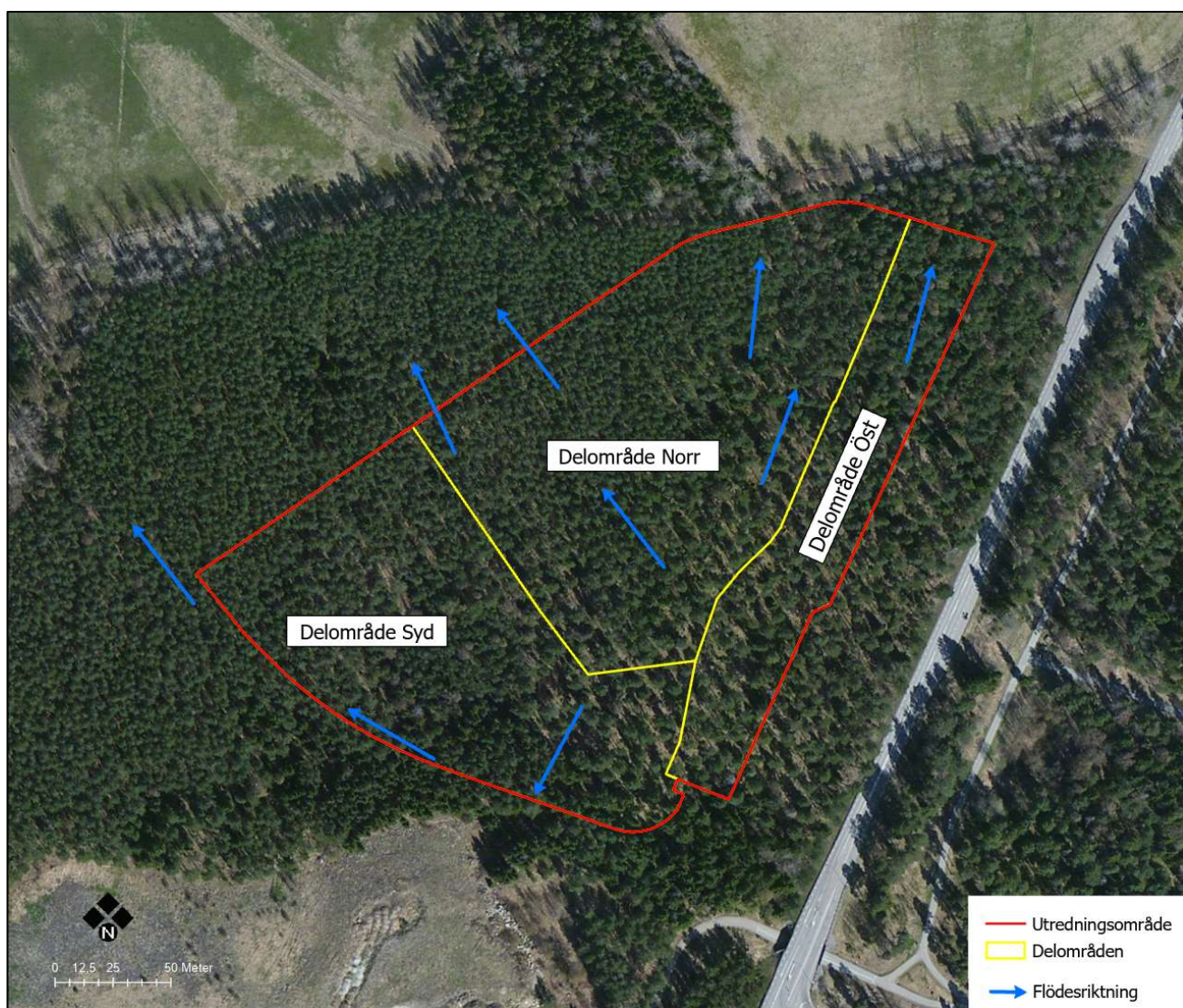
A_{red} = reducerad area [m²]

4 Resultat

Följande avsnitt redovisar antagen markanvändning samt beräknade dagvattenflöden, fördröjningsbehov och föroreningar i dagvattnet från kvartersmarken.

4.1 Delområden

Utifrån befintliga höjder och rinnvägarna har kvartersmarken delats upp i tre delområden för beräkningar och åtgärdsförslag. De tre delområdena är norr, syd samt öst och kan ses i Figur 4:1 nedan. Då föreslagen höjdsättning av kvartersmarken är flack förutom inom den bevarade naturmarken bedöms de tre delområdena även vara representativa för framtida situation.



Figur 4:1. Uppdelning av kvartersmarken i de tre delområdena – Nord, Syd och Öst.

4.2 Markanvändning

Markanvändningen inom kvartersmarken vid befintlig situation har antagits utifrån erhållen grundkarta samt webbkarta och består helt av trädbevuxen naturmark. Markanvändningen vid framtida situation har antagits utifrån erhållen översiktsplan och kan ses i Figur 4:2. Enligt trafikutredningen består trafikbelastningen inom depån framför allt av logistik inom depåområdet och antalet turer är cirka 60 (WSP, 2022). Vid utredningens skede är det inte fastställt om takytorna kommer att bestå av hårdgjorda, konventionella tak eller sedumtak samt om naturmarken kommer att bevaras eller inte. Utredningen har därför utrett olika scenarion där dessa ytor har varierats. Detta beskrivs mer i avsnitt 5.



Figur 4:2. Markanvändningen inom kvartersmarken vid framtida situation.

I Tabell 4:1 redovisas de föreslagna ytorna med antagen avrinningskoefficient och beräknad reducerad area för respektive markanvändning inom kvartersmarken. Med den föreslagna exploateringen kommer en stor del av markanvändningen att förändras med en ökad hårdgörningsgrad som resultat.

Tabell 4:1. Befintlig och framtida markanvändning inom kvartersmarken med area, antagen avrinningskoefficient och beräknad reducerad area

	Befintlig markanvändning			Framtida markanvändning		
	Area (ha)	Avrinningskoefficient	Reducerad area (ha)	Area (ha)	Avrinningskoefficient	Reducerad area (ha)
Naturmark	5,06	0,1	0,51	0,82	0,1	0,08
Tak	-	-	-	1,24	0,9	1,12
Asfalt	-	-	-	1,30	0,8	1,04
Gräsarmering	-	-	-	0,26	0,4	0,10
Parkering	-	-	-	0,04	0,8	0,03
Gräsyta	-	-	-	0,63	0,1	0,06
Makadam spårrområde	-	-	-	0,77	0,8	0,62
Totalt	5,06	0,1	0,51	5,06	0,6*	3,05

*Viktad avrinningskoefficient

4.3 Flöden

Flöden för befintlig och framtida situation har beräknats med rationella metoden beskriven i avsnitt 3.1 och redovisas i Tabell 4:2 nedan. Dimensionerande dagvattenflöden från befintlig markanvändning har beräknats utan klimatfaktor och från framtida markanvändning med klimatfaktor 1,25 för ett 20-årsregn inom kvartersmarken. Rinntiden inom kvartersmarken har beräknats till 30 minuter vid befintlig situation och 20 minuter vid framtida situation.

Tabell 4:2. Beräknade flöden vid 20-årsregn exklusive klimatfaktor vid befintlig situation samt inklusive klimatfaktor 1,25 vid framtida situation.

Delområde	Befintligt 20-årsregn utan kf (l/s)	Framtida 20-årsregn med kf (l/s)	Förändring (%)
Norr	34	336	879
Syd	26	202	687
Öst	13	113	744
Totalt	74	652	787

4.4 Omhändertagande av dagvatten

Erforderlig fördröjningsvolym har beräknats enligt Uppsala vattens riktlinjer för utsläpp av dagvatten från fastighetsmark för att kunna omhänderta en regnvolymer på 20 mm. Arbetsmetoden är beskriven i avsnitt 3.2 och beräknade volymer kan ses i Tabell 4:3 nedan för planområdet. Grönmarkerade ytor får infiltreras och gulmarkerade områden måste ledas till tät dam för att sedan ledas bort från zonen med hög risk för påverkan av Uppsalaåsen. Naturmark behöver inte renas utan kan infiltreras direkt i underliggande mark och behöver inte förhålla sig till kravet om omhändertagande av 20 mm. Den volym som skulle krävas för att omhänderta 20 mm från naturmarken redovisas dock ändå nedan.

Tabell 4:3. Beräknade fördröjningsvolymer per delområde för att uppfylla Uppsala Vattens riktlinjer om fördröjning av 20 mm. Grönmarkerade ytor får infiltreras och gulmarkerade områden måste först ledas till regnbädd, följt av tät dam för att sedan ledas bort från zonen med hög risk för påverkan på Uppsalaåsen.

Markanvändning	Area (ha)	φ	Red area (ha)	Fördröjnings - volym (m ³)	gröna tak på depå ($\varphi=0,4$)
Naturmark	0,82	0,1	0,08	16	16
Tak	1,24	0,9	1,12	223	116
Asfalt	1,30	0,8	1,04	208	208
Gräsarmering	0,26	0,4	0,10	21	21
Parkering (på asfalt)	0,04	0,8	0,03	6	6
Gräs/grönyta	0,63	0,1	0,06	13	13
Spår område	0,77	0,8	0,62	123	123
		0,6			
Summa	5,06	0	3,06	611	504

4.5 Föroreningar

Efter exploatering av området kommer föroreningsinnehållet i dagvattnet att förändras. Föroreningspåverkan för kvartersmarken har beräknats i StormTac med metoden beskriven i avsnitt 3.3. Tabell 4:4 visar typiska halter för olika typer av markanvändning som har använts i föroreningsberäkningarna i StormTac. De redovisade värdena syftar till att ge en uppfattning om vilka ytor som ger upphov till en större föroreningsbelastning.

Tabell 4:4. Typiska halter för olika markanvändning enligt StormTacs databas v.2022-08-30 (StormTac, 2022a)

Ämne	Naturmark (µg/l)	Tak (µg/l)	Asfaltsyta (µg/l)	Gräsarmering (µg/l)	Parkering (µg/l)	Gräsyta (µg/l)	Banvall (µg/l)
P	17	53	85	56	160	160	15
N	450	1 700	1 800	400	1 600	1 100	2 200
Pb	6,0	5,0	6,0	6,0	20	6,0	5,0
Cu	9,0	22	15	9,4	40	10	45
Zn	25	80	23	6,6	140	28	72
Cd	0,20	0,65	0,27	0,13	0,45	0,30	0,020
Cr	5,0	12	7,0	4,2	15	2,5	2,9
Ni	6,3	4,5	4,0	2,1	6,0	1,3	4,0
Hg	0,010	0,0030	0,050	0,041	0,080	0,013	0,010
SS	40 000	22 000	7 400	14 000	140 000	36 000	15 000
Olja	150	0	770	130	870	200	400
BaP	0,010	0,010	0,010	0,014	0,060	0,010	0,015

Tabell 4:5 redovisar beräknade föroreningskoncentrationer och föroreningsmängder vid befintlig och framtida situation utan åtgärder. Föroreningsberäkningarna visar att samtliga redovisade föroreningsmängder beräknas öka samt samtliga föroreningskoncentrationer förutom för ämnen nickel och suspenderade material. Resultatet bedöms vara väntat och förklaras av den ökade hårdgörningsgraden med ökad avrunnen volym och mer förorenade ytor jämfört med den befintliga naturmarken.

Tabell 4:5. Beräknade föroreningskoncentrationer och föroreningsmängder med verktyget StormTac inom kvartersmarken för befintlig situation och framtida situation utan dagvattenåtgärder. Takytor har antagits vara hårdgjorda, konventionella tak

Ämne	Föroreningskoncentrationer (µg/l)		Föroreningsmängder (kg/år)	
	Befintlig	Framtida utan dagvattenåtgärder	Befintlig	Framtida utan dagvattenåtgärder
P	16	59	0,13	1,1
N	350	1 600	2,8	30
Pb	3,6	5,0	0,03	0,10
Cu	6,7	19	0,05	0,36
Zn	19	47	0,15	0,91
Cd	0,12	0,34	0,001	0,007
Cr	3,1	7,3	0,024	0,14
Ni	3,9	3,8	0,030	0,075
Hg	0,008	0,022	0,0001	0,0004
SS	24 000	16 000	190	310
Olja	100	320	0,8	6,3
BaP	0,006	0,018	0,00005	0,00035

5 Föreslagen dagvattenhantering

Föreliggande exploateringsförslag leder till fler hårdgjorda ytor vilket i sin tur leder till större dagvattenflöden och ett förändrat föroreningsinnehåll i dagvattnet. I framtiden väntas även klimatförändringar leda till förändrade dagvattenflöden, varför det också har beaktats vid dimensionering av framtida dagvattensystem. Utifrån de riktlinjer och dimensioneringsförutsättningar som beskrivs i avsnitt 1.3 har åtgärdsförslag tagits fram och redovisas i avsnitt 5.1. Därefter beskrivs föreslagna åtgärder övergripande med principiella funktioner och beskrivning av dess uppbyggnad. Tvättanläggningen för spårvägen förväntas ha en reningsanläggning som uppfyller kraven.

Efter rening och fördröjning ansluts dagvattnet till dagvattenledningar vid väg 255 vilket är densamma princip som för spårvägen, beskrivet i (WSP, 2022).

Föreslagen dagvattenhantering är en lösning men det finns även andra sätt att omhänderta dagvatten. WSP har tagit fram ett förslag på en alternativ systemlösning med krossdike/makadamgasin och filterbrunnar (WSP, 2023). Båda föreslagna systemlösningar beräknas ge likvärdiga värden på beräknat föroreningsinnehåll i dagvattnet efter rening.

Då utformningen av depå-området inte är fastställd har totalt fyra scenarion för framtida situation utretts enligt Tabell 5:1 där ytorna för både tak och naturmark har justerats som hårdgjort eller gröna ytor.

Tabell 5:1. Utredda scenarion med olika markanvändning inom planområdet

	Hårdgjorda tak	Sedumtak
Bevarad naturmark	1-A	2-A
Hårdgjord naturmark	1-B	2-B

Bilaga 2 redovisar en föreslagen placering av föreslagna åtgärder samt ett förslag på anslutningspunkt. De föreslagna placeringarna går att justera så länge avrinning till anläggningarna möjliggörs.

5.1 Föreslaget dagvattensystem

Eftersom planområdet ligger inom område för hög risk för påverkan av Uppsalaåsen får endast dagvatten från grönytor och tak infiltreras, dagvatten från andra ytor ska hanteras i en damm med tät botten för att sedan ledas bort från zonen med hög risk för påverkan av Uppsalaåsen.

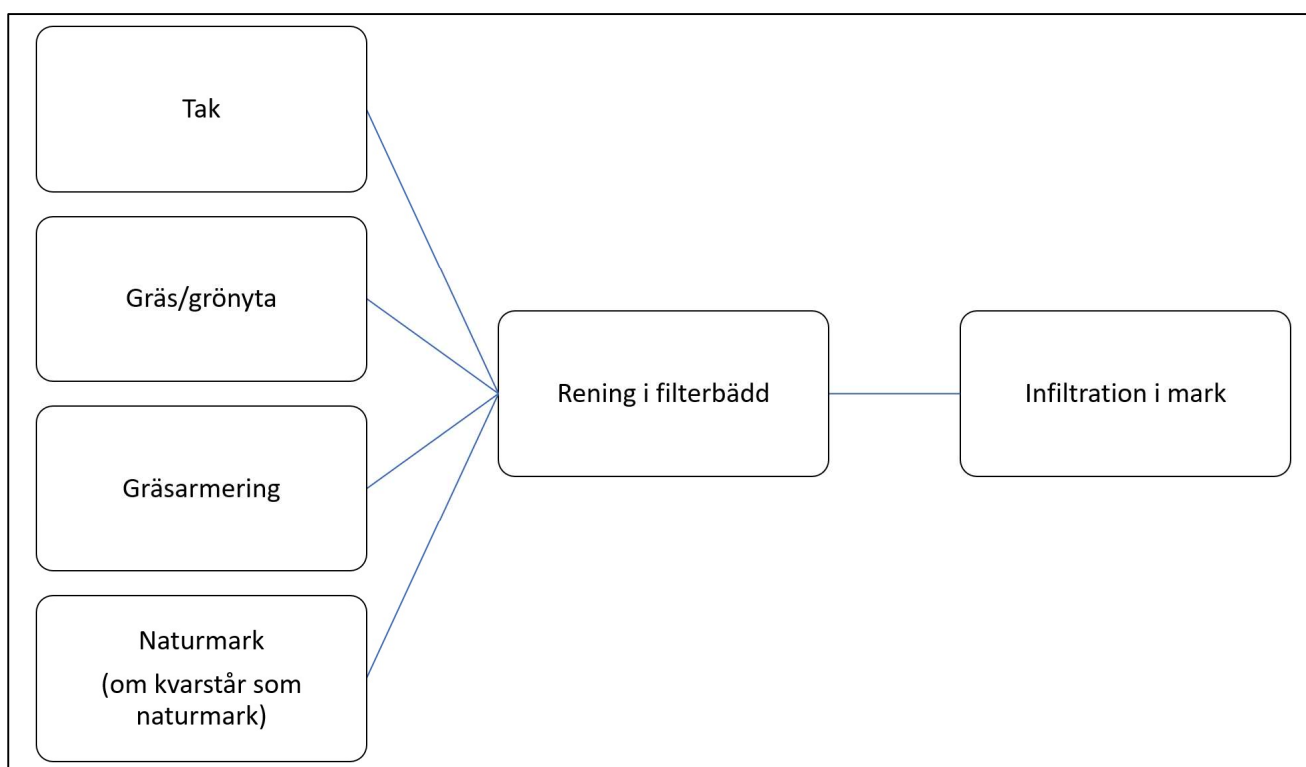
Med anledning av detta föreslås att ytorna inom planområdet delas upp efter förorenade och ej förorenade ytor.

Dagvatten från ytor som bedöms som ej förorenade föreslås genomgå ett reningssteg där det avleds till filterbäddar där dagvattnet sen tillåts infiltrera. Dagvatten från förorenade ytor föreslås genomgå två reningssteg för att erhålla en tillräckligt god reningsgrad och avleds där först till täta filterbäddar och sen till damm B. Damm B föreslås anläggas som en tät damm där dagvatten sedan avleds bort från området.

5.1.1 Område A – ej förorenade ytor

I Figur 5:1 redovisas det föreslagna systemet med dagvattnet som föreslås ledas till filterbäddar där dagvattnet sedan tillåts infiltrera i den underliggande marken för perkolation till grundvatten. I figuren ses att naturmark har inkluderats i skissen vid scenariot då ytan består som naturmark. Om ytan i stället hårdgörs antas den räknas som en förorenad yta och ingår då i område B. Naturmark och grönytor behöver inte renas utan tillåts infiltrera direkt i marken. Det dagvatten som inte hinner infiltrera på dessa ytor kan rinna vidare till filterbäddarna, varmed anläggningarna har dimensionerats för volymen från dessa ytor även då majoriteten av dagvattnet som faller där förväntas infiltrera direkt.

Takytor anses generellt vara en "ren" yta, men viss förorening av dagvattnet kan uppkomma från exempelvis avföring från fåglar, atmosfärisk deposition samt substanser från takmaterial. Genom att då låta dagvattnet genomgå ett reningssteg i filterbäddar innan det infiltrerar ner i underliggande mark bedöms en tillräcklig rening av dagvattnet erhållas för att inte påverka grundvattnet negativt.



Figur 5:1 Systemskiss med dagvattenhantering för ej förorenade ytor som tillåts infiltrera i mark

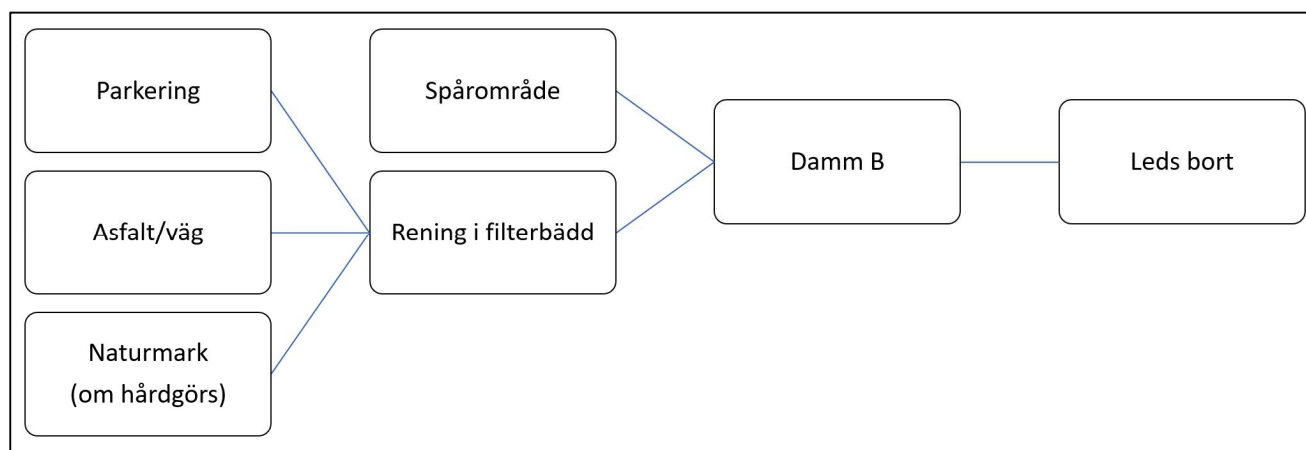
Filterbäddar kan utformas på olika sätt och beskrivs mer generellt avsnitt 5.2.1. Filterbäddar som ska omhänderta dagvatten från takytor kan utformas som både upphöjda och/eller nedsänkta filterbäddar. De föreslagna filterbäddarna har dimensionerats för att omhänderta en regnvolymer på 20 mm. Ytbehovet har beräknats utifrån att filterbäddarna ska kunna hantera den fullständiga fördröjningsvolymen i det ytliga magasinet som antas ha en nedsänkning på 20 cm. Tabell 5:2 redovisar beräknade volymer och ytbehov för filterbäddar för respektive scenario.

Tabell 5:2. Beräknade volymer som föreslås omhändertas i filterbäddar samt beräknat ytbehov för filterbäddar för respektive scenario utifrån en antagen ytlig nedsänkning på 20 cm.

Scenario	Reducerad area (ha)	Regnvolymer 20 mm (m ³)	Ytbehov (m ²)
1-A (HT&BN)	1,37	273	1366
1-B (HT&HN)	1,28	257	1285
2-A (ST&BN)	0,75	149	746
2-B (ST&HN)	0,66	133	664

5.1.2 Område B – Förorenade ytor

I Figur 5:2 redovisas det föreslagna systemet med dagvatten från förorenade ytor som föreslås ledas till damm B. Damm B föreslås anläggas som en tät damm då infiltration av dagvatten från de förorenade ytorna inte tillåts och dagvatten i stället ska ledas bort från kvarterensmarken efter att det har renats i dammen. För att uppnå en tillräckligt god rening föreslås att dagvatten från parkering, asfalt/lokalgata samt den befintliga naturmarken (om den hårdgörs) först leds till täta filterbäddar för rening innan dagvattnet sen leds vidare till damm B.



Figur 5:2. Systemskiss med dagvattenhantering för förorenade ytor som inte tillåts infiltrera i mark och i stället leds bort från området

Ytan för spårområdet föreslås att beläggas med underliggande makadam. För att undvika stabilitetsproblem i spårområdet på grund av stående vatten föreslås inget dagvatten ledas eller omhändertas i makadamen. Då vissa regnmängder kommer att infiltrera på det öppna spårområdet föreslås att spårvägsbanken förses med dränering. Spårområdet och dess dränering föreslås avledas direkt till damm B för att säkerställa att även dagvattnet från dess yta renas.

De föreslagna filterbäddarna har dimensionerats för att omhänderta en regnvoly m på 20 mm. Ytbehovet har beräknats utifrån att filterbäddarna ska kunna hantera den fullständiga fördröjningsvolymen i det ytliga magasinet som har en nedsänkning på 20 cm. Inom område B ändras endast den beräknade volymen för att omhänderta 20 mm regn då naturmarkens markanvändning justeras. Beräknade volymer och ytbehov för scenarion med bevarad naturmark (1-A och 2-A) respektive hårdgjord naturmark (1-B och 2-B) redovisas därför tillsammans i Tabell 5:3.

Tabell 5:3. Beräknade volymer som föreslås omhändertas i filterbäddar samt beräknat ytbehov för filterbäddar utifrån en antagen yttlig nedsänkning på 20 cm för scenarion med bevarad naturmark respektive hårdgjord naturmark

Scenario	Reducerad area (ha)	Regnvoly m 20 mm (m ³)	Ytbehov (m ²)
Bevarad naturmark (1-A och 2-A)	1,07	215	1073
Hårdgjord naturmark (1-B och 2-B)	1,73	345	1725

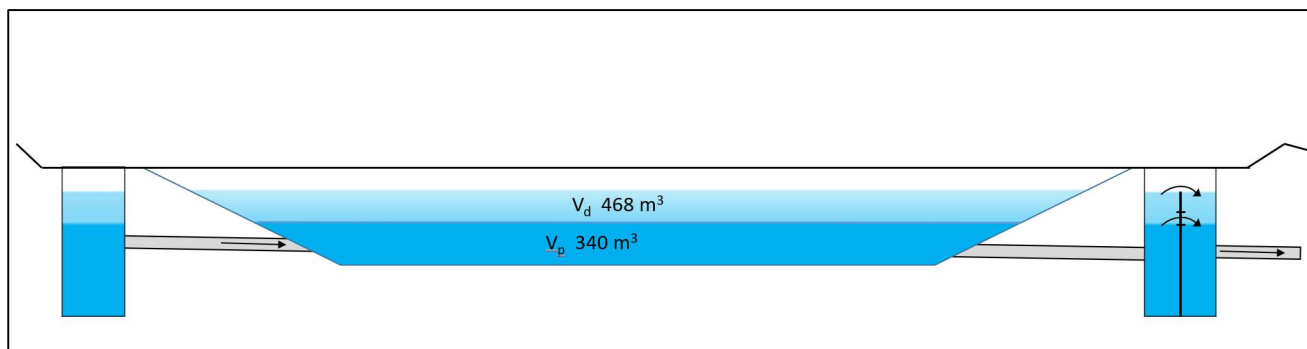
Damm B föreslås anläggas med en permanent vattenyta som har dimensionerats enligt metod beskriven i avsnitt 3.4 med en specifik dammareal på 250 m²/ha reducerad yta för att uppnå optimal avskiljningsgrad. Med den permanenta vattenytan beräknades därefter den permanenta volymen i dammen utifrån ett antaget dammdjup på 1 meter och en släntlutning på 1:4.

Utöver den permanenta vattenytan föreslås dammen att dimensioneras med en fördröjningsvolym som beräknats kunna omhänderta en regnvoly m på 20 mm från samtliga ytor som leds till dammen. Den totala volymen för dammen utgörs därför av den permanenta volymen samt fördröjningsvolymen för att omhänderta en regnvoly m på 20 mm. Den totala dammytan beräknades därefter med antagandet om ett totaldjup i dammen på 1,5 m och en släntlutning på 1:4. Beräknade volymer och ytor för damm B vid scenariot då naturmark bevaras respektive hårdgörs redovisas i Tabell 5:4.

Tabell 5:4. Beräknade volymer och ytor för damm B

	Damm B (bevarad naturmark)	Damm B (ej bevarad naturmark)
Reducerad area (ha)	1,69	2,34
Permanent vattenyta (m ²)	423	586
Permanent volym (m ³)	230	340
Regnvoly m 20 mm (m ³)	338	468
Total volym damm (m ³)	568	808
Total dammyta (m ²)	736	983

En visualisering av uppdelningen med en permanent volym och en fördröjningsvolym utifrån omhändertagande av 20 mm i damm B redovisas i Figur 5:3.



Figur 5:3. Beräknade volymer för permanent volym samt regnvolum på 20 mm vid scenariot med ej bevarad naturmark

Vid beräkning av dimensionerande fördröjningsvolym har både filterbäddar samt damm B dimensionerats för att kunna omhänderta en regnvolum på 20 mm. Att både filterbäddar och dammen föreslås uppfylla kravet om 20 mm kan motiveras med att filterbäddar generellt har en kortare uppehållstid än dammar avsedda för rening. Med andra ord, dagvatten antas passera snabbare genom en filterbädd än en damm varmed det bedöms vara motiverbart att dammen också kan hantera den fördröjningsvolym som erhålls i filterbäddar i det första reningsstet.

5.1.3 Sammanställning scenariot

Vid scenariot 1-A och 1-B där naturmark bevaras antas takytorna, oavsett beläggning, att vara en ren yta som tillåts infiltrera efter ett reningssteg i filterbädd. Skillnad i beräknad volym blir därmed enbart inom område A mellan dessa två scenariot. Vid scenariot då den befintliga naturmarken hårdgörs "förflyttas" den beräknade volymen från naturmark inom område A till en volym för den hårdgjorda naturmarken inom område B. I Figur 5:4 ses en sammanställning av beräknade volymer för respektive scenariot.

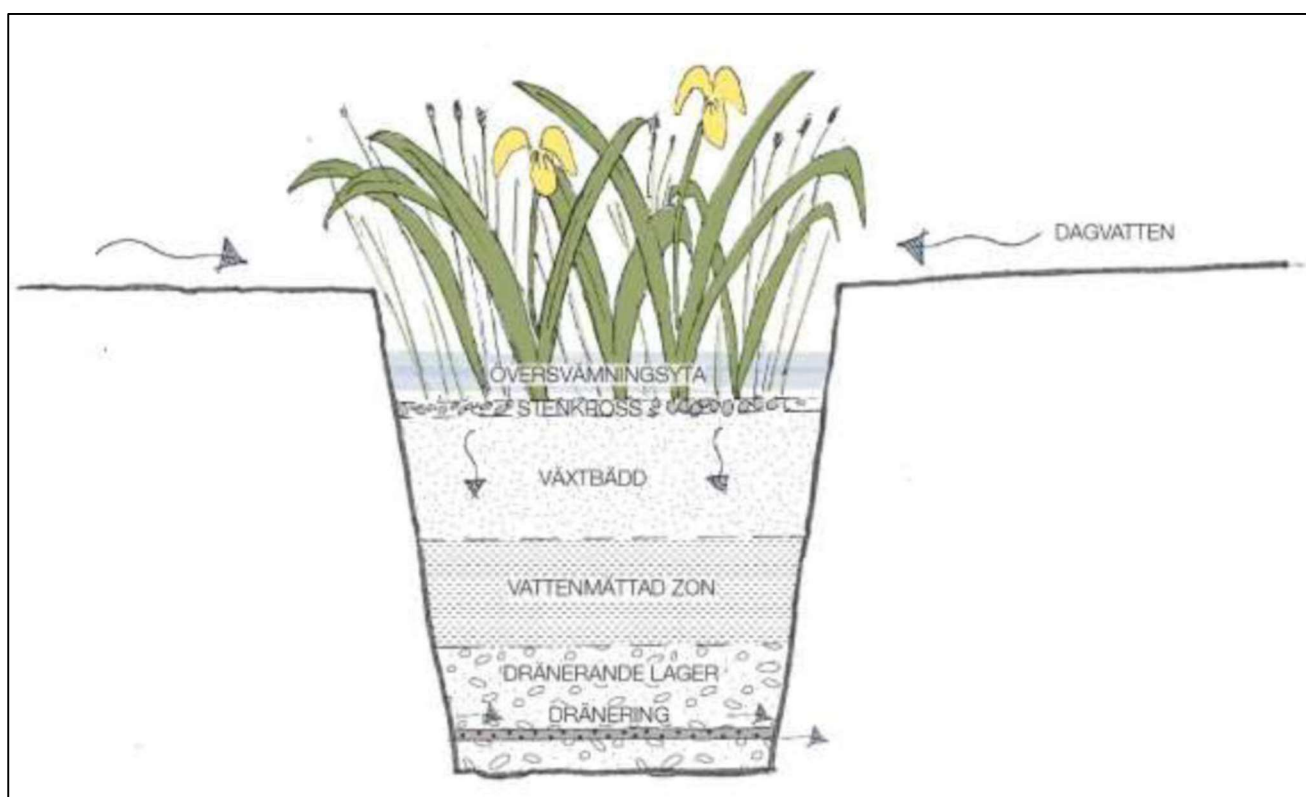
	Hårdgjorda tak		Sedumtak	
Bevarad naturmark	Område A	Filterbädd: 273 m ³	Område A	Filterbädd: 149 m ³
	Område B	Filterbädd: 215 m ³ Damm: 568 m ³	Område B	Filterbädd: 215 m ³ Damm: 568 m ³
Hårdgjord naturmark	Område A	Filterbädd: 257 m ³	Område A	Filterbädd: 133 m ³
	Område B	Filterbädd: 345 m ³ Damm: 808 m ³	Område B	Filterbädd: 345 m ³ Damm: 808 m ³

Figur 5:4. Sammanställning av beräknade volymer för de fyra scenariot

5.2 Principlösningar för dagvattenhantering

5.2.1 Filterbäddar

Filterbäddar, även kallade biofilter, regnbäddar, används för att fördröja, infiltrera och rena dagvatten från omgivande hårdgjorda ytor. Filterbäddar anläggs normalt enligt Figur 5:5 så att dagvattnet från närliggande hårdgjorda ytor kan magasineras och infiltreras effektivt inom ca ett dygn efter nederbördstillfället. Bara under korta perioder i samband med kraftiga regn kommer en regnbädd att ha en synlig vattenyta. Denna synliga vattenyta kommer då att fungera som en tillfällig magasinering. Vid beräkningarna i StormTac med föreslagna åtgärder som presenteras i avsnitt 5.3 har djupen på de olika lagren dimensionerats till: 200 mm för den ytliga fördröjningszonen, 450 mm till filtermaterialet, 100 mm till det avskiljande lagret och 350 mm makadam i det dränerande lagret. Exakt dimensionering och utformningen av filterbäddar bör utredas vidare vid detaljprojektering i senare skede. Vid scenario där dagvatten föreslås renas i två steg bör filterbädden förses med en dräneringsledning som avleder vattnet vidare till dammen för nästa reningssteg.



Figur 5:5. Principskiss över en nedsänkt regnbädd (Illustration: Norconsult)

Uppdragsnr.: 1083733 Version: 2.1

Filtermaterialet i regnbädden är viktigast för anläggningens reningseffekt (Blecken & Larm, 2019). Ett sandbaserat filtermaterial ger en bra reningseffekt av många föroreningar. Växterna i filterbädden bidrar också till att rena dagvattnet samt upprätthålla infiltrationskapaciteten. Med en välkomponerad mix av växter erhålls en filterbädd som fyller en teknisk funktion samtidigt som den medför estetiska mervärden och gynnar den biologiska mångfalden. Ytterligare fördelar är växternas förmåga att avdunsta vatten vilket bidrar till ett ännu effektivare omhändertagande av dagvattnet. Växtligheten bör anpassas till områdets förutsättningar, som till exempel temperatur, vind- och solförhållanden och vegetationen kan bestå av gräs, buskar, träd, örter etcetera.

Figur 5:6 visar ett exempel på utformningen av en nedsänkt filterbädd i Malmö.



Figur 5:6. Nedsänkt regnbädd i Malmö med erosionsskydd vid inloppet och bräddutlopp i form av en kupolbrunn (Foto: Norconsult)

Drift av filterbäddar utgörs av ogräsrensning/växtskötsel samt inspektion och rensning av inlopp och bräddutlopp. Vid etableringsfasen krävs en intensivare skötsel i form av bevattning, återkommande kontroll av hur vald växtlighet utvecklas, samt eventuell kompletterande planteringar. För att reningsprocesserna ska vara långvariga behöver växterna i filterbäddarna skördas för att undvika att de ackumulerade föroreningarna frigörs vid nedbrytning av växterna.

Genomsläppligheten i bädden kan efter ett tag minska och då bör ytlagret luckras upp eller tas bort. Vid långvarig torka kan filterbädden behöva stödbevattnas. En regnbädd kan bidra till mervärden både för miljön och människan. Mer växtlighet i städerna är estetiskt tilltalande och kan exempelvis bidra till att främja biologisk mångfald samt till bättre luftkvalitet. Anläggande av växtbäddar kan även bidra till att uppnå vissa miljömål enligt agenda 2030, till exempel Hållbara städer och samhällen, Bekämpa klimatförändringar och Ekosystem och biologisk mångfald.

En alternativ utformning av föreslagna filterbäddar bedöms kunna vara skälade och nedsänkta grönytor med ett filtermaterial som dagvattnet infiltrerar genom innan det perkolerar till grundvattnet.

5.2.2 Genomsläpplig beläggning (gräsarmering)

För att minska avrinningsvolymen och maxflöden från hårdgjorda ytor kan markbeläggning utföras med en genomsläpplig beläggning. Exempel på genomsläppliga beläggningar är hålstensbeläggningar, grus och permeabel asfalt. Fördröjningsvolymen hos den genomsläppliga beläggningen skapas av själva beläggningen i kombination med porvolymen i det underliggande bärlagret. En fyllning med god porositet kan magasinera en nederbördsvolym på 20 mm på mindre än 10 cm djup (Stockholms stad, 2017).

En genomsläpplig beläggning ger upphov till rening av dagvatten med en avskiljning av föroreningar i flera steg: sedimentation, filtrering och fastläggning. Materialet i beläggningen har en stor betydelse för reningseffekten där reningskapaciteten påverkas av materialets förmåga att binda till sig föroreningar och genomsläppligheten i yta och bärlager. Ett grövre material har en större infiltrationsförmåga men däremot en mindre reningseffekt än hos ett finare material. Figur 5:7 visar ett exempel på en gata och parkering med genomsläpplig beläggning.



Figur 5:7. Parkering och gata med genomsläpplig beläggning (Foto: Norconsult)

5.2.3 Sedumtak

Gröna tak är vegetationsklädda takytor som minskar den totala avrinningen jämfört med konventionella, hårdgjorda tak. Tunna gröna tak, med till exempel sedum, kan minska den totala avrunna mängden på årsbasis med ca 50 %. Gröna tak med djupare vegetationsskikt magasineras enligt Svenskt Vatten (2011) i medeltal 75 % av årsavrinningen. Vidare kan gröna tak ha en ljud- och

värmeisolerande verkan, vilket kan bidra till en bättre inomhusmiljö samt reducera hushållens energibehov för uppvärmning. Det kan också bidra till bättre luftkvaliteter och gynna ekosystemtjänster.

Skötsel av gröna tak görs efter behov i form av eventuell bevattning och rensning av ogräs. Årligen bör kontroll av dräneringsfunktioner, hångrännor och stuprör göras för att se till så att dessa inte växer igen eller sätts igen av dött växtmaterial och vegetationsrester. Vid etableringsfasen är det viktigt att följa upp hur valda växter lyckats etablera sig.

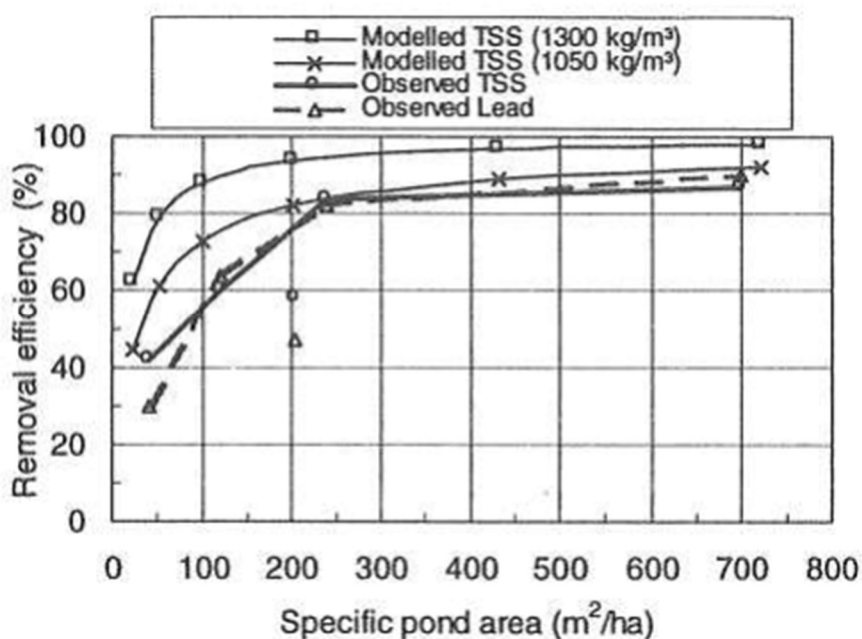
5.2.4 Våt damm

Våta dammar som har en permanent vattenyta är bra för att behandla stora vattenvolymer med dagvatten och har en god reningsgrad om korrekt konstruerad och underhållen. Dammen kan anläggas som en del av parkytan och nyttjas både för dagvattenhantering samt bli ett trevligt inslag i området. Genom att förse dammen med ett strypt eller reglerade utlopp kan det utgående flödet begränsas och dagvatten fördröjas i dammen vid regn. När avrinningen till dammen har minskat töms dammen successivt. Dammar i Uppsala ska ha en tömningstid på minst 24 timmar och på grund av den känsliga recipienten anläggs med tät botten. Figur 5:8 visar en bild på en nyligen anlagd dagvattendamm i Trönninge, Varberg.



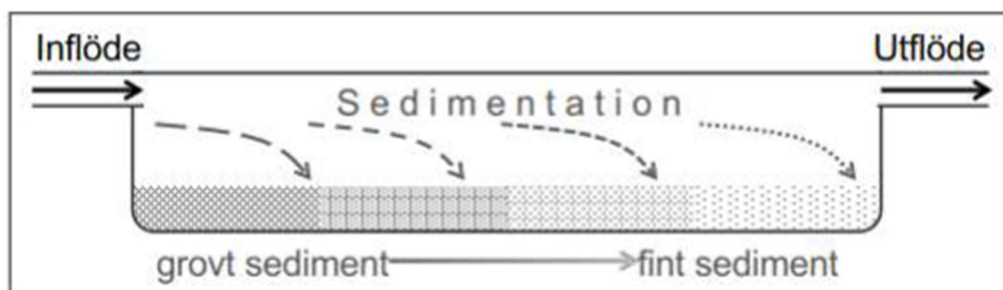
Figur 5:8. Exempel på dagvattendamm i Trönninge i Varberg. Foto: Norconsult

Dammar kräver regelbunden skötsel i form av gräsklippning, rensning av inlopp och utlopp för att de skall fungera tillfredsställande. Ett vanligt problem hos dagvattendammar är att in och utlopp sätter igen och att man fått oönskad vegetationsutbredning om man inte underhåller dammen. Efter tid behöver även sediment tas bort. Det kan göras antingen med hjälp av grävskopa eller via flytpråm och uppsugning av sediment. Avskiljningskapaciteten i en damm styrs i hög grad av dammens specifika yta (Pettersson, 1999). Dammens specifika yta uttrycks i dammarea (m²) per avrinningsområdets reducerade area (ha). Pettersson visar dock att ackumulering av sediment inte ökar om damm-arean överstiger 250 m²/ha. Optimal avskiljningskapacitet är omkring 80 % för metaller och närsalter och uppnås då dammens specifika yta uppgår till omkring 250 m²/ha, se Figur 5:9. En ökning av dammens specifika yta bidrar endast till en marginell ökning av avskiljningskapaciteten.



Figur 5:9. Förhållandet mellan dammens avskiljningskapacitet och dess specifika yta för modellerade och uppmätta halter av TSS och bly. Optimal avskiljning sker vid en specifik yta om 250 m²/ha (Pettersson, 1999)

Vid utformning av våta dammar bör hänsyn tas till längdbredd-förhållandet. I en långsmal utformning ökar reningsgraden då hela dammen nyttjas och minskar risken för så kallad "döda zoner", jämfört med en kort och bred våtmark. I teorin kommer grövre partiklar att avsättas närmast inflödet och finare material längre bort eftersom partikelsedimentationen beror på partikeldiametern, se Figur 5:10.



Figur 5:10 Principskiss för sedimentation av olika kornfraktioner i en damm (Blecken G., 2016).

5.3 Föroreningar efter rening

Som föroreningsberäkningarna i avsnitt 4.5 visade kan ett ökat föroreningsinnehåll i dagvattnet förväntas efter framtida exploatering utan åtgärder för rening jämfört med befintlig situation. Med de föreslagna åtgärderna från avsnitt 5.1 har föroreningspåverkan i dagvattnet beräknats i StormTac för kvartersmarken. Inom kvartersmarken utreddes fyra scenarion där markanvändningen för takytorna och naturmarken justerades. I följande avsnitt med föroreningsberäkningar redovisas resultat från scenario 2-B, då takytor består av hårdgjorda, konventionella tak samt naturmarken hårdgörs.

I föroreningsberäkningarna har, likt beskrivet i avsnitt 5.1, förorenade ytor renats i både filterbäddar och dagvattendamm för att erhålla två reningssteg medan ej förorenade ytor har renats i filterbäddar.

Genomsläpplig beläggning (gräsarmering) föreslås på ytor inom kvartersmarken vilket bedöms ge upphov till en minskad avrinningsvolym och sänkt maxflöde. I StormTac har markanvändningen permeabel beläggning använts för att beskriva föroreningsbelastningen på ytor med genomsläpplig beläggning. Där är markanvändningens typiska halt baserad på data från parkeringsytor men där dagvattenhalterna har sänkts efter dokumenterad reningseffekt från StormTacs databas (StormTac, 2022b). Utifrån detta bedöms det dock finnas en stor osäkerhet i hur väl den framtida föroreningsbelastningen från ytorna med gräsarmering beskrivs i föroreningsberäkningarna med antagna parametervärden.

I avsnitten nedan redovisas först det summerade föroreningsinnehållet i dagvattnet för hela området vid scenario 1-B. Därefter, i avsnitt 5.3.2 och 5.3.3, redovisas föroreningsinnehållet för samma scenario men uppdelat på område A med ej förorenade ytor där dagvattnet tillåts infiltrera och område B med förorenade ytor där dagvattnet leds bort från området efter rening.

Scenario 1-B beräknas ge den högsta hårdgörningsgraden inom området och därmed också den störst beräknade fördröjningsvolymen av de fyra redovisade, varmed det har valts som ett representativt "värsta" scenario vid föroreningsberäkningarna. Vid ett scenario med sedumtak beräknas den total avrunna volymen att minska jämfört med scenarion med hårdgjorda tak, dock medför sedumtak en risk för ökade halter av fosfor och kväve i dagvattnet.

5.3.1 Beräknat föroreningsinnehåll för hela området

Tabell 5:5 visar beräknade föroreningskoncentrationer och föroreningsmängder inom kvartersmarken vid scenario 1-B där taktyper består av hårdgjorda, konventionella tak och den befintliga naturmarken har hårdgjorts. I föroreningsberäkningarna har, likt beskrivet i avsnitt 5.1, förorenade ytor renats i både filterbäddar och dagvattendamm för att erhålla två reningssteg medan ej förorenade ytor har renats i filterbäddar.

Beräkningarna visar att samtliga föroreningskoncentrationer förutom för fosfor (P) och kväve (N) beräknas minska efter rening av dagvattnet jämfört med befintlig situation. Av föroreningsmängderna beräknas P, N, koppar (Cu), krom (Cr) och BaP att öka vid framtida situation med rening jämfört med befintlig situation.

Tabell 5:5. Beräknade föroreningskoncentrationer och föroreningsmängder inom kvartersmarken för befintlig, framtida situation utan samt med åtgärder för rening av dagvatten vid scenario 1-B. Värden som överstiger befintliga värden är markerade med rött

Ämne	Föroreningskoncentrationer (µg/l)			Föroreningsmängder (kg/år)		
	Befintlig	Framtida situation utan rening	Framtida situation med rening	Befintlig	Framtida situation utan rening	Framtida situation med rening
P	16	56	21	0,13	1,17	0,5
N	350	1600	600	2,8	34,2	14
Pb	3,6	5	0,68	0,03	0,11	0,02
Cu	6,7	21	4,2	0,05	0,45	0,10
Zn	19	49	5,9	0,15	1,04	0,14
Cd	0,12	0,31	0,040	0,001	0,007	0,001
Cr	3,1	7	1,5	0,024	0,147	0,036
Ni	3,9	3,8	0,80	0,030	0,08	0,019
Hg	0,008	0,021	0,006	0,0001	0,0004	0,0001
SS	24 000	16 000	4 400	190	335	100
Olja	100	330	28	0,8	7	0,66
BaP	0,006	0,021	0,005	0,00005	0,00045	0,00011

5.3.2 Område A – Ej förorenade ytor

I Tabell 5:6 redovisas beräknade föroreningskoncentrationer och föroreningsmängder för område A med ytor som bedöms som ej förorenade vid framtida situation. Redovisade värden är då dagvatten från ytorna har beräknats genomgå ett reningssteg i filterbäddar. Dagvattnet föreslås därefter perkolera genom den underliggande marken ner till grundvattnet, det är dock inget som har tagits hänsyn till i föroreningsberäkningarna.

Beräkningarna visar att samtliga föroreningskoncentrationer förutom för fosfor (P) och kväve (N) beräknas minska efter rening av dagvattnet jämfört med befintlig situation. Av föroreningsmängderna beräknas P, N, kadmium (Cd), Cr, kvicksilver (Hg) och BaP att öka vid framtida situation med rening jämfört med befintlig situation.

Tabell 5:6. Beräknade föroreningskoncentrationer och föroreningsmängder inom område A med ej förorenade ytor för befintlig, framtida situation utan samt med åtgärder för rening av dagvatten vid scenario 1-B. Värden som överstiger befintliga värden är markerade med rött

Ämne	Föroreningskoncentrationer (µg/l)			Föroreningsmängder (kg/år)		
	Befintlig	Framtida situation utan rening	Framtida situation med rening	Befintlig	Framtida situation utan rening	Framtida situation med rening
P	16	58	22	0,05	0,51	0,19
N	350	1 500	440	1,2	13	3,9
Pb	3,6	4,6	0,59	0,012	0,041	0,005
Cu	6,7	19	1,5	0,022	0,16	0,013
Zn	19	64	3,4	0,062	0,56	0,030
Cd	0,12	0,52	0,052	0,0004	0,0046	0,0005
Cr	3,1	9,7	2,7	0,01	0,085	0,024
Ni	3,9	3,8	0,76	0,013	0,033	0,0067
Hg	0,0075	0,0065	0,0030	2,5*10 ⁻⁵	5,7*10 ⁻⁵	2,6*10 ⁻⁵
SS	24 000	20 000	5 500	79	180	49
Olja	100	27	25	0,34	0,23	0,22
BaP	0,0062	0,0095	0,0035	2,1*10 ⁻⁵	8,3*10 ⁻⁵	3,1*10 ⁻⁵

5.3.3 Område B – Förorenade ytor

Tabell 5:7 redovisar beräknade föroreningskoncentrationer och föroreningsmängder för område B med ytor som bedöms som förorenade vid framtida situation. Redovisade värden är då dagvatten från ytorna har beräknats genomgå två reningssteg i filterbäddar samt damm (dagvatten från spårområde beräknas enbart renas i dammen).

Beräkningarna visar att samtliga föroreningskoncentrationer förutom för fosfor (P) och kväve (N) beräknas minska efter rening av dagvattnet jämfört med befintlig situation. Av föroreningsmängderna beräknas P, N, Cu, zink (Zn), Hg och BaP att öka vid framtida situation med rening jämfört med befintlig situation.

Tabell 5:7. Beräknade föroreningskoncentrationer och föroreningsmängder inom område A med ej förorenade ytor för befintlig, framtida situation utan samt med åtgärder för rening av dagvatten vid scenario 1-B. Värden som överstiger befintliga värden är markerade med rött

Ämne	Föroreningskoncentrationer (µg/l)			Föroreningsmängder (kg/år)		
	Befintlig	Framtida situation utan rening	Framtida situation med rening	Befintlig	Framtida situation utan rening	Framtida situation med rening
P	16	64	20	0,074	0,98	0,31
N	350	1 800	690	1,6	28	11
Pb	3,6	5,5	0,72	0,017	0,084	0,011
Cu	6,7	22	5,7	0,03	0,33	0,087
Zn	19	36	7,3	0,085	0,54	0,11
Cd	0,12	0,19	0,033	0,00057	0,0029	0,00051
Cr	3,1	5,6	0,82	0,014	0,086	0,013
Ni	3,9	3,8	0,82	0,018	0,058	0,013
Hg	0,0075	0,037	0,0073	3,4*10 ⁻⁵	5,7*10 ⁻⁴	1,1*10 ⁻⁴
SS	24 000	10 000	3 700	110	160	56
Olja	100	630	29	0,46	9,6	0,44
BaP	0,0062	0,029	0,0050	2,8*10 ⁻⁵	4,5*10 ⁻⁴	7,7*10 ⁻⁵

5.3.4 Bedömning av påverkan på MKN

Med den föreslagna exploateringen beräknas den reducerade arean inom kvartersmarken att öka med drygt 600 procent och därmed också den avrunna volymen dagvatten från området. Trots rening i två steg blir det därför svårt att nå befintliga föroreningsmängder i kg/år när total avrunnen volym dagvatten ökar.

Redovisade halter i Tabell 5:5 - Tabell 5:7 visar att halterna av samtliga analyserade föroreningar i dagvattnet förutom fosfor och kväve beräknas minska efter rening i föreslagna åtgärder jämfört med befintlig situation. Halter av samtliga analyserade föroreningar ligger klart under föreslagna riktvärden för utsläpp av dagvatten till mindre recipienter (Riktvärdesgruppen, Regionplane- och trafikkontoret, Stockholms läns landsting, 2009). Endast halten av fosfor ligger över gällande miljö kvalitetsnorm för recipienten Fyrisån. Halten av fosfor i utgående vatten från planområdet ligger dock på samma nivå som halten i recipienten Fyrisån och medför således ingen otillåten försämring av statusen i Fyrisån. Inte heller bedöms utsläppet av fosfor från planområdet till Fyrisån på ett allvarligt sätt äventyra möjligheterna att följa miljö kvalitetsnormen för fosfor eftersom vattenflödet ut från planområdet vid medelvattenföring utgör endast 0,007 promille (cirka 0,08 l/s av totalt sett cirka 12 300 l/s) av hela vattenflödet i Fyrisån vid den plats där dagvattnet från planområdet antas rinna ut i ån.

Föreslagen dagvattenhantering är att dagvatten inom område A med ej förorenade ytor tillåts infiltrera i underliggande mark efter att ha renats i filterbäddar. Dagvattnet från område A bedöms därmed inte nå ytvattenrecipienten Fyrisån utan i stället perkolera ner till grundvattnet. Det är därmed endast dagvatten från de förorenade ytorna inom område B som föreslås genomgå två reningssteg som förväntas nå recipienten och kan ha en påverkan på MKN. Med resonemanget ovan om att vattenflödet från planområdet är marginell i jämförelse med det totala vattenflödet i Fyrisån bedöms risken för att framtida exploatering ska riskera målet att uppnå MKN som låg.

6 Skyfallshantering

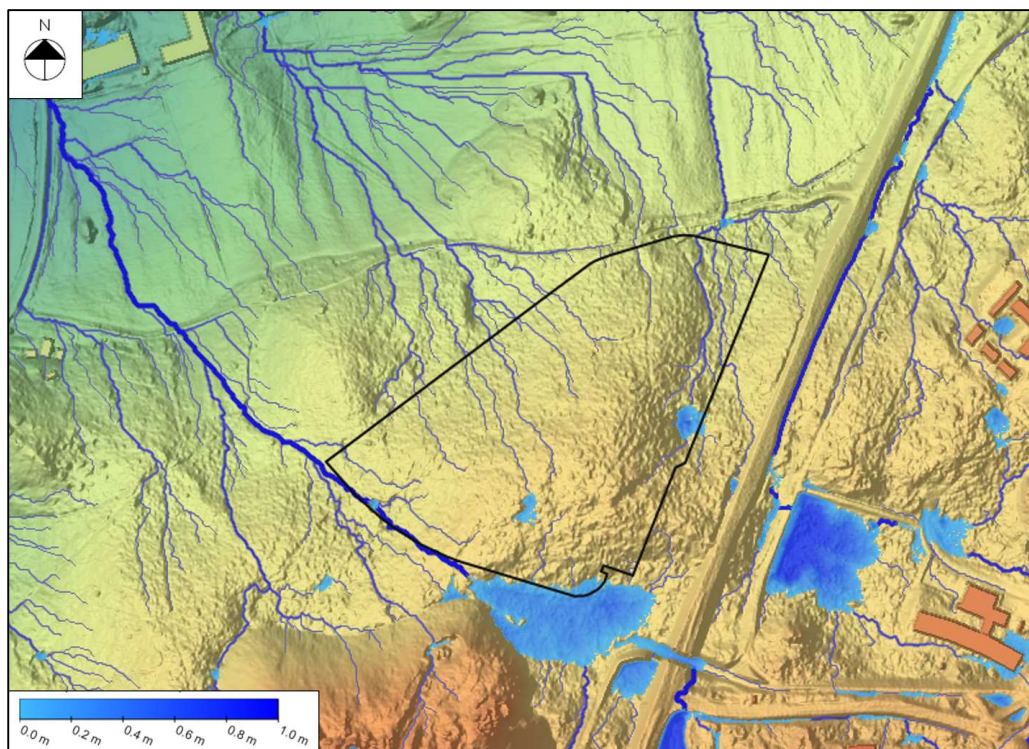
Vid extrem nederbörd förväntas dagvattensystemet inte ha kapacitet att avleda allt dagvatten. Följande avsnitt beskriver hur området förväntas påverkas av kraftiga regn samt förslag på hantering av skyfall.

6.1 Höjdsättning

Svenskt Vatten rekommenderar att nybyggda fastigheter dimensioneras så att marköversvämningar med skador på byggnader sker mer sällan än vart 100:e år bland annat genom att luta marken från byggnader med 1:20 de närmsta ca 3 meter från byggnader. Längre ut kan marken luta med 1:50-1:100. Så kallade sekundära avrinningsvägar ska skapas, där skyfallsflöden kan avledas utan risk. Detta kan till exempel vara längsmed närliggande gator eller grönytor.

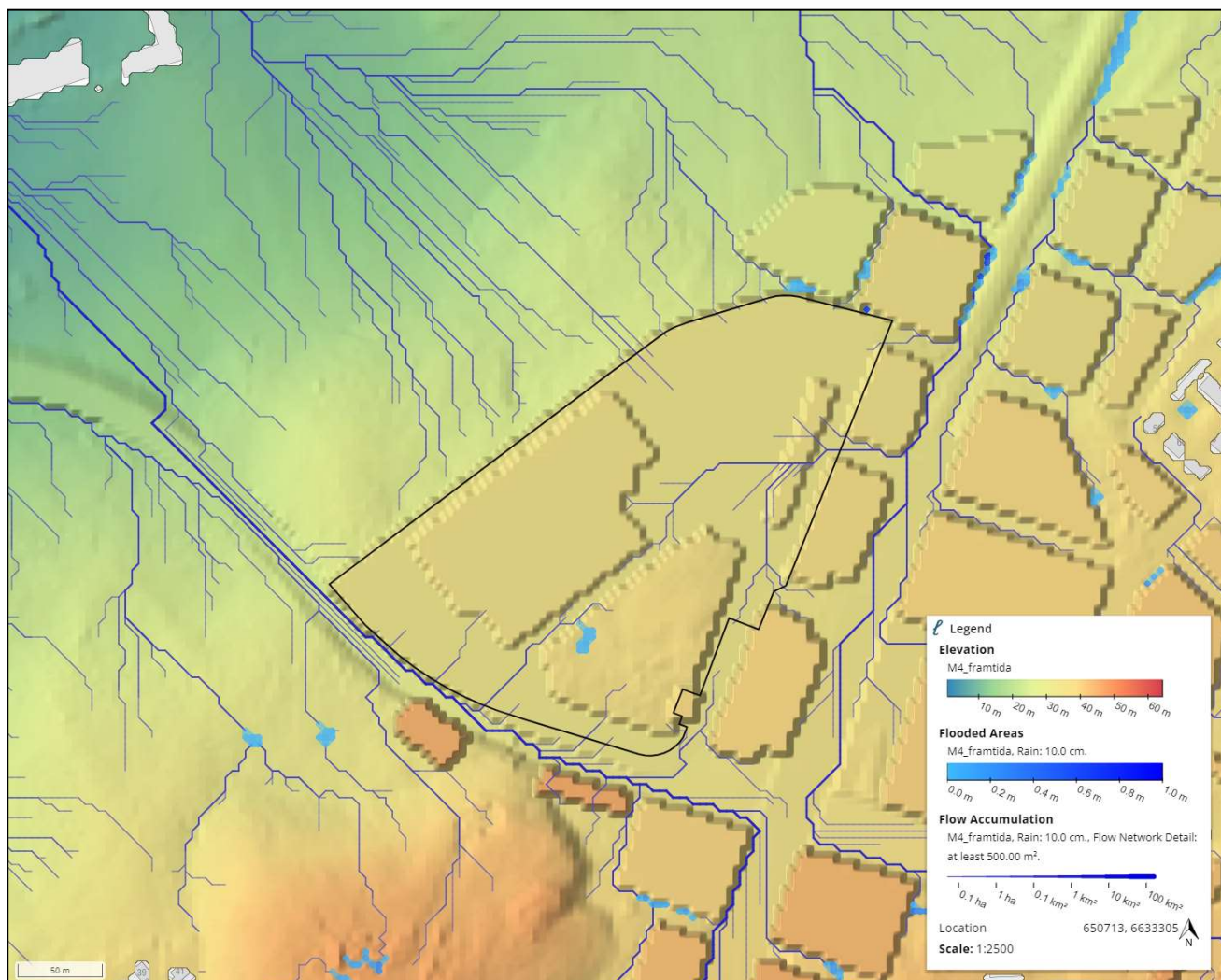
6.2 Instängda områden och hantering av skyfall

För att utreda situationen vid skyfall har lågpunktsverktyget SCALGO Live använts. Programmet används för att översiktligt analysera lågpunkter, avrinningsvägar och avrinningsområden. Den information om lågpunkter och flödesvägar som visas i programmet baseras på marknivåer från flygscanning med en upplösning om 1x1 m. Hänsyn tas dock inte till ledningsnät och brunnar, tidsaspekten eller råheten på ytmaterialet. I Figur 6:1 ses en lågpunkt just söder om kvartersmarken där det vid 50 mm regn beräknas ansamlas en volym på 1 800 m³. Enligt SMHI definieras skyfall som ett regn där nederbörds mängden är 50 mm under en timme, varmed den regnmängden har använts i lågpunktskarteringen.



Figur 6:1. Rinnvägar och beräknade vattendjup i lågpunkter vid befintlig situation i samband med 50 mm regn. Blåa linjer redovisar rinnvägar och blåa områden visar lågpunkter med stående vatten vid 50 mm regn.

Framtida exploatering har en flack höjdsättning med en föreslagen nivå på +33,0 [RH2000] inom kvartersmarken förutom där befintlig naturmark behålls. Figur 6:2 visar översiktliga rinnvägar och Figur 6:3 visar mer detaljerade rinnvägar inom planområdet. En viss lutning föreslås för att leda bort skyfallsvattnet från området åt nordväst mot Fyrisån. Runt depån föreslås en upphöjd stödmur. Det är av stor vikt att det finns släpp i stödmuren för att vatten ska rinna bort från området vid extrema regn.



Figur 6:2. Rinnvägar vid extrema regn för framtida situation. Blå linjer visar flödesvägar med ett avrinningsområde större än 500 m². Planområdet redovisas som svart linje. För mer detaljerad beskrivning om hur vattnet rinner inom planområdet, se Figur 6:3.



Figur 6.3: Skyfallshantering för planområdet. Vattnet ska obehindrat kunna rinna enligt de röda pilarna vid extrema regn. Området är platt för att möjliggöra för spårvägen och därför kan en dämning på några decimeter ske på ytan. Den stödmur som anläggs runt depå behöver ha öppningar för att vatten ska kunna flöda ut.

7 Slutsatser

För att erhålla en hållbar dagvattenhantering med liten risk för att påverka recipienter (både yt- och grundvatten) negativt har dagvattenåtgärder som uppfyller Uppsala vattens riktlinjer om fördröjning av 20 mm regn inom planområdet föreslagits. Då planområdet är beläget inom ett område med hög känslighet för påverkan på grundvattnet föreslås att området delas upp i två områden utifrån dess framtida markanvändning. Ytor som bedöms som rena (ex. tak) föreslås genomgå ett reningssteg i filterbäddar innan det tillåts infiltrera till underliggande mark för perkolation till grundvattnet. Naturmark och grönytor behöver inte renas utan förväntas infiltrera direkt i underliggande mark. Ytor som bedöms som förorenade behöver genomgå rening för att sedan ledas bort från området med känslighet för påverkan av grundvatten. Detta förslag på lösning innefattar två reningssteg där detta är möjligt, i filterbäddar och sedan en damm, innan det leds bort från kvartermarken med ledningar. Det finns andra systemlösningar som uppfyller samma reningsnivå som beskrivs denna utredning, exempelvis den i (WSP, 2023).

Andra slutsatser och betydande punkter som fastställts i dagvattenutredningen redovisas nedan i punktform:

- Föreslagen dagvattenhantering är en lösning men det finns även andra sätt att omhänderta dagvatten. WSP har tagit fram ett förslag på en alternativ systemlösning med krossdike/makadammagasin och filterbrunnar. Båda föreslagna systemlösningar beräknas ge likvärdiga värden på beräknat föroreningsinnehåll i dagvattnet efter rening.
- Exakt placering av föreslagen dagvattendamm är i dagsläget oklart och bör bestämmas i ett senare skede.
- Med föreslagen dagvattenhantering bedöms inte den framtida exploateringen att riskera målet att uppnå MKN för ytvattenrecipienten Fyrisån. Men eftersom det inte bedöms vara möjligt att rena dagvattnet till den grad att föroreningsinnehållet når samma nivåer som för befintlig naturmark föreslås att ett helhetsgrepp tas gällande dagvattenhanteringen för den planerade exploateringen med och kring spårvägen. Detta är ett pågående arbete i föp SÖS.
- Eftersom området är beläget i yttre skyddszon för grundvatten och bedöms som ett område med hög känslighet, **Hd**, finns det särskilda krav på hur dagvatten ska hanteras. Bland annat ska byggnader förses med en släckvattenzon och endast dagvatten från tak och grönytor får infiltreras efter att ha renats i regnbädd. Vatten från asfaltsytor och andra förorenade ytor såsom spårömråden behöver ledas bort från skydds-zonen
- Den totala volymen som behöver fördröjas, störst volym beräknas vid scenario 1-B med hårdgjorda tak och hårdgjord naturmark i mitten av planområdet, uppgår till 602 m³ i filterbäddar från tak och grönytor samt 808 m³ i en damm från spårömråde och asfaltsytor. Vid andra scenario med en lägre hårdgörningsgrad blir den beräknade fördröjningsvolymen inom området mindre.
- Dagvatten från spårömrådet tas i dräneringsledningar till den föreslagna dammen som omhändertar dagvatten från förorenade ytor. Dammen kan antingen anläggas inom depåområdet eller utanför området. Dagvattnet från dammen leds sedan bort från området till en lämplig punkt och utsläppspunkten bör förses med filtermaterial för att skydda den känsliga recipienten.

Gällande översvämningrisk och skyfall är planområdet är flackt med en föreslagen nivå +33,0 [RH2000] på området förutom där befintlig naturmark behålls. En viss lutning föreslås för att leda bort skyfallsvattnet från området så att det till slut kan ledas åt nordväst mot Fyrisån. Förslaget för depån innehåller en upphöjd stödmur. Det är viktigt att det finns släpp i denna för att vatten ska kunna avrinna från området vid extrema regn. Om en slänt anläggs behöver stabiliteten för denna vid skyfall säkerställas

7.1 Framtida utredningar

Punkter som bör utredas vidare i senare skede är:

- Föreslagna lösningar bör studeras mer i detalj i ett senare projekteringskede.
- Anslutningspunkt till dagvattennätet behöver säkerställas.
- Det behöver säkerställas att inget dagvatten från förorenade ytor kan infiltrera.

8 Referenser

- Blecken, G. (2016). *Kunskapssammanställning Dagvattenrening Nr 2016-05*. Svenskt vatten.
- Blecken, G., & Larm, T. (2019). *Utformning och dimensionering av anläggningar för rening och flödesutjämning av dagvatten*. Svenskt Vatten.
- Geosigma. (2018). *Kunskapsspåret - Riskanalys spårväg. Riskanalys av Kunskapsspåret ur grundvattensynpunkt*. Uppsala kommun.
- Länsstyrelsen Uppsala län. (2022). *WebbGIS Uppsala län*. Hämtat från <https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=9ff5d99bf7a540d8b802113bd450249e>
- Pettersson, T. (1999). *Stormwater ponds for pollution reduction*. Göteborg: Chalmers Tekniska högskola.
- Riktvärdesgruppen, Regionplane- och trafikkontoret, Stockholms läns landsting. (2009). *Förslag till riktvärden för dagvattenutsläpp*.
- Stockholms stad. (2017). *Genomsläpplig beläggning*. Stockholms stad.
- StormTac. (2022a). *StormTac Databas v.2022-08-30*. Hämtat från http://data.stormtac.com/show_swf.php
- StormTac. (2022b). *Guide - StormTac Web*.
- Svenskt Vatten. (2016). *P110 Avledning av dag-, drän- och spillvatten*. Stockholm: Svenskt Vatten.
- Trafikverket. (2020). *TRVINFRA-00231*.
- Uppsala kommun. (2021). *Vattenprogram för Uppsala kommun*. Uppsala kommun, KSN-2019-1816.
- Uppsala kommun. (den 27 10 2022). Hämtat från Kommunkartan: <https://uppsalakommun.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=276180675b9a41ef80a7f21ad72ad911>
- Uppsala vatten. (2021). *Riskreducerande åtgärder med avseende på grundvattnets sårbarhet Inom områden med hög och extremt känslig mark*.
- VISS. (2022). *Fyrisån Ekoln - Sävjaån*. Hämtat från <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA67670465>
- VISS. (den 08 12 2022b). *Uppsalaåsen*. Hämtat från VISS Vatteninformationssystem sverige: <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA99626655>
- WSP. (2021). *PM GEOTEKNIK UNDERSÖKNING DEPÅLÄGE SPÅRVÄG*. Uppsala kommun.
- WSP. (2022). • *Kompletterande PM – föroreningsberäkningar detaljplanen kapacitetsstark kollektivtrafik delsträcka D*.
- WSP. (2022). *PM TRAFIK SPÅRVAGNSDEPÅ*.
- WSP. (2022). *UPPSALA SPÅRVÄG DAGVATTENHANTERING*.
- WSP. (2023). *SYSTEMLÖSNING FÖR DAGVATTENHANTERING INO; SPÅRVAGNSDEPÅN*. Uppsala.

Dagvattenutredning depå

Uppdragsnr.: **1083733** Version: **2.1**



Norconsult AB
VA-Teknik Stockholm

Martin Rosén
Martin.rosen@norconsult.com

Carl Edström
Carl.edstrom@norconsult.com