UNDERLAG TILL PLANPROGRAM SÄVE FLYGPLATS

PM DAGVATTEN OCH SKYFALL

Slutversion: 1.0

Datum: 22-10-26

Utarbetad: Kristina Lundgren, Kajsa Enhörning, Frida Kvarnerot, Saif Hussain

Granskad: Anders Kågebäck

Godkänd: Anders Kågebäck

SAMMANFATTNING

I samband med framtagande av programområde för Säve flygplats har denna dagvattenutredning och skyfallsanalys tagits fram i syfte att utreda områdets förutsättningar och ge förslag på hantering för dagvatten och skyfall. Programområdet omfattar ca 550 ha och marken ägs av Castellum och Göteborgs stad, samt några mindre ytor som ägs av Fortifikationsverket och en privat markägare.

Planprogrammets syfte är att skapa ett större sammanhängande verksamhetsområde och samtidigt bevara pågående markanvändning för delar av flygplatsen. Visionen är att skapa plats för ett flexibelt logistiknav, en plats för utveckling av framtidens hållbara flyg och autonoma fordon samt plats för industri, produktionsanläggningar och kontor.

För dagvatten- och skyfallshanteringen är det en rad förutsättningar som är extra viktiga och som begränsar hanteringsmöjligheterna och är avgörande för vilken mark som är lämplig att bebygga. Markavvattningsföretag finns både i och utanför planområdet. Samtliga delavrinningsområden inom planområdet avrinner till markavvattningsföretag vilket innebär att utgående flöde begränsas av hur markavvattningsföretagen en gång dimensionerades.

Förutom markavvattningsföretag så finns det i nästan alla flödesriktningar trummor som dagvattnet måste passera för att lämna planområdet. Dessa trummor begränsar utflödet och kan skapa problem om dagvattnet inte fördröjs eller om skyfallsvatten inte har lämpliga ytor att översvämma.

Området är relativt flackt, även om det finns höjder i områdets nordöstra och sydvästra del. Detta innebär att det är utmanande att få ut vattnet ur området om inte höjdsättningen förändras. Samtidigt är geologin i området inte optimal vilket innebär att marknivåhöjningar är dyra inom planområdet.

Inom de östra delarna (främst nordöstra) av planområdet finns PFAS (Poly- och PerFluorerade Alkylsubstanser)-förorening i mark. Föroreningarna har även uppmätts i ytvatten nedströms planområdet. Grundvattennivåerna i området är sannolikt marknära men fler undersökningar krävs. Det har dock förutsatts i denna utredning att grundvattnet ligger maximalt 1 meter under markytan, vilket begränsar dagvattenanläggningarnas djup.

Lera är den dominerande jordarten i området vilket innebär att infiltrationskapaciteten är låg. Detta, tillsammans med föroreningsrisken i den östra delen av området, innebär att det inte är lämpligt med dagvattenanläggningar som bygger på infiltration.

Kraven som ställs på dagvattenhanteringen inom planområdet är att kvartersmark ska klara reningskraven och bör fördröja minst 10 mm/hårdgjord yta. Allmän platsmark måste fördröja flödena ner till vad markavvattningsföretagen är dimensionerade för. Framtida utredningar och omprövningar av markavvattningsföretag kan ge möjlighet till större flöde men i dagsläget är det vad som gäller.

Skyfallsanalysen har hållit en övergripande nivå med fokus på att åskådliggöra möjlig ytlig vattenavledning för programområdet för att säkerställa att stadens riktlinjer för skyfall uppfylls. Föreslagen klimatanpassad höjdsättning av programområdet Säve samt förändrad gatusektion och profil inom området, kommer att minska risken för översvämning av planerade byggnader inom programområdet vid ett 100-årsregn. Det är dock viktigt att inom varje detaljplan höjdsätta byggnader med en marginal som säkerställer att stadens riktlinjer uppfylls och att de inte påverkas av skyfall vid ett 100-årsregn med klimatfaktor.

Baserat på ovan nämnda förutsättningar och krav samt beräknade fördröjningsbehov, dimensionerande flöden och skyfallsmodellering har denna utredning tagit fram ett förslag på dagvatten- och skyfallshantering. Inom kvartersmark föreslås rening i regnbäddar (med biokol) på tomtmark och i diken med inslag av biodike på gator. Även allmänna gator föreslås ha diken med inslag av biodike för sin rening och fördröjning. För att erhålla fördröjning inom dikena behöver de även trappas. Som uppsamlande fördröjning och sista möjlighet till rening föreslås inom allmän plats torrdammar med inslag av våtmark. De föreslagna dagvattenlösningarna har kapacitet att fördröja allt tillkommande skyfallsvatten efter exploatering med undantaget från avrinningsområde C1. Den tillkommande arean för avrinningsområdet bidrar till en högre avrinning till Osbäcken. Det finns möjlighet till att fördröja större mängd vatten inom avrinningsområdet.

Framtagen terrängmodell bygger på att all avledning av dagvatten och skyfall inom programområdet ska hanteras på markytan och dikesstråk med en längslutning i största möjliga mån 5‰. Grunden till höjdsättningen är dikesbottennivåer som höjdsatts utifrån att vattnet ska kunna ledas ut via befintliga dikesutlopp från programområdet. Nivåer på vägar dikesbottnar bygger på principiell gatusektion som presenterades 2021 (Figur 45 i rapporten). I kommande detaljplaneläggning behöver höjdsättningen förfinas med hänseende av geoteknik och vägprojektering, då finns möjlighet att göra förändringar och förbättringar. Ett avrinningsområde öster om programområdet som idag går in i programområdet föreslås omledas till programområdets södra delar då större ytor för fördröjning finns inom detta område.

Utredningen har även sammanfattat rekommendationer om utbyggnadsordning. Eftersom avrinningsområdenas storlek förändras vid exploatering på grund av ny höjdsättning så finns det kopplingar mellan avrinningsområden. Det vill säga, om exploatering ska ske i ett delavrinningsområde kan det även behövas åtgärder i ett annat, exempelvis byggnation av en frödröjningsanläggning eller rivning av befintligt ledningsnät. Det viktigaste från rekommendationerna är att delavrinningsområde B4, B3, B2a, B2b, C1x och C1 är kopplade till varandra och åtgärder krävs inom samtliga när etapp Mitt exploateras (det är den första etappen som planeras i dagsläget). C1x behöver ledas om till C1. Detta innebär att exploatering i etapp Mitt kräver åtgärder inom etapperna: Norr, Väst och Sydost.

INNEHÅLL

1.	Inledning	7
1.1	Underlag	8
2.	Programområdet	9
2.1	Området idag	9
2.2	Planer för området	11
3	Förutsättningar	14
3.1	Dagvattenhandbok	14
3.2	Fördröjnings- och reningskrav	14
3.3	Ansvarsfördelning	16
3.4	Rekommendationer och krav för skyfallshantering	16
3.5	Ekosystemtjänster	17
3.6	Natur- och kulturintressen	17
3.7	Hydrogeologi	20
3.8	Markmiljö	22
3.9	Befintliga ledningssystem	26
3.10	Befintlig avrinning och dagvattenhantering	30
3.11	Nedströmsliggande diken och vattendrag	43
3.12	Recipienter och MKN	44
3.13	Recipientkontroll	45
4.	Framtida förutsättningar	46
4.1	Typkvarter i planeringsskede	47
4.2	Gator i planeringsskede	47
4.3	Planerade avrinningsområden	49
5.	Dimensionering och fördröjningsbehov	51
5.1	Fördröjningsbehov för kvartersmark: typkvarter	51
5.2	Fördröjningsbehov för kvartersmark: gata	52
5.3	Dimensionering av vägdiken	53
5.4	Fördröjningsbehov och flöden per delavrinningsområde	53
6.	Höjdsättning av området	61
6.1	Metodik	62

6.1 Höjdsättning av dikesstråk, gata och kvarter 63
6.3 Höjdsättning av planprogramområdet 65

7. Översvämningsrisker vid skyfall 68
7.1 Skyfallsmodell 68
7.1.1 Befintlig modell 69
7.2 Resultat 76
7.2.3 Översvämning vid ett 100-årsregn – Framtida förhållanden 83
7.2.4 Översvämning vid ett 30-årsregn – Framtida förhållanden 88
7.2.5 Åtgärdsförslag för att möta kraven 95

8. Föreslagen skyfall- och dagvattenhantering 103
8.1 Avrinningsområde A1 106
8.2 Avrinningsområde A2 107
8.3 Avrinningsområde B1 och B1x 108
8.4 Avrinningsområde B2a, B2b och B2x 109
8.5 Avrinningsområde B3 och B4 111
8.6 Avrinningsområde C1 och C1x 112
8.7 Dagvattenhantering på typkvarter 113
8.8 Dagvattenhantering för gata 114
8.9 Gemensam dagvattenhantering 115
8.10 Särskild dag- och dränvattenhantering på förorenad mark 117

9. Föroreningsbelastning 118
9.2 Resultat 119
9.3 Påverkan på recipient och ytterligare åtgärder 127

10. Rekommendationer för utbyggnadsordning 128

11. Osäkerheter 130
11.1 Osäkerheter i flöden och fördröjning 130
11.2 Osäkerheter MIKE 21-modellering 131
11.3 Osäkerheter i föroreningsberäkningar 132

12. Diskussion, slutsatser och rekommendationer 133

13. Fortsatt arbete 135

14. Referenser 136

15. Appendix 138
15.1 Befintlig markanvändning 138
15.2 Framtida markanvändning 146
15.3 Beräkning av rinntider 155
15.4 Föroreningsberäkningar 156

16. Bilagor 166

1. Inledning

Denna utredning/rapport är framtagen med anledning av Program för Säve flygplats.

Under 2019 sökte Castellum Väst AB planbesked för området kring Säve flygplats med syfte att utveckla området för nya verksamheter och samtidigt behålla flygplatsverksamheten. Byggnadsnämnden beslutade i februari 2020 om positivt planbesked under villkor att ett planprogram togs fram för att närmare undersöka områdets förutsättningar. Programmet har sedan utökats, framför allt med mark som ägs av Göteborgs stad.

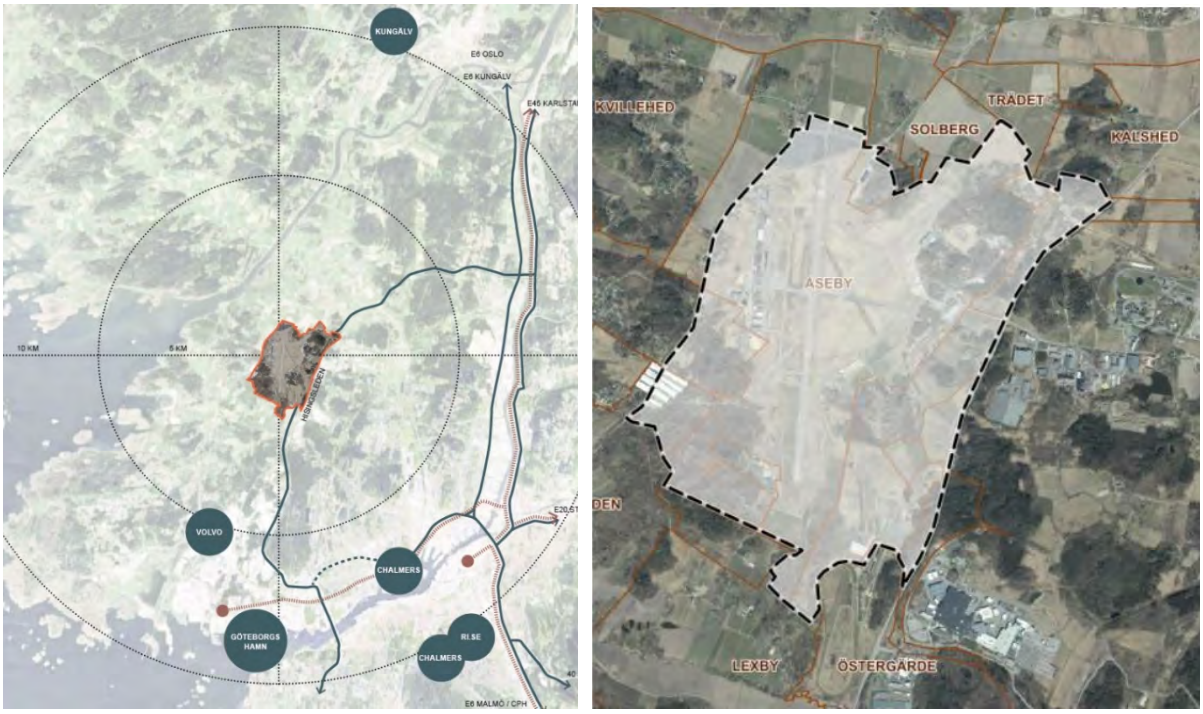
I programarbetet har identifierats behov av ett antal olika fördjupade utredningar för att skaffa mer kunskap, kunna föreslå en lämplig användning och utformning samt för att kunna beskriva konsekvenserna av en utveckling av programområdet. I utredningsskedet har ett större område legat till grund för programarbetet än den slutliga programområdesavgränsningen.

Denna utredning/rapport utgör ett fördjupat underlag för dagvatten och skyfall och har tagits fram som en del av planprogrammet. Utredningen är beställd av Castellum och genomförd av COWI. Stadsbyggnadskontoret och Göteborgs stad har initialt medverkat i inriktning och kravspecifikation för utredningen, medverkat under framtagandet samt granskat och godkänt utredningen/rapporten som underlag för Program för Säve flygplats.

Programområdet omfattar ca 550 ha och marken ägs av Castellum och Göteborgs stad, samt några mindre ytor som ägs av Fortifikationsverket och en privat markägare (se Figur 1).

Syftet med framtagen dagvatten- och skyfallsutredning har varit att studera förutsättningarna och begränsningarna inom programområdet samt visa på nödvändiga åtgärder för att kunna genomföra exploateringen och samtidigt uppfylla stadens riktlinjer för hantering av dagvatten och skyfall. Utredningen har varit en iterativ process tillsammans med Castellum, Fastighetskontoret och Kretslopp och Vatten med målet att identifiera byggbar respektive icke-byggbar mark inom området, samt att kunna identifiera områden som bör öronmärkas för just dagvatten- och skyfallshantering.

En första utredning genomfördes 2020–2021 baserat på en tidigare grov strukturskiss över området, med syfte att kunna föreslå en övergripande lösning för en sammanhängande hantering av dagvatten och ytliga avrinningsvägar inom området. I följd med att fler utredningar gjordes inom, samt utanför området och en ny utformning och struktur togs fram av Castellum och stadsbyggnadskontoret uppstod behov av att uppdatera den tidigare utredningen. Denna utredning är ett fortsättningsuppdrag som inkluderar nya förutsättningar utifrån kompletterande utredningar, en grov höjdsättning av programområdet samt en skyfallsmodellering i GIS och Mike Flood.



Figur 1. Säve i omvärlden samt planprogrammets avgränsning markerat med svart streckad linje.

1.1 Underlag

Det underlag som legat till grund för denna utredning är:

- Dagvattenutredning för Göteborg City Airport AB, Säve, SWECO, 2015
- Recipientkontroll Säve Flygplats Maj 2020, COWI, 2020
- PM Geoteknik Castellum Säve, SWECO, 2021a
- Redovisning av miljötekniska markundersökningar inför planprogram, SWECO, 2021b
- Dagvatten, så här gör vi! Handbok för kommunal planering och förvaltning, Göteborgs stad, 2010
- Bilaga 1 – Överenskommelse om samverkan angående dagvatten och vattendrag inom Göteborgs stad, 2021
- Reningskrav för dagvatten, Göteborgs stad, 2021
- Säve flygfält skyfalls- och dagvattenutredning, DHI, 2022
- Strukturskiss daterad 2022-04-20
- Markavvattningsföretag som berör Säve planprogram: plan för hantering, Norconsult, 2022
- Naturvårdsverkets naturvårdsregister: https://skyddadnatur.naturvardsverket.se/
- Skogsstyrelsens samlade karta för kultur- och naturhänsyn: https://kartor.skogsstyrelsen.se/kartor/
- Länsstyrelsernas geodatakatalog: https://ext-geodatakatalog.lansstyrelsen.se/GeodataKatalogen/
- Jordartskartan 1:25 000 – 1:100 000 (SGU, 2021-11-03)
- Markanvändningskarta (Naturvårdsverket, 2021-11-25))
- Modelldokumentation av Strukturplansmodeller; Dokumentation av Skyfallsmodeller uppsatta 2020, Göteborg Kretslopp och Vatten har använts inom uppdraget för val av värden för infiltration och manningstal i modellen.
- PM Geoteknik Castellum Säve, SWECO, 2021a
- Befintlig terrängmodell (Lantmäteriet, 2021-11-18)

- Fastighetskartan (Lantmäteriet, 2021-11-16)

Genomgående i denna utredning har koordinatsystem SWEREF 99 12 00 och höjdsystemet RH 2000 använts. Samtliga beräkningar och analyser över området har baserats på nationell marktäckedata framtaget av naturvårdsverket.

2. Programområdet

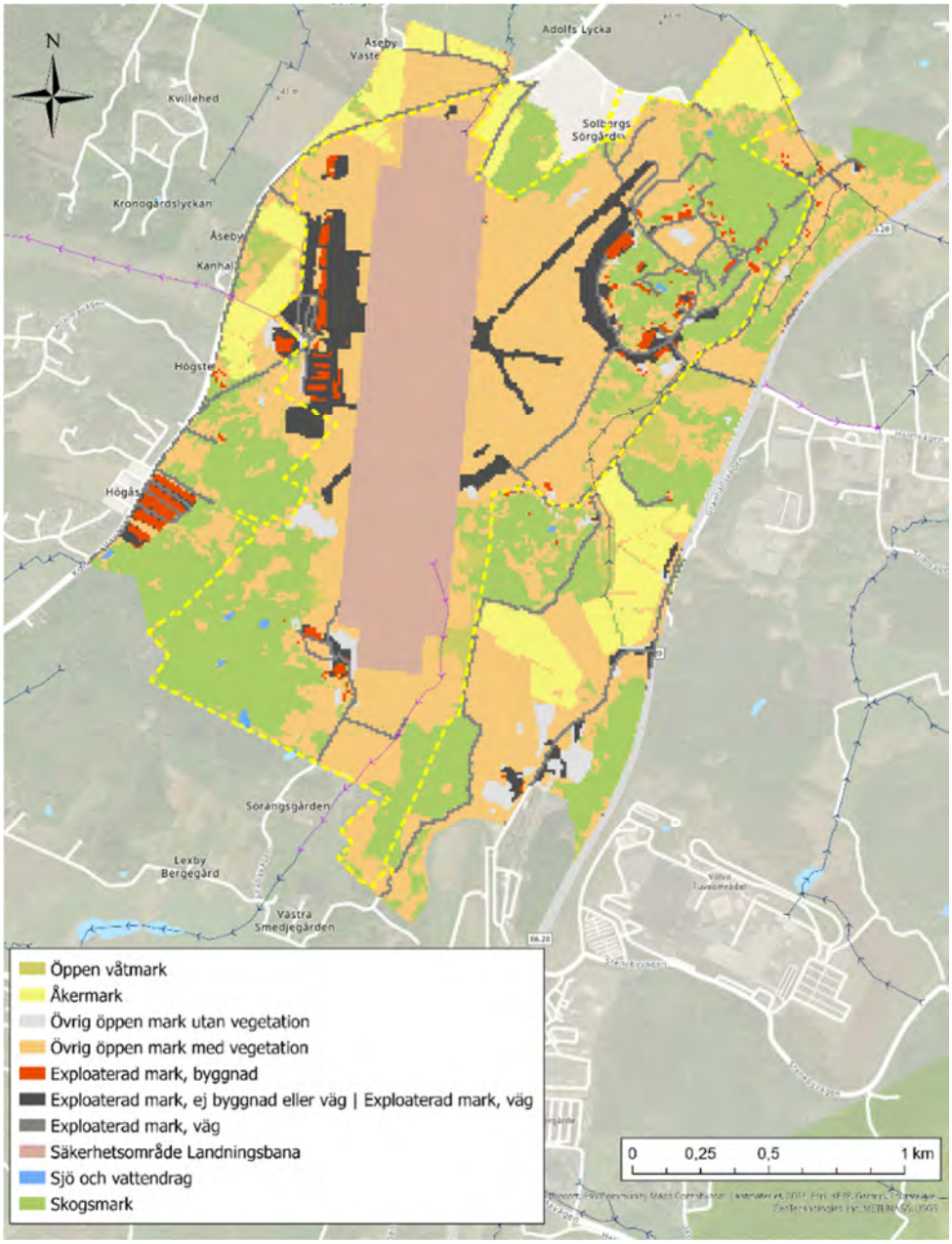
Programområdet omfattar ca 550 ha och marken ägs av Castellum och Göteborgs stad, samt några mindre ytor som ägs av Fortifikationsverket och en privat markägare. Nedan beskrivs området i nuläget samt framtida planer.

2.1 Området idag

I nuläget är det i första hand flygplatsverksamhet inom området men det finns även blandade verksamheter med sammanlagt upp emot 500 anställda. Stora delar av programområdet är obebyggt och det finns en del rena naturområden. Majoriteten av området, ca 60 %, består av öppen mark varav närmare 48% består av öppen mark med vegetation. Ungefär 26% är skogsmark och ca 14 % är exploaterad mark i form av asfalterade ytor och byggnader. Byggnader kopplat till flygverksamheten finns främst i områdets nordvästra hörn (se Figur 2 och Figur 3). Efter att in- och utrikesflyget lades ned år 2015 på Säve, eller Göteborg City Airport som det då hette, har det fortsatt varit flygverksamhet på platsen, som polisflyg, ambulanshelikopter, flygutbildningar, privatflyg och företagsflyg. I syd ligger en ridskola och ett skogsområde. I nordost ligger ett skogsområde med flera äldre militära byggnader och området används även bland annat för logistik. I Figur 3 återges områdets befintliga markanvändning enligt Sveriges nationella marktäckedata[1] med 10 meters upplösning.

Figur 2. Foton på hur delar av området ser ut idag. Till vänster: Befintliga verksamheter i delavrinningsområde A2. Till höger: Delar av befintlig landningsbana och öppna grönytor mot söder och delavrinningsområde C1.

[1] *Nationella marktäckedata (NMD) är en heltäckande kartering av Sverige med 10 meters upplösning.*



Figur 3. Befintliga marktäckedata över området med en geometrisk upplösning på 10x10 meter.

2.2 Planer för området

Planprogrammets syfte är att skapa ett större sammanhängande verksamhetsområde och samtidigt bevara pågående markanvändning för delar av flygplatsen. Visionen är att skapa plats för ett flexibelt logistiknav, en plats för utveckling av framtidens hållbara flyg och autonoma fordon samt plats för industri, produktionsanläggningar och kontor (se visionsbild i Figur 4).

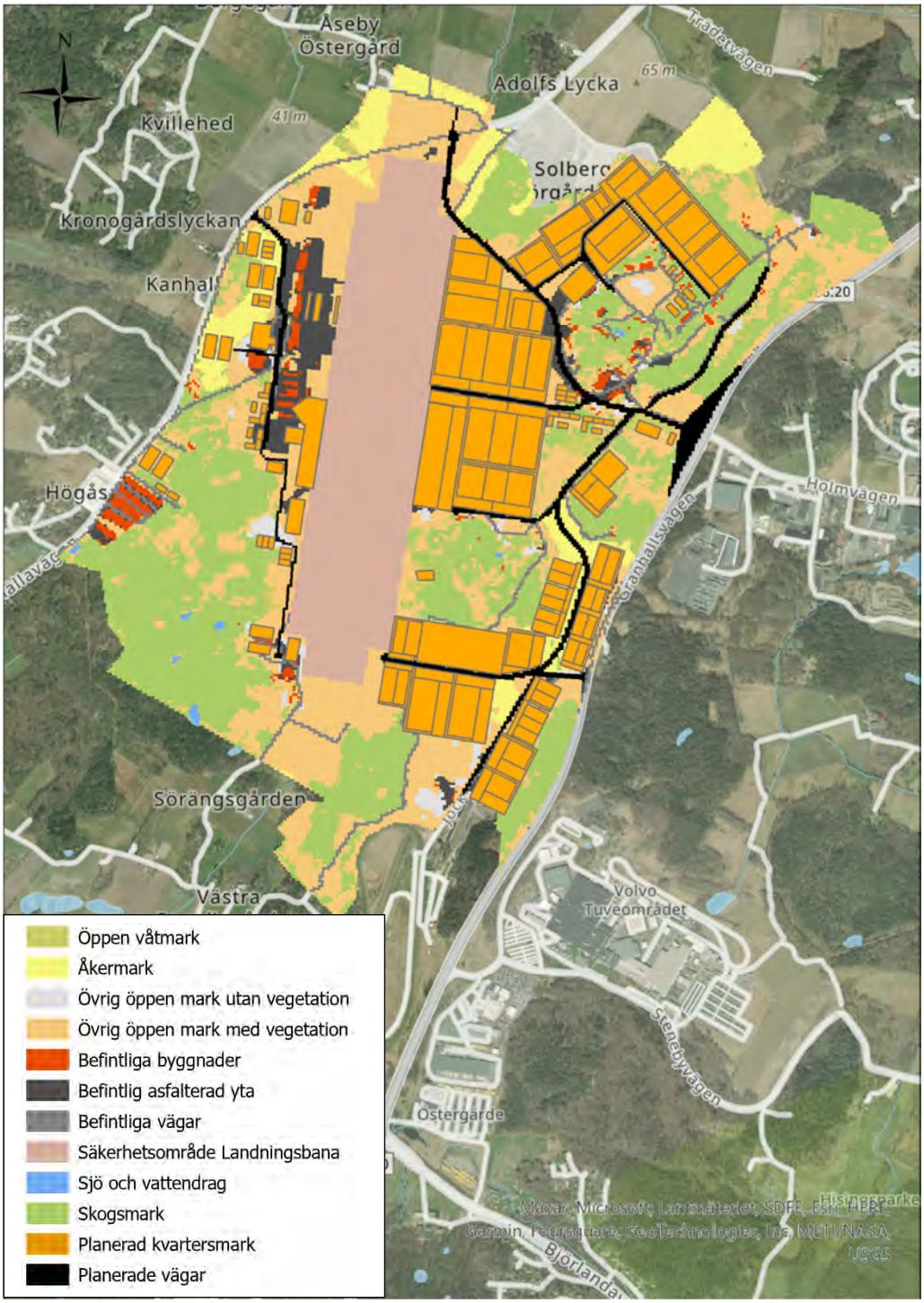
Figur 4. Illustration över områdets framtida utformning (Castellum, 2020).

De verksamheter som kräver mest utrymme och är mest trafikalstrande planeras i första hand förläggas i området östra del. Här finns större ytor och en nära koppling till Hisingsleden för transporter samtidigt som störning för befintliga bostäder är som minst. Huvudinriktningen med avseende på markanvändning för västra sidan av området är innovation och kontor, dvs mer personalintensiva verksamheter.

Området kommer utvecklas i etapper och förväntas vara fullt utbyggt inom 15–20 år (se etappindelning i Figur 5). Totalt sett förväntas markanvändningen i området förändras[2] enligt Figur 6.

[2] Det förutsätts att markanvändningen utanför planerade kvarter och vägar förblir likt i dagsläget eller att åtminstone hårdgjordhetsgraden består. Så även om befintlig åkermark inte brukas i ett framtida scenario så förutsätts ytan ändå fortsatt vara grön och ha samma avrinningskoefficient.

Figur 5. Förslag och uppdelning av etapper. Arbetsmaterial daterat 2022-09-01.



Figur 6. Planerad markanvändning[2] över området där befintligt marktäckedata har kompletterats med planerad exploatering.

3 Förutsättningar

3.1 Dagvattenhandbok

Göteborg stad har en dagvattenhandbok (2010) som beskriver generella rekommendationer för hur dagvatten ska hanteras i staden. Planering av nya områden bör enligt handboken bygga på följande principer:

- Dagvatten bör hanteras så lokalt och nära källan som möjligt för att minimera uppkomsten av flöden och föroreningar.
- Dagvatten från hårdgjorda ytor ska fördröjas och, om nödvändigt, renas genom LOD (lokalt omhändertagande av dagvatten) innan det avleds till diken, recipienter eller ledningar.
- I sista hand kan dagvatten avledas direkt till ledningsnätet.

Ny bebyggelse bör ta hänsyn till befintliga vattenstråk och lågpunkter och öppna dagvattenlösningar förespråkas (Göteborg stad, 2010). För att minska avrinningen anger handboken gröna tak och genomsläpplig beläggning som lämpliga åtgärder.

3.2 Fördröjnings- och reningskrav

Göteborg stad har som generellt fördröjningskrav inom kvartersmark att 10 mm/m² hårdgjordyta ska fördröjas (Göteborgs stad, 2021). Men det är också nödvändigt att ta hänsyn till kapaciteten hos befintliga diken och vattendrag som kommer att ta emot dagvattnet från området. Utredningen kommer därför att undersöka fördröjningsvolymer för följande scenarion, i syfte att utifrån resultaten välja en strategi för det fortsatta arbetet:

1. Avledning av framtida 30-årsregn
2. Fördröjning av framtida 30-årsregn till motsvarande ett befintligt 10-årsregn
3. Fördröjning av framtida 30-årsregn till motsvarande flöden som markavvattningsföretagen är dimensionerade för
4. Fördröjning av framtida 100-årsregn till motsvarande flöden som markavvattningsföretagen är dimensionerade för
5. Skillnad i volymer mellan ett framtida 30-årsregn och 100-årsregn.

Fokus för utredningen är alternativ 3 eftersom det motsvarar de förhållanden som finns på platsen idag. Tills en eventuell omprövning sker så får inte flödet till markavvattningsföretagen från planområdet överstiga det som markavvattningsföretagen är dimensionerade för. Detta alternativ motsvarar även störst fördröjningsbehov och är på det viset ett sorts värstafallscenario[3]. Möjlighet att ompröva markavvattningsföretagen och öka kapaciteten i nedströmsligganden diken ska undersökas i kommande arbete vilket kan leda till att någon av de andra alternativen kan bli aktuella.

Vidare antas att denna fördröjning *inte* ska räkna med fördröjning som sker inom kvartersmark. Däremot ska dagvattenhanteringen inom kvartersmark och gator klara av

[3] Avser scenario 1-3. Scenario 4 är för 100-årsregn vilket dagvattenanläggningarna inte ska dimensioneras för.

reningskraven, se Tabell 1 (Miljöförvaltningen, Göteborg stad 2020). Det minsta insatsen på kvartersmark är 10 mm/ hårdgjord yta men om reningen kräver mer ska mer göras.

Dagvattnet från fastigheter och vägar men också delavrinningsområdena som helhet ska renas ner till de riktvärden som anges i Tabell 1 innan vattnet släpps ut från området. Denna utredning ska även kontrollera mängder och jämföra hur såväl halter som mängder i framtiden förändras jämfört med den nuvarande markanvändningen. Det är viktigt att inte försämra dagvattenkvaliteten för att ta hänsyn till miljökvalitetsnormerna (MKN) för recipienterna. Läs mer om detta i avsnittet nedan.

I samråd med Kretslopp och Vatten har reningskravet för Osbäcken, som endast är en "känslig recipient" valt att sättas till samma som övriga recipienter för planområdet, vilka är "mycket känsliga" recipienter. Kravet är alltså lite mer ambitiöst än normalt för känsliga recipienter.

Tabell 1. Göteborgs riktvärden för föroreningshalter i dagvatten till "mycket känslig recipient" Miljöförvaltningen Göteborgs Stad (2020).

Ämne/parameter	Riktvärde
Arsenik	16 µg/l
Bly	28 µg/l
Kadmium	0,9 µg/l
Koppar	10 µg/l
Krom	7 µg/l
Kvicksilver	0,07 µg/l
Nickel	68 µg/l
Zink	30 µg/l
Oljeindex	1000 µg/l
Suspenderat material	25 mg/l
pH	6,5-9
Fosfor*	Platsspecifikt vid behov, utgå från 50 µg/l
Kväve*	Platsspecifikt vid behov, utgå från 1250 µg/l

* Ska analyseras vid kontinuerliga utsläpp

3.2.1 Miljökvalitetsnormer

Enligt EU:s ramdirektiv för vatten (2000/60/EG) har miljökvalitetsnormer (MKN) fastställts för alla Sveriges ytvatten, grundvatten och kustvatten. Direktivets bestämmelser anger att försämring av yt-, grund-, och kustvatten inte får ske och dessa bestämmelser är bindande för medlemsstaterna. Enligt Weserdomen från EU-domstolen (meddelades 1 juli 2015, mål C461/13) gällande hur MKN ska tolkas och tillämpas i tillståndsärenden, gäller att medlemsstaterna (med förbehåll för att undantag kan beviljas) är skyldiga att inte meddela tillstånd till verksamheter som riskerar att orsaka en försämring av status eller när

uppnåendet av god ekologisk status, god ekologisk potential eller god kemisk ytvattenstatus äventyras.

3.3 Ansvarsfördelning

Eftersom dagvattenhantering sträcker sig över administrativa gränser finns det ett behov av att vara tydlig gällande både ansvars- och kostnadsfördelning. På kvartersmark är det fastighetsägaren som ansvarar för sina dagvattenanläggningar och då även kostnaden och underhåll för dessa. Inom allmän platsmark är det Kretslopp och Vatten (KoV), kommunens VA-huvudman, som har det övergripande ansvaret för hantering av dagvatten. I de allra flesta fall är det KoV som både finansierar, äger och underhåller en dagvattenanläggning på allmän platsmark. Det kan dock bli aktuellt med "multifunktionella dagvattenanläggningar" som har flera olika funktioner åt olika förvaltningar. I ett sådant fall delar KoV funktionsansvar och finansiering med TK/Ponf.

3.4 Rekommendationer och krav för skyfallshantering

Skyfall är ett ovanligt regn vars höga intensitet överstiger belastningen som dagvattensystemet är dimensionerat för. Regnets storlek beskrivs bäst med begreppet ”återkomsttid ” (Svenskts vatten, 2018) som avspeglar hur ofta en händelse inträffat historiskt. Länsstyrelserna Stockholms län och Västra Götalands län (2018) och Boverket (2018) har tagit fram rekommendationer för planläggning av ny bebyggelse med hänsyn till skyfallsrisk. Enligt Göteborgs riktlinjer (Göteborgs Stad, Stadsbyggnadskontoret, 2018) ska ny bebyggelse anpassas efter ett klimatanpassat regn med 100 års återkomsttid. Vid ett klimatanpassat regn har hänsyn tagits till framtida förändrade nederbördsmönster och en klimatfaktor har beaktats. Klimatfaktor varierar beroende på tidshorisont och var i landet man befinner sig. Göteborg har valt att använda en klimatfaktor på 1,2 för ett regn med 100 årsåterkomsttid vilket innebär att regnvolymen väntas ökas med 20 % (TTÖP-2019-04-25).

Rekommendationen enligt TTÖP (Göteborgs Stad Stadsbyggnadskontoret, 2019) är att planen ska tillgodose följande:

- Ny bebyggelse ska inte skadas eller orsaka skada vid en översvämning från minst ett 100-årsregn. Detta innebär att man skall ha en säkerhetsmarginal från vattenyta vid max vattendjup i samband med klimatanpassat 100-årsregn till färdigt golv på minst 0,2 m.
- Skydd av samhällsviktiga anläggningar (minst 0,5 m marginal från vattenyta till färdigt golv och vital del nödvändig för byggnadsfunktion).
- Framkomlighet på prioriterade vägar (max 0,2 m på vägen).
- Framkomlighet till/från planområdet (max 0,2 m på vägen).
- Framkomlighet till entréer inom planen (max 0,2 m på vägen).
- Samhällsviktig verksamhet ges en högre säkerhetsnivå.

- Det nya planområdet inte ska öka översvämningsrisken för omliggande områden med befintlig bebyggelse.
- Effekten av ett framtida klimat under bebyggelsens förväntade livslängd beaktas.
- Översvämningssituationen inom eller utanför planen skall inte försämras.
- Planen ska beakta strukturplaner.

I Tabell 2 visas kraven på vattendjup i relation till höjdsättning av samhällsviktiga anläggningar, nyanlagda byggnader och prioriterade stråk och utrymningsvägar.

Tabell 2. Krav på höjdsättning för att minska översvämningsrisk (Göteborg Stad Stadsbyggnadskontoret, 2019)

Funktion/ Skyddsobjekt	**Dimensionerande händelse/ planeringsnivå**		
	Högvatten Återkomsttid 200 år	*Höga flöden Återkomsttid 200 år*	*Skyfall Återkomsttid 100 år*
Samhällsviktig anläggning - nyanläggning	1,5 meter marginal till vital del	Över nivå för Beräknat Högsta Flöde (BHF)	0,5 meter marginal till vital del
Samhällsviktig anläggning - befintlig	0,5 meter marginal till vital del för funktion		
Byggnad och byggnadsfunktion - nyanläggning	0,5 meter marginal till färdigt golv och vital del nödvändig för byggnadsfunktion	0,2 meter marginal till färdigt golv och vital del nödvändig för byggnadsfunktion	
Framkomlighet – nyanläggning högprioriterat vägnät och utrymningsvägar	Max djup 0,2 meter		

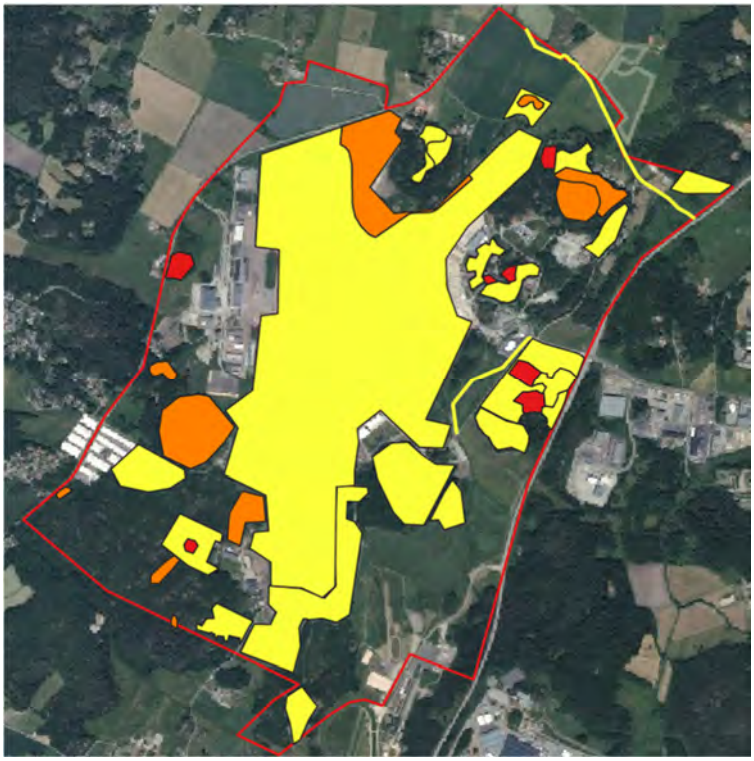
3.5 Ekosystemtjänster

Castellum har en ambition om att skapa ett innovativt och hållbart område och har därför mål avseende ekosystemtjänster. Målet är att, inom Castellums del av programområdet, återskapa det totala sammanvägda värdet av alla ekosystemtjänster. I detta åtagande ingår bland annat ekosystemtjänsterna "Skydd mot extremväder" och "Rening och reglering av vatten". Därmed är dagvattenhantering direkt kopplat till målet om ekosystemtjänster. Öppna och blå-gröna lösningar kommer därför att förespråkas framför underjordiska magasin och avledning i ledningar[4]. Mer om ekosystemtjänster kan läsas i rapporten för kompensation av ekosystemtjänster (COWI, 2021).

3.6 Natur- och kulturintressen

Under hösten 2022 utförde COWI en naturinventering för programområdet. Denna visade att det finns flera naturvärdesobjekt och biotopskyddsobjekt i området, (se Figur 7). Mer om områdena kan läsas i rapporten för naturvärdesinventeringen (COWI, 2022).

[4] Observera att dessa lösningar även är att föredra på grund av områdets flacka topografi.

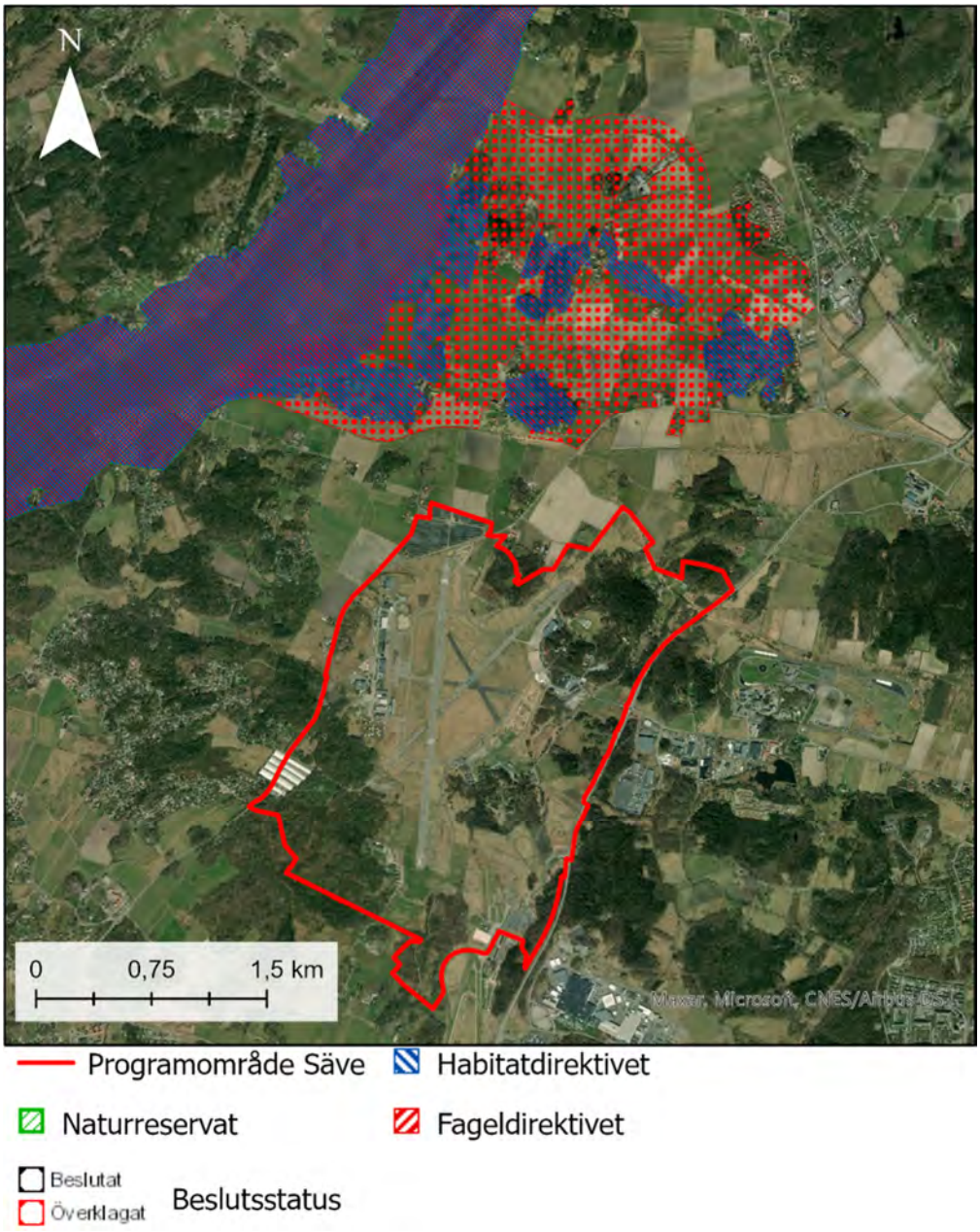


Figur 7. Översiktskarta med naturvärdesobjekt. Rött=klass 2 (högt naturvärde), orange=klass 3 (påtagligt naturvärde) och gult=klass 4 (visst naturvärde). (COWI, 2022).

Norr om planområdet ligger flera mindre Natura 2000 områden med syfte att värna om jordbrukslandskap längs Sveriges västkust (se blå områden i Figur 8). Dagvattnet från planområdet kommer inte att påverka dessa eftersom dagvattnet följer med en bäck ut till Nordre Älv innan det når dessa skyddade områden.

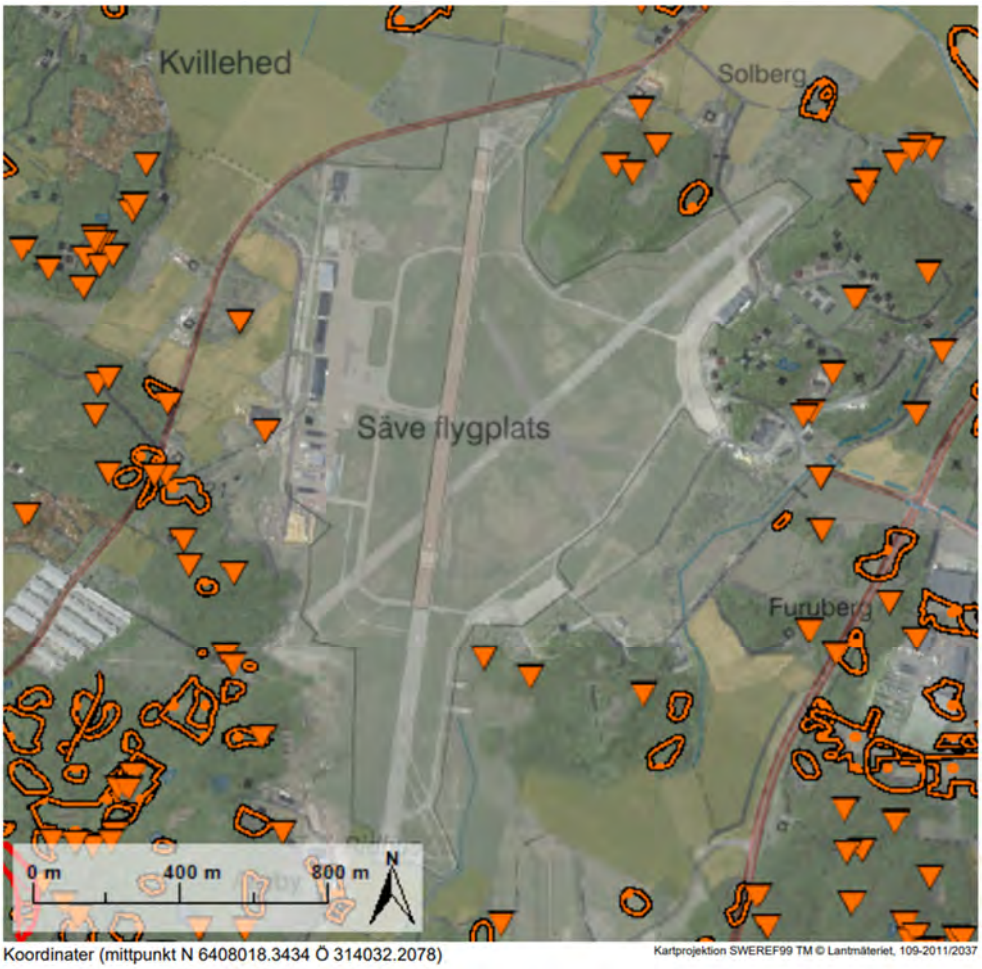
Nordre Älv och dess norra strandzon omfattas av ett eget Natura 2000 område samt är ett naturreservat (Nordre älvs estuarium), detta område ses i röd/blått/grönt i nordväst i Figur 8. Anledningen till att estuariumet är ett Natura 2000 område är att det förekommer ålgräsäng som är ett viktigt habitat för födosök för många arter. Lax och öring vandrar även upp genom älven för att leka.

Till grund av programområdets hårda krav på rening och fördröjning av dagvatten bedöms ingen förvärring för aktuella arter i Natura 2000 området ske. Därav finns det inte i dagsläget behov av ansökan för dispens för programområdet.



Figur 8. Skyddad natur i närheten av planområdet (från Naturvårdsverkets karta "skyddad natur").

Runt om programområdet och i skogsområdena i nordost och sydväst finns flera fornlämningar registrerade (Figur 9).



Figur 9. Karta över fornlämningar och övriga kulturhistoriska lämningar hämtad från Skogstyrelsens "Skogens pärlor".

3.7 Hydrogeologi

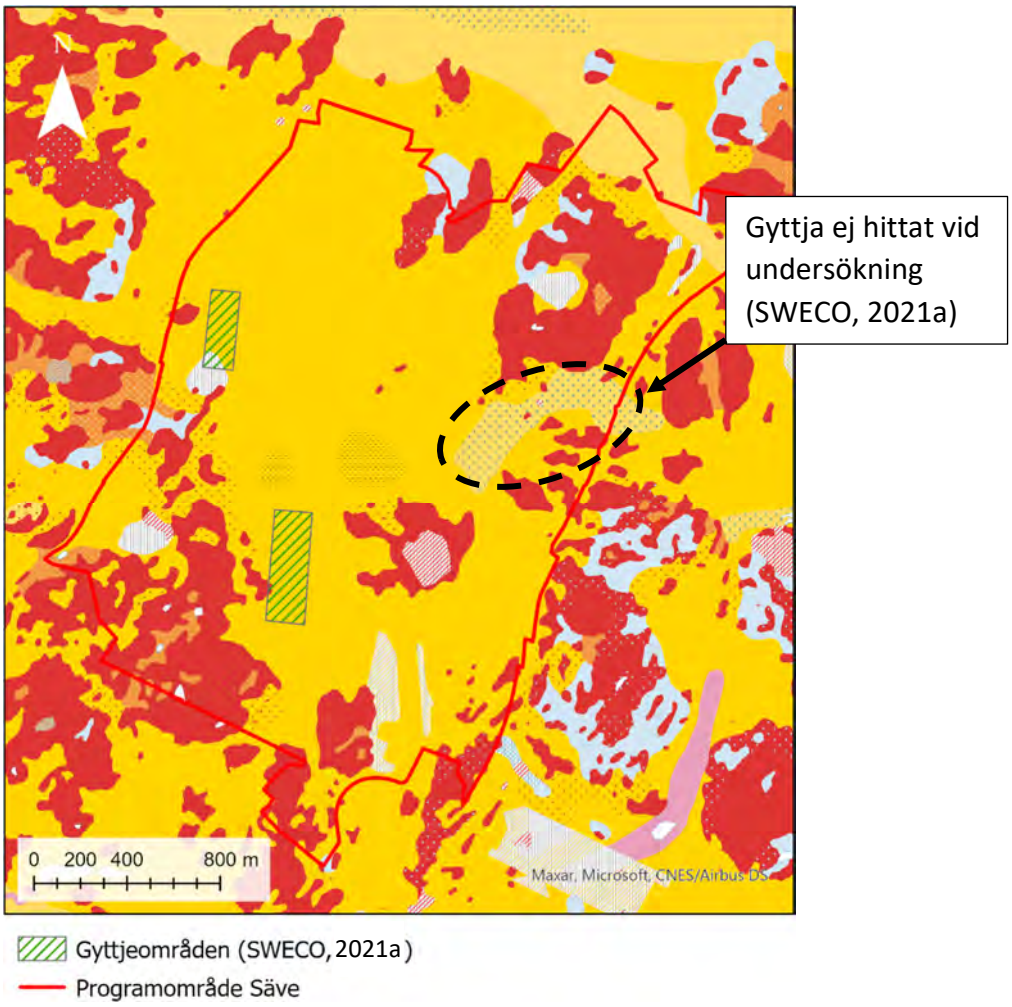
Nedan beskrivs områdets hydrogeologi kort utifrån PM geoteknik (SWECO, 2021a).

Jordlagren i området består generellt av mulljord ovan 1-1,5 m torrskorpelera. Därefter följer lera med av varierande mäktighet, som mest ca 35 m, innan friktionsjord tar vid (SWECO, 2021a). Undersökningarna har visat på förekomst av gyttja (ca 2-6 m djup) i två områden: nordväst och syd (Figur 10). Däremot kunde undersökningen inte konstatera gyttja i det område som SGU:s jordartskarta pekat ut (Figur 10).

Skogspartierna i nordost och sydväst är kuperade med förekomst av berg i dagen, vilket kan anas utifrån SGU:s jordartskarta som ses i Figur 10 (SWECO, 2021a). Enligt undersökningen finns i öst en del kärrmark där stående vatten tidvis ses i marknivå. I dessa områden är infiltrationsmöjligheten dålig.

Grundvattennivå har undersökts i två grundvattenrör och i två portrycksstationer. I de översta jordlagren kan den fria vattenytan variera och tidvis vara i nivå med markytan. Utförda mätningar visar på ett hydrostatiskt portryck från en grundvattenyta belägen ca 1 meter under befintlig markyta (SWECO, 2021a).

Eftersom lera dominerar i området är infiltrationsmöjligheterna inte särskilt goda då lera generellt har låg hydraulisk konduktivitet. Detta är sannolikt en bidragande orsak till att "grundvattennivån" ibland observeras i marknivå. Torrskorpelera kan ha god genomsläpplighet då sprickor lätt skapas i sådan lera. Men generellt låg infiltrationsmöjlighet samt hög grundvattenyta innebär att dagvattenlösningarna i området behöver ha ett utlopp av något slag för att kunna tömmas då infiltration inte kommer vara tillräcklig. Hög grundvattenyta innebär också att vid beräkningar av ytbehov kommer antaget djup på anläggningarna att behöva vara relativt grunda.



Figur 10. Jordartskarta (SGU) över planområdet. Klargul = glacial lera, röd=urberg, vit/grårandig=fyllning, ljusgul/blåprickig=gyttjelera, orange med vita prickar = glacial lera.

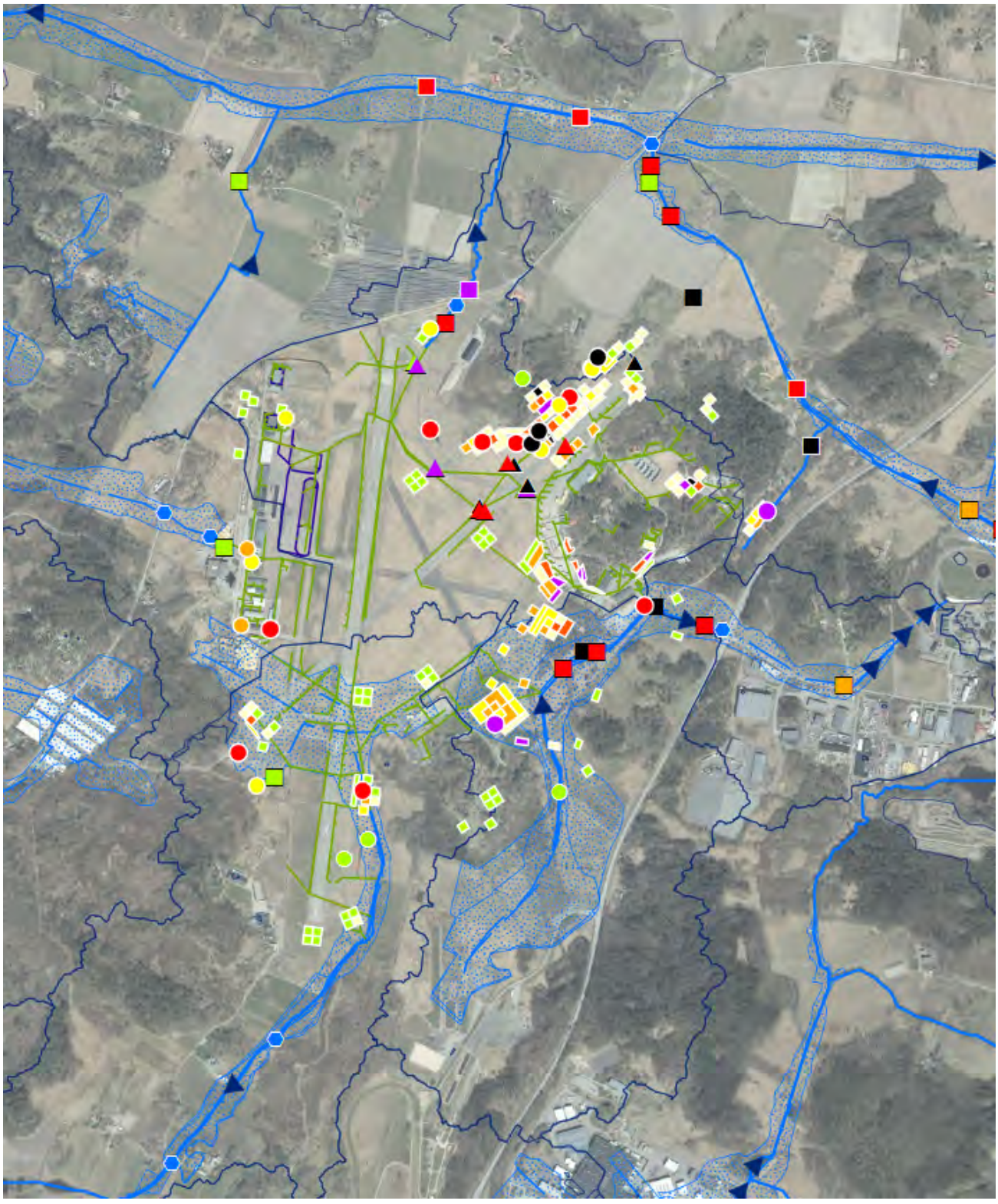
3.8 Markmiljö

I områdets sydvästra del finns en gammal deponi, Hovgården (se Figur 11). Hushållssopor och industriavfall har hanterats tidigare men ingen deponering har skett sedan 1988 (SWECO, 2021a). I de nordöstra delarna har även slamm tillförts, läs mer i SWECO (2021b).

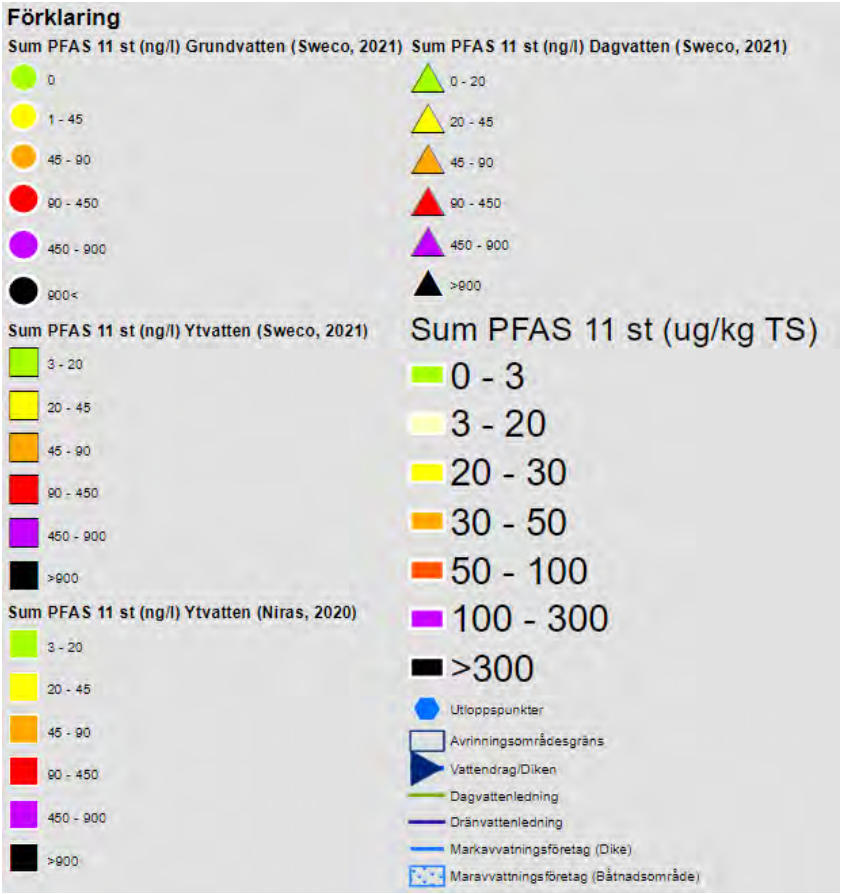
Figur 11. Den gamla deponins ungefärliga läge är inringad med svart färg.

Markmiljöundersökningar med syfte att studera halter av PFAS har utförts i området. PFAS finns bland annat i brandsläckningsskum och återfinns därför ofta vid brandövningsplatser (Naturvårdsverket, 2022). Då PFAS är både fettlöslig och vattenlöslig är det en lättrörlig förorening och det är därför viktigt att dagvattenhanteringen tar hänsyn till detta för att minimera spridning.

Höga halter har uppvisats framför allt i områdets nordöstra delar men även i söder var halterna i flera punkter höga. I Figur 12 nedan ses resultaten från SWECO:s undersökning (2021b). Höga halter har erhållits både i jord och i yt- och grundvattenprover.



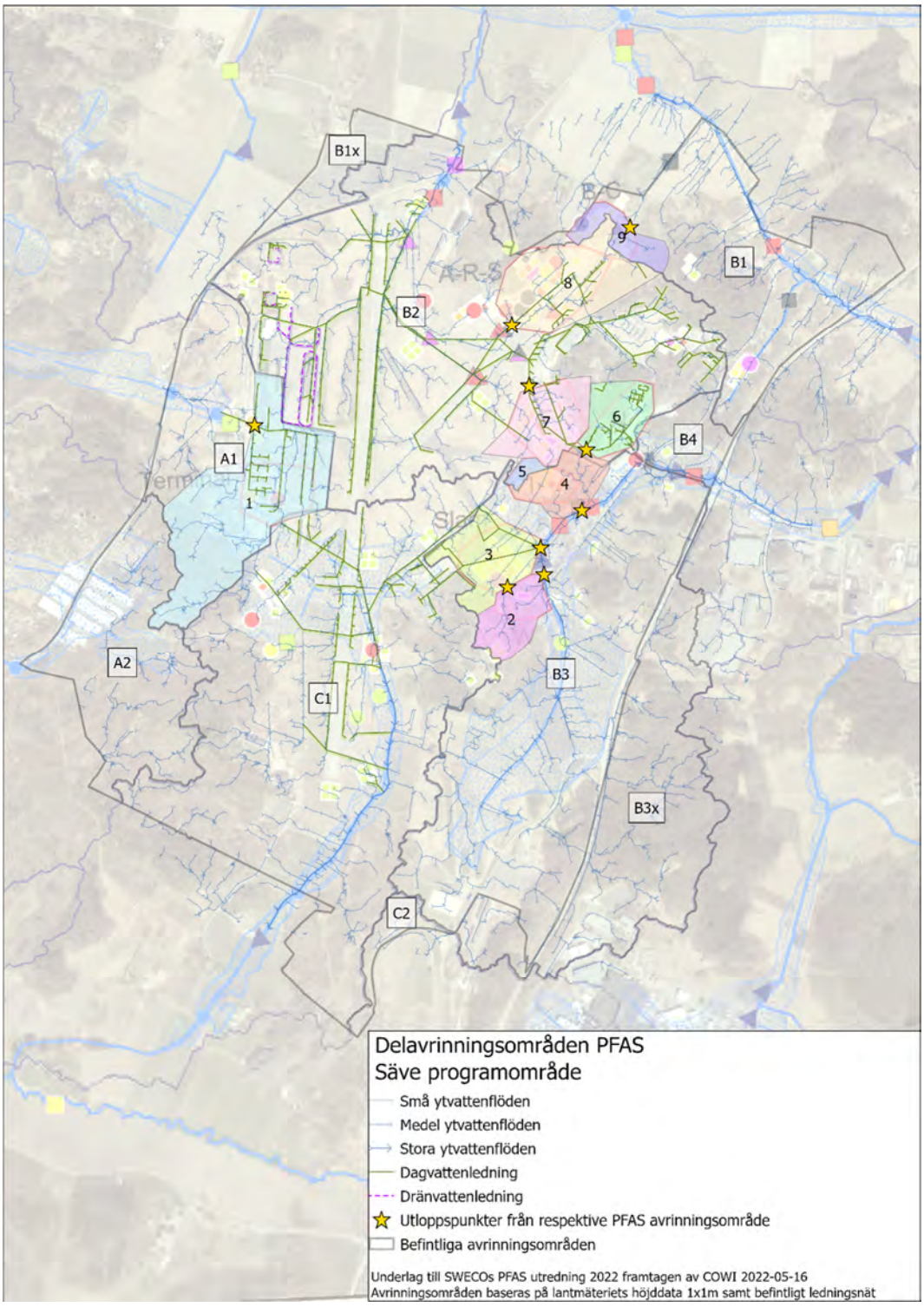
Figur 12. Karta som visar resultat från undersökning av PFAS-halter i området, SWECO (2021b). Teckenförklaring ses i Figur 13.



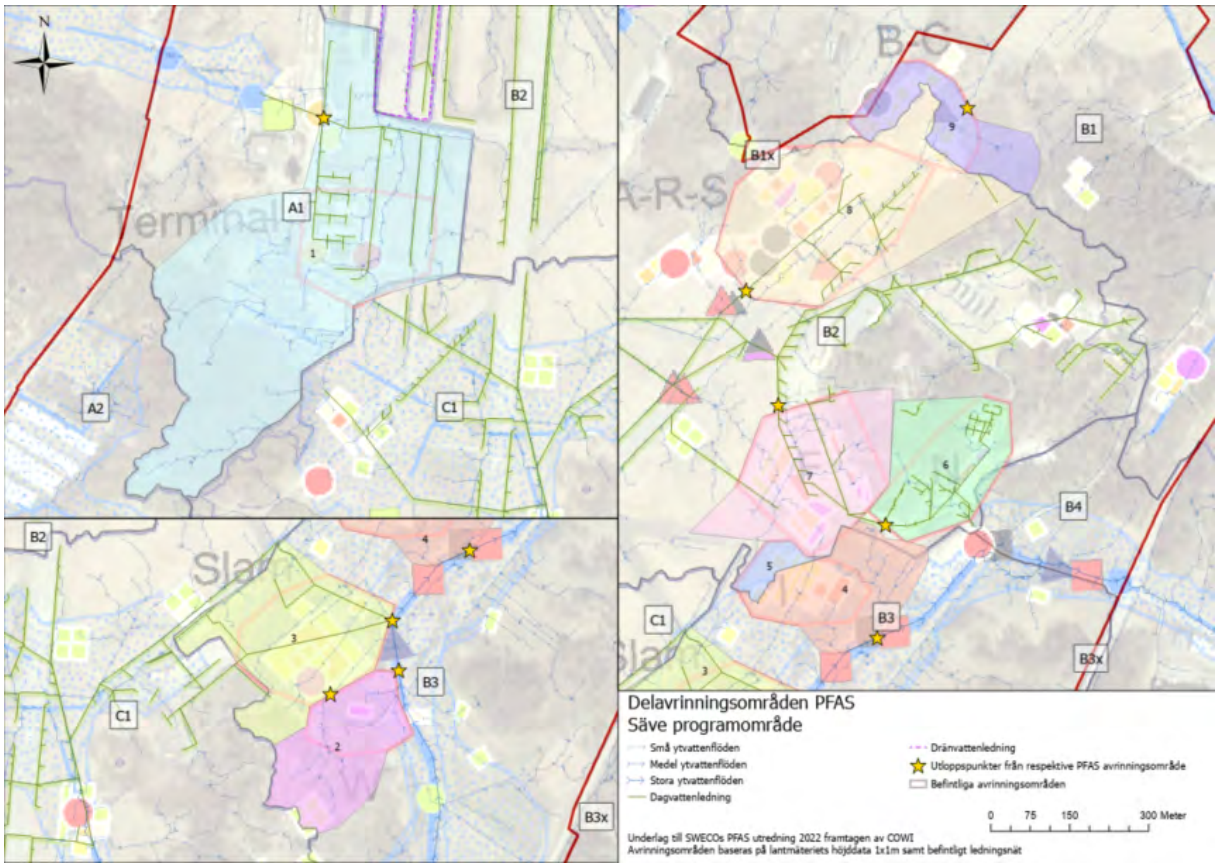
Riktvärden		Summa PFAS SLV 11
Grundvatten*	Ingen åtgärd behövs	0-90 ng/l
	Vidta åtgärder	>90 ng/l
	Undvik intag av vattnet	>900 ng/l
Jord**	KM	3 µg/kg TS
	MKM	20 µg/kg TS

*Figur 13. Teckenförklaring till Figur 12 (SWECO, 2021b) samt sammanfattning av relevanta riktvärden. *Livsmedelsverkets åtgärdsrekommendationer (2021). ** SGI preliminära riktvärden (SGI Publikation 21, 2015).*

COWI har fått i uppdrag att bidra till SWECO:s pågående utredning genom att ta fram underlag i form av medelårsflöden från respektive problemområde där höga halter påträffats. Målsättningen med detta var att hitta en utloppspunkt där höga koncentrationer kan påträffas, som underlag för SWECOs beräkningar. Målet med den uppdaterade markmiljöutredningen är att ta fram en strategi och teknisk plan för rening av PFAS inom området. Nedan i Figur 12 och 13 ses framtagna avrinningsområden, flödesvägar samt utloppspunkter från respektive avrinningsområde där höga halter PFAS påträffats. I Tabell 3 ses resulterande årsmedelflöden baserat på lokala avrinningsområden, deras genomsnittliga avrinningskoefficient samt antagen årsmedelnederbörd om 1049 mm/år (inkl. korrektionsfaktor 1,15). Avrinningskoefficient har valts efter vilket delavrinningsområde som respektive "PFAS-avrinningsområde" tillhör, till exempel tillhör PFAS-område 1 delavrinningsområde A1. Avrinningskoefficienter ses i appendix, avsnitt 16.1.



Figur 14. Avrinningsområden, flödesvägar samt utloppspunkter från respektive avrinningsområde där höga halter PFAS påträffats.



Figur 15. In zoomning av avrinningsområden, flödesvägar samt utloppspunkter från respektive avrinningsområde där höga halter PFAS påträffats.

Tabell 3. Årsmedelflöden från respektive avrinningsområde där höga halter PFAS påträffats.

ID avrinningsområden PFAS (se figur 12 och 13)	Årsmedelflöde (m^3/år)
1	80560
2	12850
3	20130
4	12550
5	2230
6	14690
7	20950
8	35170
9	6650

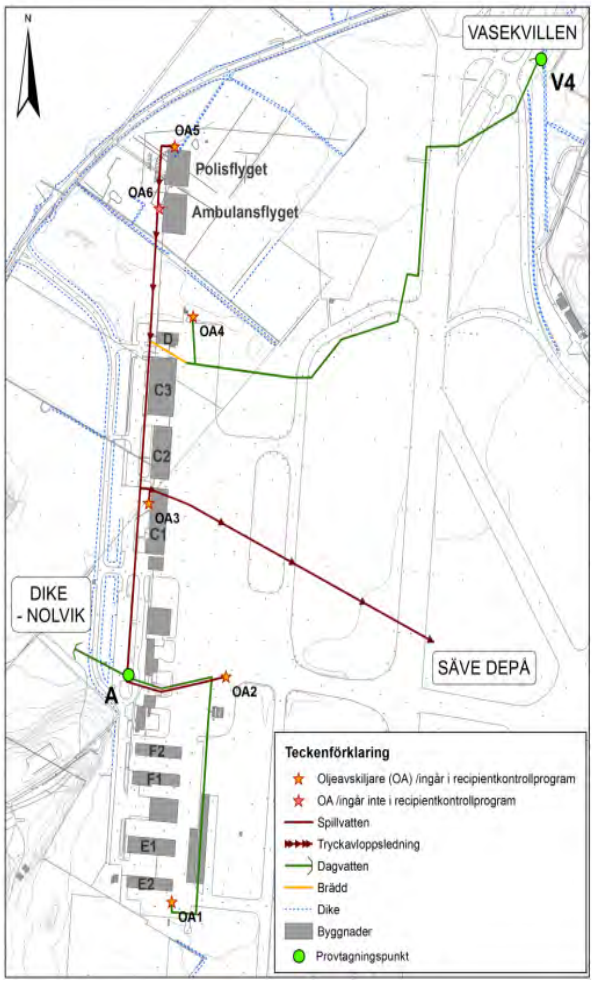
3.9 Befintliga ledningssystem

Planområdet ligger utanför kommunalt verksamhetsområde för dagvatten. Det finns dock både dagvatten- och dräneringsledningar i området (se Figur 16 och Figur 17). I SWECO:s

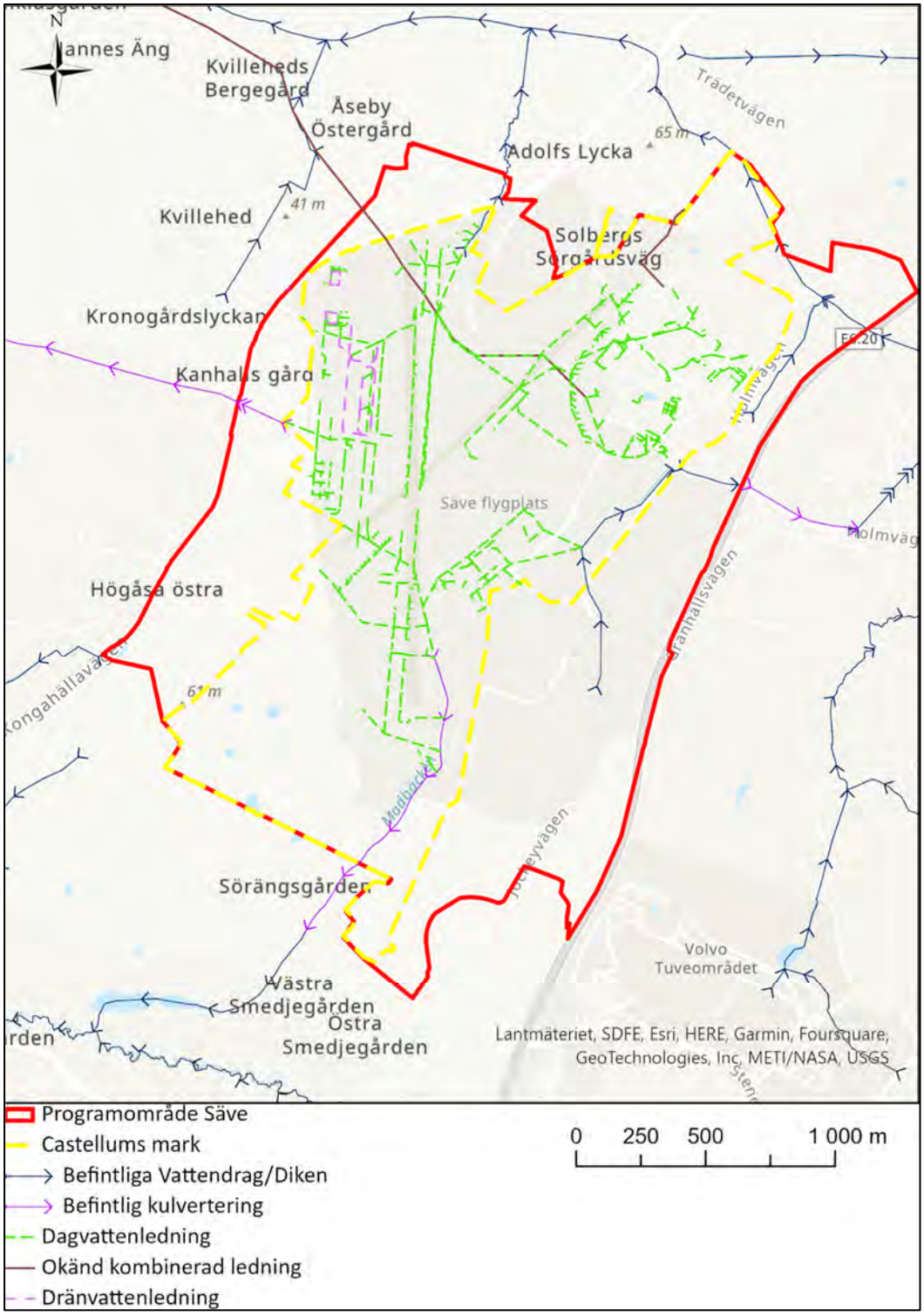
dagvattenutredning för Göteborg City Airport AB, Säve (2015) gjordes en inventering av flygplatsens dagvattennät och oljeavskiljare. Inventering av dagvattennätet i norra delen av flygplatsens rullbana överensstämde med Figur 16. Marken runt landningsbanan är täckdikad och huvudledningar för dessa ses i Figur 17.

I områdets nordöstra del finns ett ledningssystem som mynnar direkt i Holmbäcken. Vatten från brunnar i detta system har provtagits av SWECO för deras undersökning av PFAS. Då marken runt detta system har använts som brandövningsplats bidrar ledningssystemet till att sprida PFAS snabbt till Holmbäcken. I samband med att detta område exploateras rekommenderas därför att detta ledningsnät tas bort. Tvärs igenom områdets norra del går en ledning som i ritningsunderlag från 1975 benämns som "kombinerad ledning: spillvatten och regnvatten" (se Figur 17). Ledningsunderlaget anger att ledningen mynnar vid alldeles i slutet av Holmbäcken, nära Nordre älv (se Okänd kombinerad ledning i Figur 17). Denna ledning finns inte med i de nyare ledningsunderlagen och det är därför inte klarlagt vilken funktion denna ledning har i dagsläget och ifall dagvatten eller spillvatten från området rinner i den idag.

I huvudsak föreslås att de gamla ledningarna slopas vid exploatering men eftersom det finns befintlig bebyggelse i såväl nordväst som nordost så kommer det bli aktuellt att behålla delar av det befintliga nätet. Inom respektive detaljplan kommer det därför behöva utredas hur befintliga byggnader ska anslutas mot den nya avvattningen och införlivas i verksamhetsområde. Det finns risk att avledningen från befintlig bebyggelse ligger för lågt i förhållande till planerade diken eftersom den befintliga avvattningen bygger på ledningssystem.



Figur 16. Dagvattenledningar och oljeavskiljare i områdets nordvästra del.



Figur 17. Befintliga dagvatten och dräneringsledningar i området samt sträckning på okänd kombinerad ledning. Kartan visar endast huvudledningar.

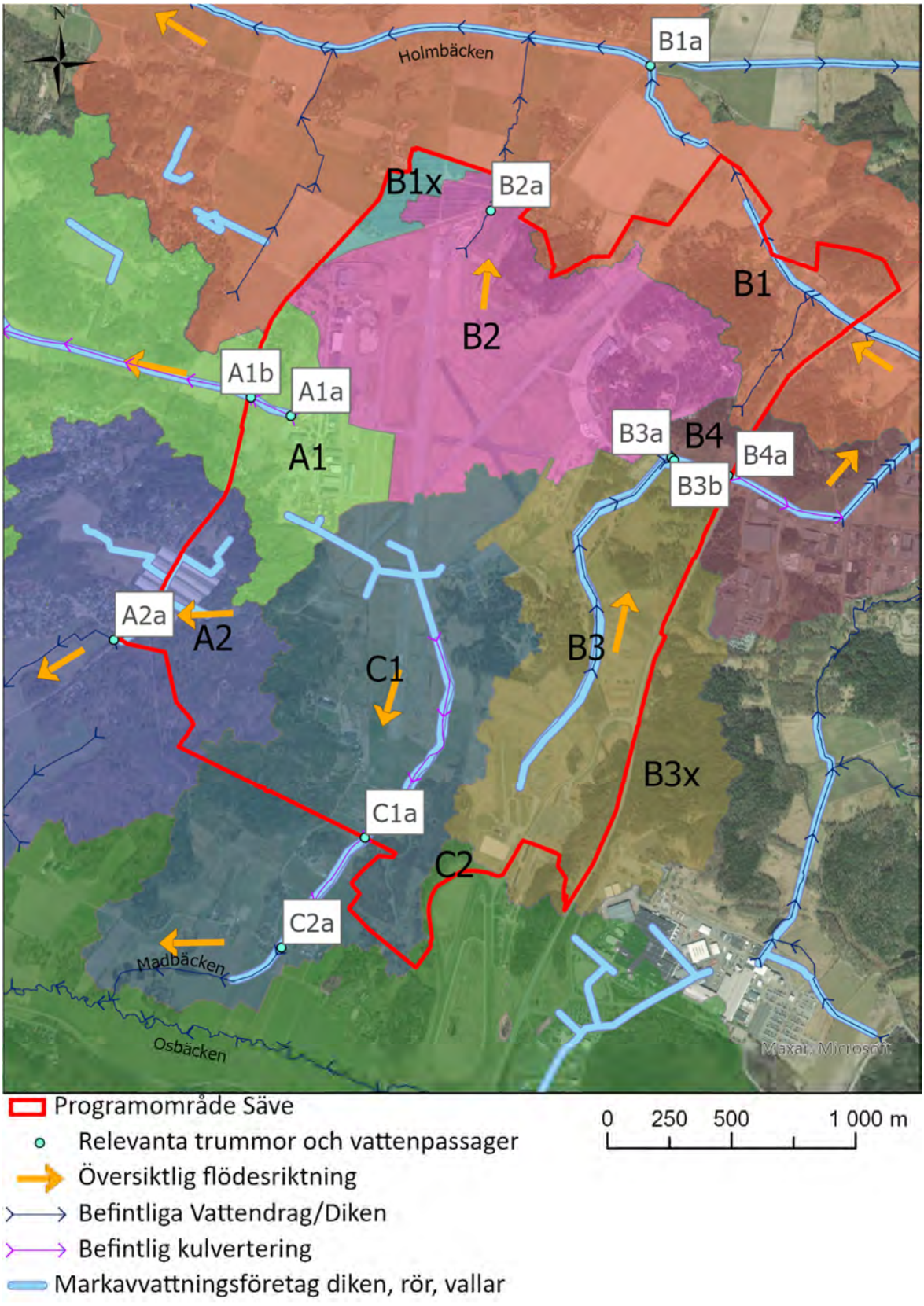
3.10 Befintlig avrinning och dagvattenhantering

Topografin inom programområdet är relativt flack men både i nordost och i sydväst finns högre partier. Marknivåerna inom de öppna, plana ytorna varierar nivåerna mellan +13 och +18 (RH2000) (SWECO, 2021a).

Programområdet har i huvudsak åtta avrinningsområden baserat på befintligt ledningssystem och topografin: mot väster A1 och A2, mot norr B1, B2, B3, B4 och mot söder C1 och C2, se Figur 18. Genom utredningsområdet löper ett antal mindre vattendrag i form av diken och bäckar som via ett flertal vägtrummor avleder dagvatten från området. Placering av trummor och ledningar som kan vara betydande i dagvattensynpunkt kan även ses i Figur 18 med benämning "Relevanta trummor och vattenpassager". Status på befintliga trummor och vattenpassager som kommer att påverkas vid exploatering inspekterades under ett platsbesök 2020-11-24. En bedömning av dessa trummors kapacitet har gjorts och beskrivs i avsnitt 3.10.2 nedan.

Området som innefattar de befintliga flygverksamheterna avvattnas idag genom konventionell dagvattenhantering via rännstensbrunnar, vilket beskrevs i tidigare avsnitt. Ingen omfattande rening förekommer till uppsamlande huvudledningsstråk förutom viss rening i befintliga diken samt oljeavskiljare. Dessa ledningsstråk består delvis av dagvattenledningar och delvis av öppna diken ut från området. Enligt boverkets byggregler ska oljeavskiljare installeras eller annan behandling ske av spillvatten som kan innehålla mer än obetydliga mängder av skadliga ämnen (Naturvårdsverket, 2007).

Dagvatten från de norra delarna (B1 och B2) avrinner via Holmbäcken till recipienten Nordre Älv (se Figur 18). Lika så leder ett utlopp i områdets östra del till denna recipient (B3 och B4). Dagvatten som når utlopp i väster (A1 och A2) går via dike till Kvarnbäcken som slutligen når Nordre Älvs fjord. De södra delarna (C1 och C2) går via Madbäcken till Osbäcken (se Figur 18).



Figur 18. Karta som visar befintliga avrinningsområden inom och utanför programområdet samt utloppspunkter i form av trummor och ledningar som kan vara betydande i dagvattensynpunkt.

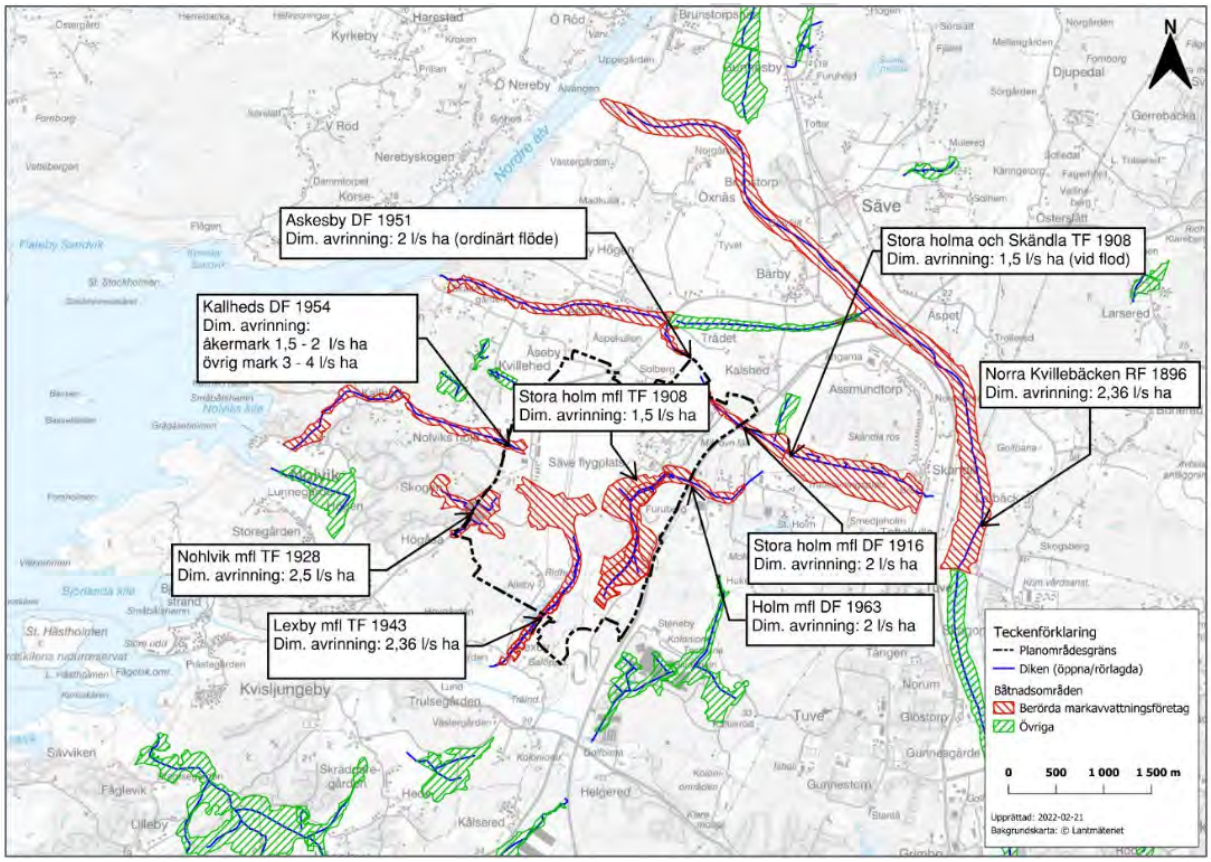
3.10.1 Befintliga markavvattningsföretag

Det finns flera markavvattningsföretag inom och strax utanför programområdet (se Figur 19). Dessa markavvattningsföretag mottar dagvatten från programområdet och kommer även i framtiden vara recipienter. Norconsult har under våren 2022 inventerat markavvattningsföretag i området och sammanställt vilka flödena respektive dike är dimensionerat för.

Norr om området finns Holmbäcken som ingår i Askeby markavvattningsföretag och som i dagsläget mottar dagvatten från programområdets norra och östra delar. De östra delarna avrinner dock först mot markavvattningsföretag Stora Holm m.fl.

Programområdets södra delar avrinner till markavvattningsföretaget Lexby m.fl.

Programområdets nordvästra delar går till markavvattningsföretag Kallheds medan de sydvästra avrinner till markavvattningsföretag Nohlvik m.fl.

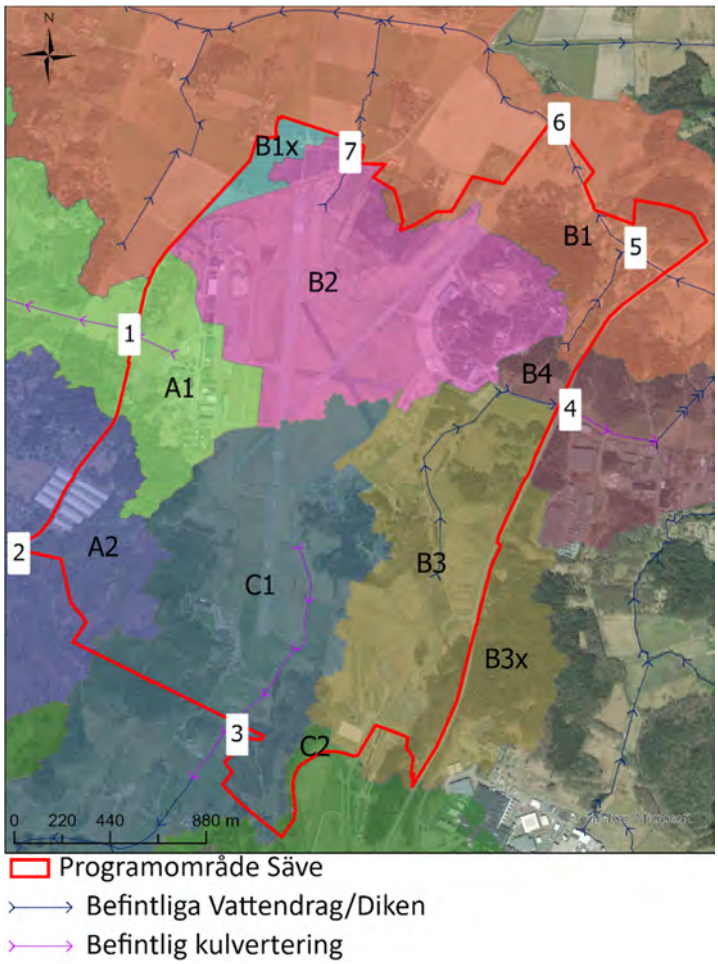


Figur 19. Karta framtagen av Norconsult (2022) som visar markavvattningsföretagens båtnadsområden (röda) i och runt programområdet (som ses med svart streckad linje.

I Figur 19 anges vilken avrinning som respektive markavvattningsföretag är dimensionerat efter (Norconsult, 2022). Det är avrinningen från varje markavvattningsföretags avrinningsområde vid företagets bildande som avses. För att beräkna tillåtna tillflöden från

programområdet till respektive markavvattningsföretag antas att avrinningsområdena inte har förändrats nämnvärt i storlek sedan företagen bildades[5].

I Figur 20 anges tillåtna flöden till markavvattningsföretagen baserat på den dimensionerande avvattningen i Figur 19 samt befintliga avrinningsområdens storlek. Enligt historiska kartor från Lantmäteriet kan konstateras att vid bildandet av Kallheds DF (1954) var markanvändningen inom delavrinningsområde A1 övervägande jordbruksmark vilket därmed beräkningen av flöde baserats på.



Utlopp	Flöde (l/s)	Markavvattnings-företag
1	70 - 90	Kallheds (1954)
2	90	Nohlvik (1928)
3	310	Lexby (1943)
4	240	Stora holm (1908)
5	30	Stora holm (1916)
6	70	Askeby (1951)
7	280	Askeby (1951)

Figur 20. Figur och tabell som visar tillåtna utflöden i olika punkter baserat på vad markavvattningsföretagen är dimensionerande och hur stor yta från planprogramområdet som når markavvattningsföretagen idag.

3.10.2 Trummor och vattenpassager

Det finns i dagsläget ett flertal befintliga trummor som släpper ut dagvattnet från programområdet när det måste passera befintliga vägar (se Figur 18 i tidigare avsnitt). Deras befintliga kapacitet har uppskattats med hjälp av Colebrook-diagram. Antagen lutning har satts till 5‰ för samtliga trummor. Då de befintliga trummorna är av äldre slag har k-värden

[5] Detta antagande baseras på att majoriteten av marken inom planprogrammet är oexploaterad samt att flygplatsen anlades 1940, vilket är innan både Askesby DF, Kallheds DF och Lexby mfl TF som tar emot dagvatten från flygplatsområdet.

för beräkning med Colebrook valts till 5 mm. Några av trummorna är stensatta och deras kapacitet har därför i stället beräknats med Mannings formel med Mannings tal 24 (motsvarar tämligen ojämn kanal). Resulterande flödeskapacitet per trumma presenteras i Tabell 4 nedan, trummornas placering visas i Figur 18.

Tabell 4. Indata för beräkning av befintliga trummors kapacitet samt resulterande flödeskapacitet, placering visas i Figur 18.

Trummor och vattenpassager	**Beskrivning**	**Dimension (m)**	**Q_{kap} (l/s)**
A1a	BTG ledning västerut	0,3	60
A1b	Inlopp stensatt trumma Kongahällavägen	0,6 x 0,5	170
A2a	Inlopp stensatt trumma Kongahällavägen	0,6 x0,5 *	170
A2a	Utlopp trumma BTG Kongahällavägen	1	1410
B1a	Stensatt trumma Kongahällavägen, Holmbäcken	1,2 x 1,0	1100
B2a	Stensatt trumma Kongahällavägen	1,0 x 0,8	650
B2b	Trumma BTG Kvillehedsvägen	1	1410
B3a	Trumma BTG Holmvägen	1,6	4900
B3b	Trumma BTG till dike mot Hisingsleden	0,6	360
B4a	Trumma BTG Hisingsleden	1	1410
C1a	Trumma BTG från kulverterat dike	1	1410
C1b	Trumma BTG Allebyvägen	0,8	780

* Denna trumma gick inte att mäta i fält och har därför antagits vara av liknande dimension som den andra stensatta kulverten, trumma 2, norr om trumma 3.

3.10.3 Avrinningsområde A1

Mot västra delen av planområdet leds avrinningsområde A1, hit avvattnas flygverksamheternas byggnader genom konventionell dagvattenhantering. Norr om CityAirport hotell finns en befintlig brunn med 2 st inlopp (Figur 21) från söder och öster samt ett kulverterat utlopp: en BTG-ledning ø 600 mm, väster om terminalen. Flödet var vid besökstillfället (2020-11-2) kraftigt från inloppet i öster, BTG-ledning ø 500. Vattnet leds under Kongahällavägen genom en stensatt kulvert med dimension 600x500 (se Figur 22) och vidare via dike till Kvarnbäcken som slutligen når Nordre Älvs fjord vid Nolviks kile.

Figur 21. Till vänster: Igenväxt dike norr om CityAirport Hotell mot befintlig nedstigningsbrunn. Till höger: Befintlig brunn med 2 st inlopp och kulverterat utlopp västerut mot Konghällavägen (punkt A1a).

Figur 22. Till vänster: Befintlig stensatt trumma under Kongahällavägen i västra delen av område (punkt A1b). Till höger: Befintlig nedstigningsbrunn på västra sidan av Kongahällavägen som kulverterar inkommande dagvatten.

3.10.4 Avrinningsområde A2

Avrinningsområdet i sydväst avvattnas mot sydväst och leds sannolikt genom en befintlig damm öster om Kongahällavägen (Figur 23). Det tekniska avrinningsområden till dammen har inte kunnat fastställas i utredningsarbetet men bör undersökas i framtida arbeten.

Figur 23. Befintlig dagvattendamm längs Kongahällavägen. Blå pil visar flödesriktning.

Dammens utlopp leder vidare dagvattnet ytterligare söderut i höjd med södra infarten till Spänstvägen där det leds under Kongahällavägen via BTG-trumma ø 1000 mm, se höger bild i Figur 24. Trumman är en stensatt kulvert vid inloppet öster om Kongahällavägen, se vänster bild i Figur 24. Vattnet rinner sedan vidare via dike mot Kvarnbäcken som slutligen når Nordre Älvs fjord vid Nolviks kile.

Figur 24. Till vänster: Inlopp befintlig stensatt trumma under Kongahällavägen (punkt A2a). Till höger: Utlopp trumma BTG under Kongahällavägen. Blå pilar visar flödesriktningen.

3.10.5 Avrinningsområde B1

Avrinningsområdet B1 är Holmbäckens primära avrinningsområde dit vatten når från avrinningsområdena B2 och B3. Programområdets nordöstra spets tillhör detta avrinningsområde. Holmbäcken leds under Kongahällavägen genom en trumma med dimensioner 1200 x1000 mm (Figur 25).

Enligt markmiljöutredning har det påvisats höga halter av PFAS i både mark och dagvatten inom delavrinningsområde B1 i programområdet (SWECO, 2021b). Dagvatten från detta område avrinner ytligt mot Holmbäcken

Figur 25. Stensatt trumma under Kongahällavägen som Holmbäcken rinner igenom (punkt B1a)

3.10.6 Avrinningsområde B2

Cirka 26% av programområdet tillhör avrinningsområde B2. Avrinningen sker via utlopp i norr under Kongahällavägen och Kvillehedsvägen till avrinningsområde B1 och Holmbäcken (Figur 18). Till delavrinningsområdet tillhör stora delar av den befintliga landningsbanan. En befintlig kulvert mynnar ut vid i norra delen av området. Vid platsbesök kunde ett flöde påträffas vid kulvertens utlopp som har dimension på ø 800 mm. Vid Kongahällavägen leds vattnet under via en stensatt trumma (punkt B2a) med dimensioner 800x1000 mm (se Figur 27). Trumman var vid platsbesök högt belastad.

Efter att vattnet har transporterats under Kongahällavägen leds det in i en ny större trumma (punkt B2b) under Kvillehedsvägen med dimension 1000 mm, se Figur 28.

Figur 26. Utlopp från befintlig kulvertering till befintligt dike inom avrinningsområde B2. Blå pil visar flödesriktningen. Vattnet rinner sedan ut från området vid punkt B2a och punkt B2b.

Figur 27. Inlopp och utlopp för stensatt trumma 800x1000 mm under Kongahällavägen (punkt B2a). Blå pilar visar flödesriktningen.

Figur 28. Inlopp och utlopp befintlig trumma BTG 1000 mm (punkt B2b) under Kvillehedsvägen. Blå pilar visar flödesriktningen.

3.10.7 Avrinningsområde B3, B3x och B4

Inom avrinningsområde B3 flödar ytvatten från öppna ytor norrut i befintligt dike för att sedan svänga av österut. Under Holmvägen vid infarten till Aeroseum rinner vattnet genom en BTG trumma med dimension ø1600 mm, se Figur 29. Här sammanstrålas dagvatten från avrinningsområde B3 och B4 och leds vidare mot Hisingsleden via ytterligare en BTG trumma med dimension ø600 mm och dike, se Figur 30. Trumman med en dimension 600 mm var vid platsbesöken igenfyllt och påtagligt underdimensionerad och bör ses över i senare skede.

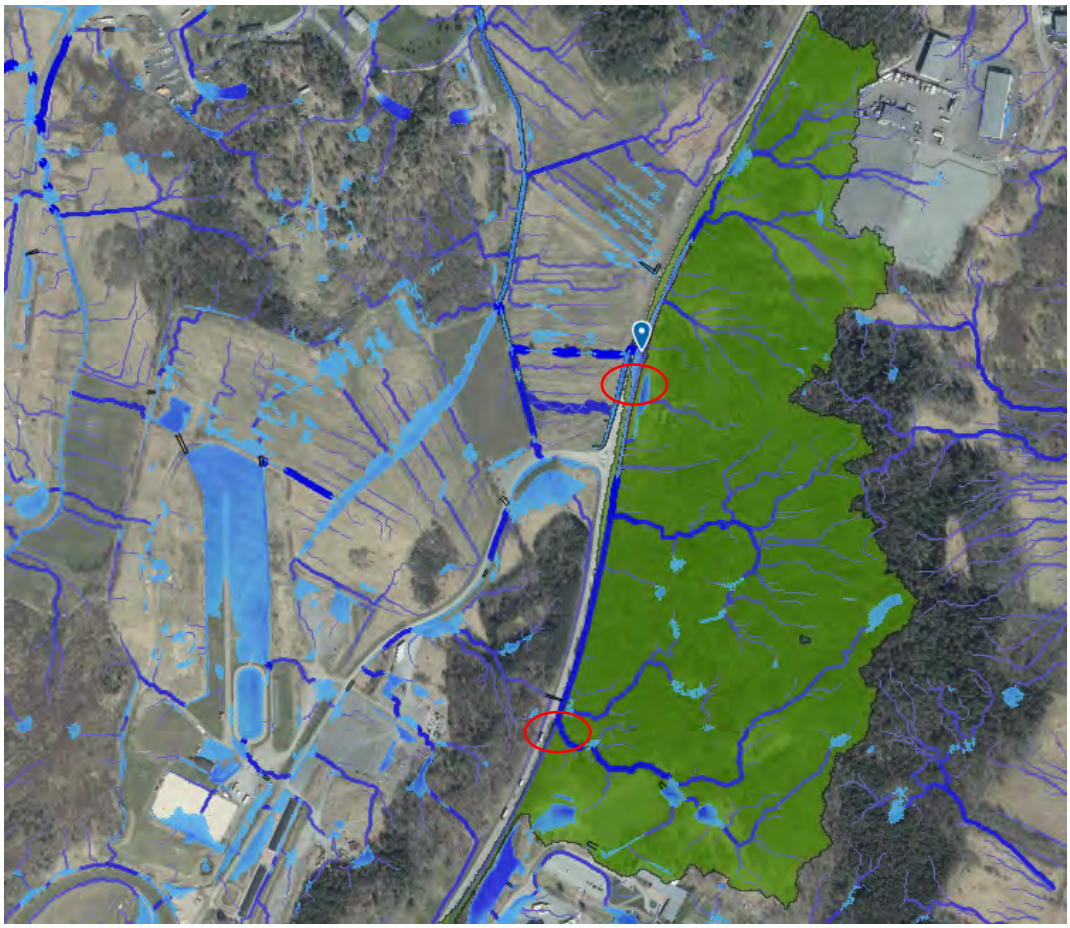
I korsningen mellan Holmvägen och Hisingsleden leds vattnet via en trumma ø1000 mm under Hisingsleden, se Figur 31. Trummans inlopp är i nuläget delvis blockerat och i behov av rensning för att erhålla sin ursprungliga kapacitet. Efter att vattnet leds under Hisingsleden tycks diket kulverteras och leds mot nordost för att släppas ut i Holmbäcken, avrinningsområde B1.

Figur 29. Inlopp och utlopp till befintlig trumma, BTG ø1600 mm under Holmvägen vid infarten till Aeroseum (punkt B3a). Blå pilar visar flödesriktningen.

Figur 30. Utlopp från befintlig trumma, BTG ø600 till diket beläget längs Holmvägen mot Hisingsleden (punkt B3b). Blå pilar visar flödesriktningen.

Figur 31. Befintlig trumma BTG ø1000 mm i korsningen mellan Holmvägen och Hisingsleden (punkt B4a). Bild till höger visar hur igenfylld trumman är i dagsläget.

Öster om Hisingsleden finns ett avrinningsområde benämnt B3x på 48,6 ha vars avrinning leds in i programområdet till avrinningsområde B3. Området är i stor utsträckning naturmark och rinner in i planområdet dels genom trumma/trummor med okänd dimension och över vägen när vägdikena inte räcker till (se Figur 32, Figur 33 och Figur 34). Under utredningens gång har information om denna trumma eftersökts. Men då Hisingsleden är högt trafikerad krävs en TA-plan (Trafikanordningsplan) för att mäta in denna trumma, vilket inte har funnits tillhanda bland inblandade aktörer. Nivåerna på aktuell trumma har antagits från lantmäteriets höjddata 1x1m och bör mätas in i senare skede.



Figur 32. Urklipp från SCALGO Live som visar två områden där delavrinningsområde B3x sannolikt rinner in i planområdet (röda ringar). B3x är markerad i grönt. Blå linjer anger rinnstråk.

Figur 33. Urklipp från Google maps i höjd med den norra ringen i Figur 32. Blå pil visar hur dagvatten från östra sidan av Hisingsleden (delavrinningsområde B3x) kan tänkas rinna över vägen vid stora regn.

Figur 34. Urklipp från Google maps i höjd med den norra ringen i Figur 32. Här ses två trummor som leder dagvatten till den västra sidan av vägen.

3.10.8 Avrinningsområde C1

Avrinningsområde C1 innefattar i yta ca 24% av hela programområdet. Det lågstråk/dike som går genom avrinningsområdet verkar i dagsläget vara i stora delar kulverterat. Vid platsbesöket förekom inget flöde i vare sig det befintliga diket eller befintlig trumma (punkt C1a), en BTG-trumma ø1000 mm. Söder om programområdet övergår diket till att vara ytligt då vatten påträffas vid punkt C1b i trumman under Allebyvägen med dimension 800 mm.

Marken i avrinningsområde C1 är ganska flackt och därför rekommenderas under detaljplanskedet att undersöka behov för reglering av höjdsättning i området för att avhjälpa avrinning av ytvatten. Enligt den modell som satts upp avrinner vatten mot fördröjningsdammen, dock inte enligt de föreslagna flödesriktningarna.

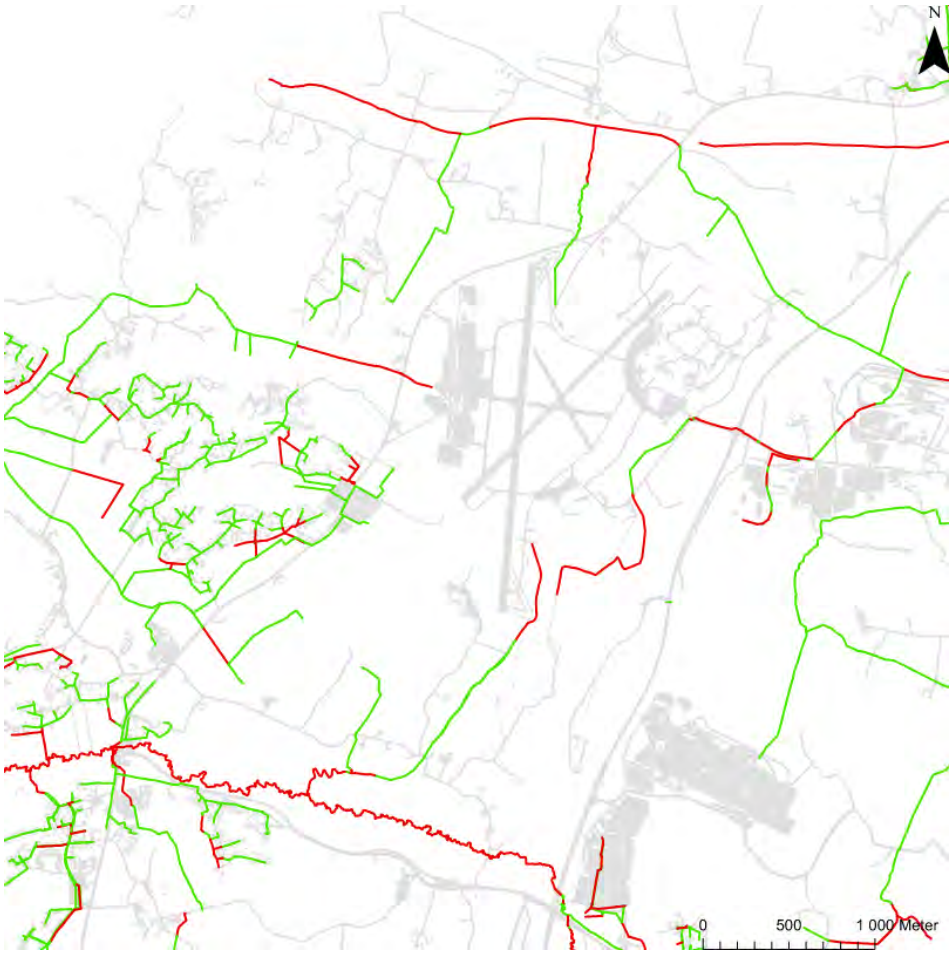
Figur 35. Till vänster: Befintligt dike som leds in i en trumma BTG ø1000 mm (punkt C1a). Diket är kulverterat och påträffades torrt under platsbesöket. Till höger: Fortsättning på diket som är kulverterat söderut.

3.10.9 Avrinningsområde C2

Avrinningsområdet C2 är Osbäckens primära avrinningsområde. Hit ansluts vatten från avrinningsområde C1 och leds sedan vidare västerut mot Nordre Älvs fjord vid Nohlviks kile.

3.11 Nedströmsliggande diken och vattendrag

Flera av de nedströmsliggande dikena, kulvertarna och vattendragen har i dagsläget bristande kapacitet enligt DHI (2022), se Figur 36 för trycklinje vid ett 1-årsregn. Ett dimensionerande 1-årsregn är större än vad markavvattningsföretagen är dimensionerade för men är i samma storleksordning. Baserat på DHI:s analys kan konstateras att även om markavvattningsföretagen inte hade funnits så finns i dagsläget begränsande kapacitet i nedströmsliggande diken som behöver tas hänsyn till antingen genom åtgärder inom planområdet (fördröjning) eller genom uppdimensionering nedströms.



Figur 36. Urklipp från DHI (2022) som visar när trycknivån är över (röd) respektive under (grön) markytan vid ett dimensionerande 1-årsregn med befintlig markanvändning.

3.12 Recipienter och MKN

De recipienter som är vattenförekomster i VISS (Vattensystem i Sverige, Länsstyrelsens databas) är Nordre Älv, Nordre Älvs fjord samt Osbäcken, se befintliga avrinningsområden i avsnitt 3.10 (Figur 18). I Göteborgs stads handbok (2010) för dagvatten anges Nordre Älv och dess avrinningsområde vara "mest skyddsvärd", med klassning 3 för både med avseende på ekologi och rekreation. Osbäcken har klassning 2 med avseende på ekologi och 1-2 för rekreation, vilket innebär att den har ett något lägre skyddsvärde. Samtliga recipienters status enligt VISS beskrivs nedan.

3.12.1 Nordre Älv

Nordre Älv har måttlig ekologisk status och uppnår ej god kemisk status enligt VISS (2022a). För den ekologiska statusen är kvalitetsfaktorn fisk avgörande. Denna är bedömd till måttlig på grund av att vattendragets flöden är påverkade av reglering vilket inverkar negativt på fiskbestånden. Även bottenfaunan har måttlig klassning och kan indikera övergödningsproblematik, dock är kvalitetsfaktorn näringsämnen klassad som god vilket tyder på att bottenfaunan kan vara negativt påverkad av något annat, exempelvis lokalernas bottensubstrat eller den kraftiga variationen i vattenflödet.

Den kemiska statusen är satt som *ej god* på grund av uppmätta halter av PFOS[6] i ytvattnet samt på grund av den nationella klassningen av kvicksilver och bromerad difenyleter som antas överskridas i alla vattenförekomster nationellt.

Miljökvalitetsnormen för Nordre älv är *God ekologisk status* och *God kemisk status* till 2033 respektive 2027. För kemisk status görs undantag för kvicksilver och bromerad difenyleter och uppskovet i tid till 2027 görs för PFOS.

3.12.2 Nordre Älvs fjord

Nordre Älvs fjord har måttlig ekologisk status och uppnår ej god kemisk status enligt VISS (2022b). Den ekologiska klassningen baseras på att övergödning, morfologiska förändringar och kontinuitet samt flödesförändringar har måttlig klassning.

Den kemiska statusen baseras på överstigande halter av antracen och tributyltenn i sediment samt på den nationella klassningen av kvicksilver och bromerad difenyleter.

Miljökvalitetsnormen för vattenförekomsten är *God ekologisk status* och *God kemisk status* till 2033 respektive 2027. För kemisk status görs undantag för kvicksilver och bromeraddifenyleter och uppskovet i tid till 2027 görs för tributyltenn och antracen.

3.12.3 Osbäcken

Enligt VISS (2021) har Osbäcken måttlig ekologisk status och uppnår ej god kemisk status. Den ekologiska statusen beror på påverkan av övergödning men även bäckens morfologiska

[6] PFOS är ett PFAS-ämne och ett miljögift. PFAS är ett samlingsnamn för ca 5000 industriellt framställda kemikalier som kännetecknas av att de innehåller en flourerad kolkedja (Naturvårdsverket, 2022).

tillstånd är måttligt då vattenförekomsten delvis saknar naturliga livsmiljöer för vattenlevande djur och växter. Detta beror på mänskliga verksamheter, exempelvis uppodlad mark, muddring och hårdgjorda ytor vid vattendraget.

Halter av flouranten, PFOS och PAH:er har uppmätts över önskvärda nivåer vilket tillsammans med den nationella klassningen av bromerad difenyleter och kvicksilver innebär att vattenförekomsten inte uppnår god kemisk status.

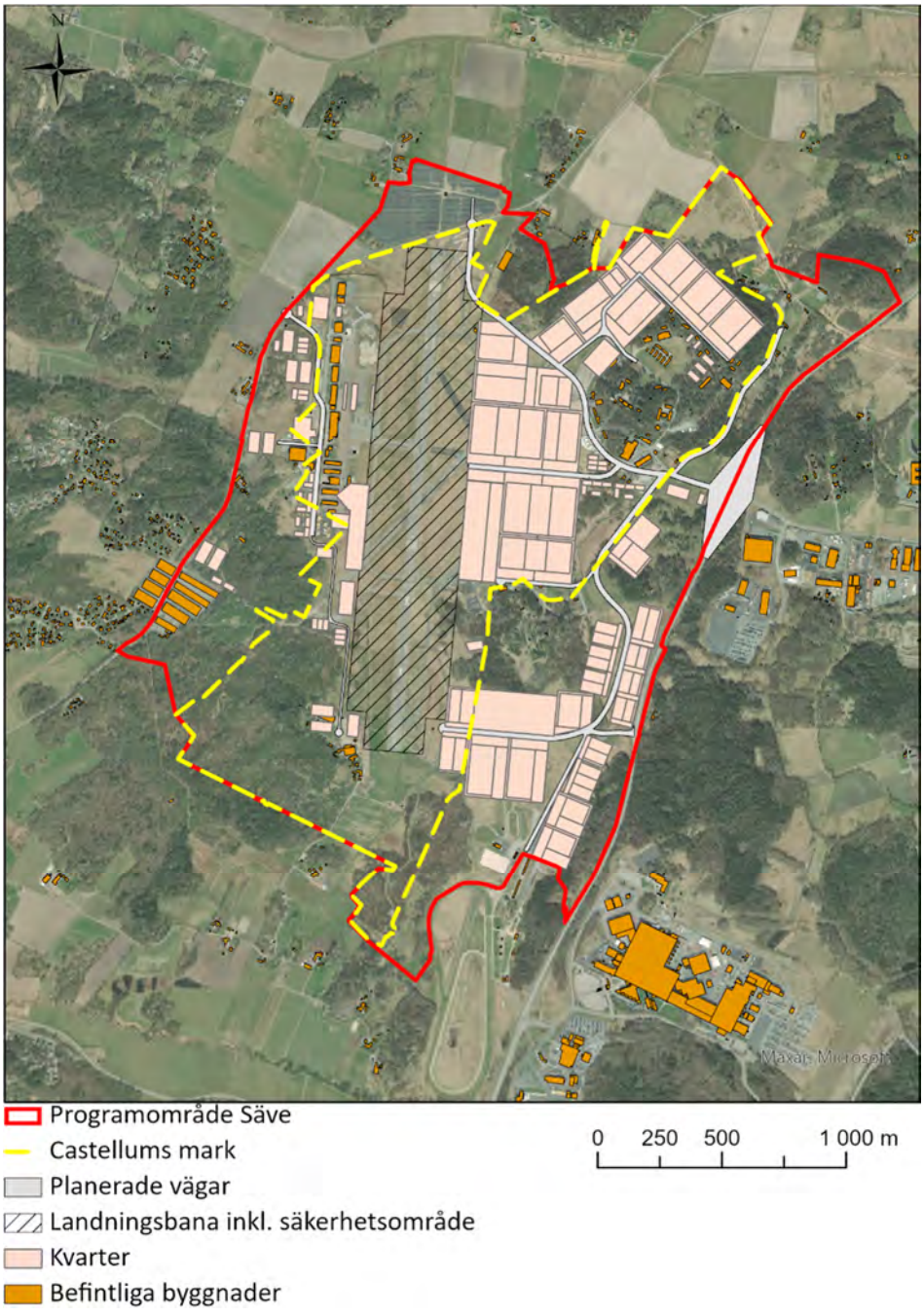
Miljökvalitetsnormen för Osbäcken är *God ekologisk status* och *God kemisk status* till 2027. För kemisk status göra undantag för kvicksilver och bromerad difenyleter och uppskovet i tid till 2027 görs för PFOS, flouranten och benso(a)pyren (PAH).

3.13 Recipientkontroll

Provtagning av dagvatten har skett regelbundet enligt flygplatsens program för recipientkontroll (COWI, 2020). Provtagning har dels utförts vid de oljeavskiljare som finns i områdets nordvästra del (ses i Figur 16 i tidigare avsnitt), dels i Madbäcken (söder) och i Holmbäcken (norr). Resultaten har emellanåt visat på höga halter av varierande föroreningar och det är oklart varifrån föroreningarna härstammar. Framför allt är det vanligt att följande ämnen överskrider Göteborgs riktvärden för dagvatten: fosfor, kväve, totalt organisk kol (TOC), zink och koppar.

4. Framtida förutsättningar

Utöver de befintliga förutsättningar som beskrivits i avsnitten ovan är det relevant att definiera antaganden och förutsättningar för programområdet efter exploatering då de ligger till grund för kommande dimensioneringsberäkningar. Denna utredning utgår ifrån strukturplan från slutet av april 2022, se Figur 37. I strukturplanen ses typkvarter och vägar. Landningsbanan lämnas orörd och ses med sitt säkerhetsområde i Figur 37. Inom detta område planeras i dagsläget inga förändringar och ingrepp i området är begränsade för att erhålla en acceptabel säkerhetsgrad för flygbanan.



Figur 37. Karta som visar framtida exploateringsplaner.

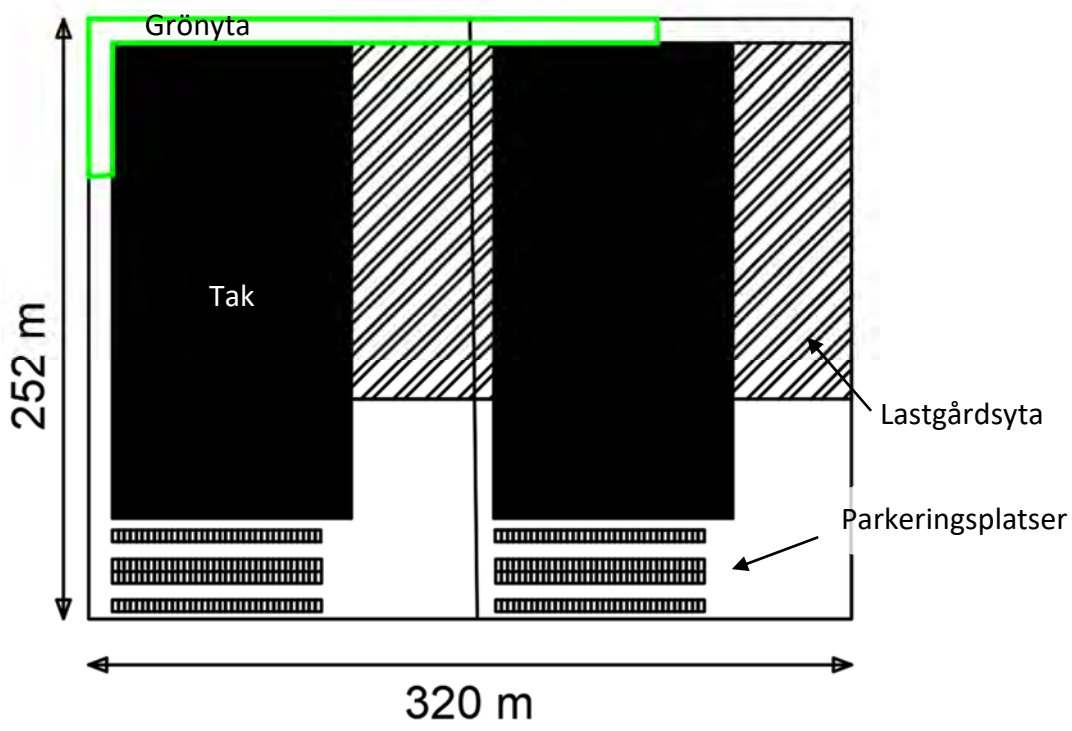
4.1 Typkvarter i planeringsskede

Beräkningarna i denna utredning utgår ifrån ett typkvarter med maximal andel hårdgjord yta. Andel grönyta har minimerats och baserats på att:

1) Rening av dagvatten i gröna lösningar ska uppnå riktvärden för dagvatten, enligt Miljöförvaltningen, Göteborg stad (2020)

2) Fördröjning motsvarande 10 mm / reducerad area ska uppnås, enligt Göteborgs stads riktlinjer för kvartersmark (Göteborg stad, 2017)

Resulterande behov av grönyta blev då ca 4 % av ytan, dvs. ca 2900 m² av den totala ytan om 80 600 m² (se Figur 38). Detta typkvarter används både för Castellums och fastighetskontorets kvarter. Typkvarteret antas bestå av byggnader, parkeringsplatser, lastgårdsytor (asfalt), övriga asfaltsytor samt grönyta. Figuren nedan är en förenklad skiss där all grönyta visas i ett samlat band. Grönytorna kommer att behöva vara utspridda inom kvarteret, exempelvis vid parkering och entréytor. Allt dagvatten behöver kunna rinna mot grönytorna eftersom de ska rena dagvattnet. Hårdgjordhetsgraden kan komma att förändras i senare skede men detta förväntas motsvara ett värstafallscenario ur dagvattensynpunkt.



Figur 38. Skiss på typkvarter.

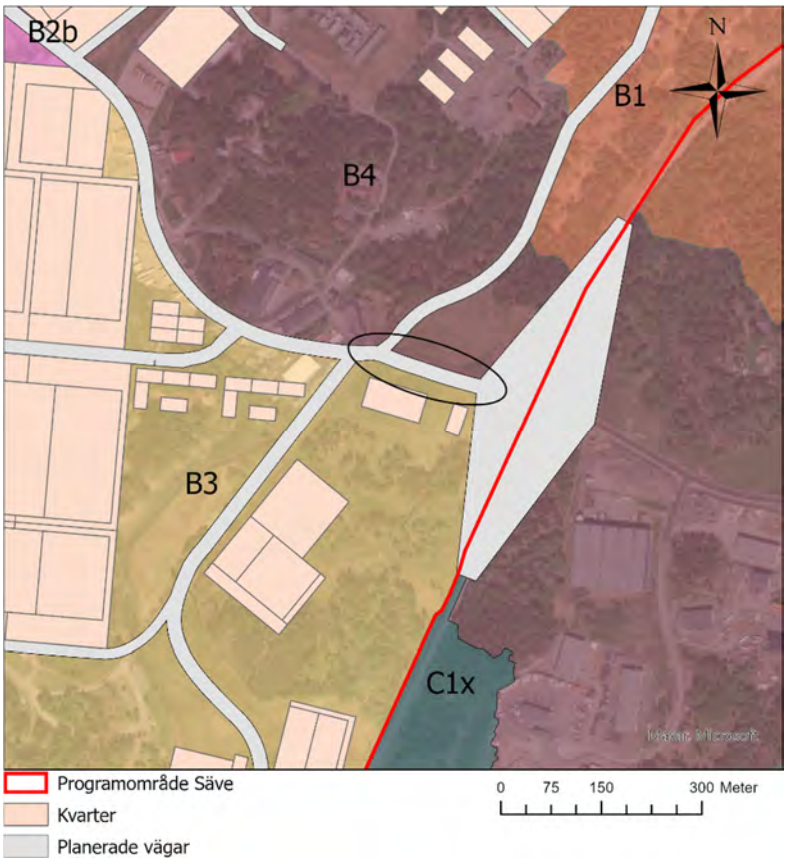
4.2 Gator i planeringsskede

Denna utredning baseras på två typer av gatusektioner: en för huvudgator och en för lokalgator (se Figur 40 och Figur 41 respektive). I dagsläget är det inte bestämt vilka gator som är huvudgator och vilka som blir lokalgator. För dagvattenhanteringens skull bör alla

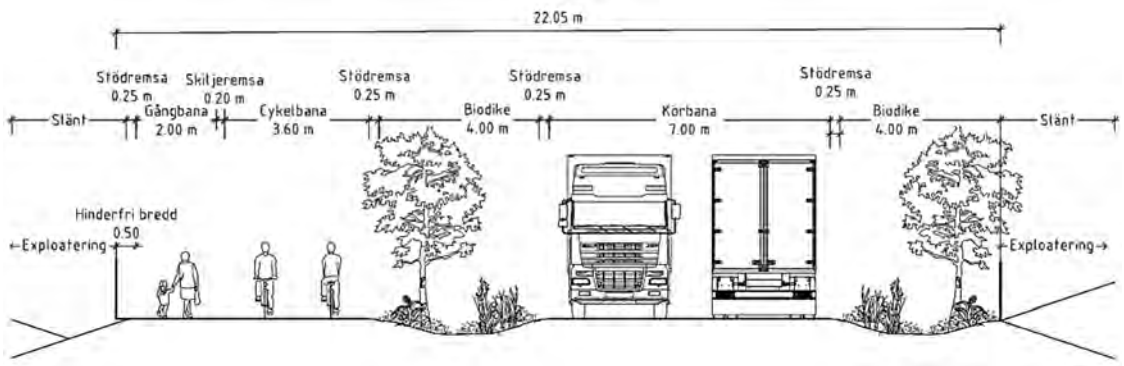
gator som har bebyggelse på båda sidor utformas med två diken och därmed som ”huvudgator”. I denna utredning förutsätts därför samtliga vägar förutom tre ha två diken. Dels är det två vägar i C1 respektive B3 där det bara planeras bebyggelse på ena sidan, dels en del av vägen i A1 där ledning föreslås i stället (se Figur 44 i avsnitt 5.4.2).

Beräkningar på förväntad trafikbelastning i området pågår men preliminära siffror har erhållits från COWI. På de allra flesta vägar i området förväntas en trafikbelastning under 5000 fordon per dygn. Vägen ut till Hisingsleden förväntas däremot kunna ha en trafikbelastning upp emot 12 000 fordon per dygn (se Figur 39).

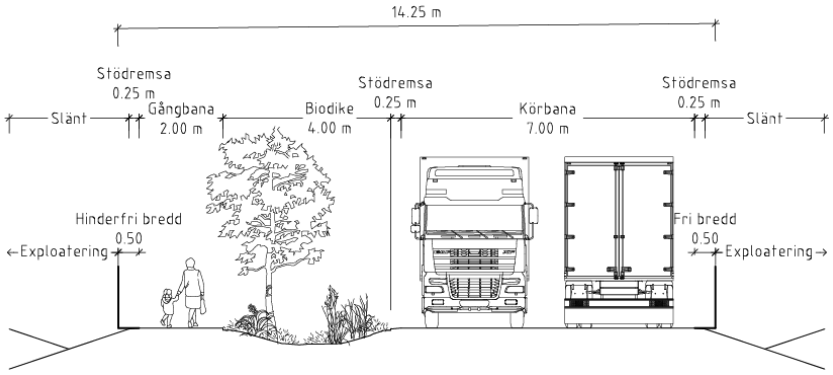
I avsnitt 5.2 beskrivs fördröjningsbehovet för gata och i avsnitt 5.3 beskrivs hur dikena rekommenderas att justeras för att få ut mer fördröjningsvolym och utöka deras flödeskapacitet. Observera dock att beräkningar baseras på sektionerna som redovisas här. I slutfasen av denna utredning togs nya beslut om vägsektioner vilka innebär att huvudgator får en sektion om 25 meter och lokalgator en sektion om 16 meter. Dagvattenutredningen har inte använt sig av dessa nya sektioner. De nya sektionerna ger större hårdgjord yta vilket ger en viss ökning i fördröjningsbehov och reningsbehov. Det bör kontrolleras i kommande skeden, men bedömningen är att det i föreslagna diken finns möjlighet att hantera såväl ökat fördröjnings- som reningsbehov.



Figur 39. Inringning visar den väg som förväntas ha upp emot 12 000 fordon/dygn.



Figur 40. Principsektion för huvudgata med separerad gång- och cykelbana samt biodike på var sida vägbanan.



Figur 41. Principsektion för lokalgata med cykel i blandtrafik.

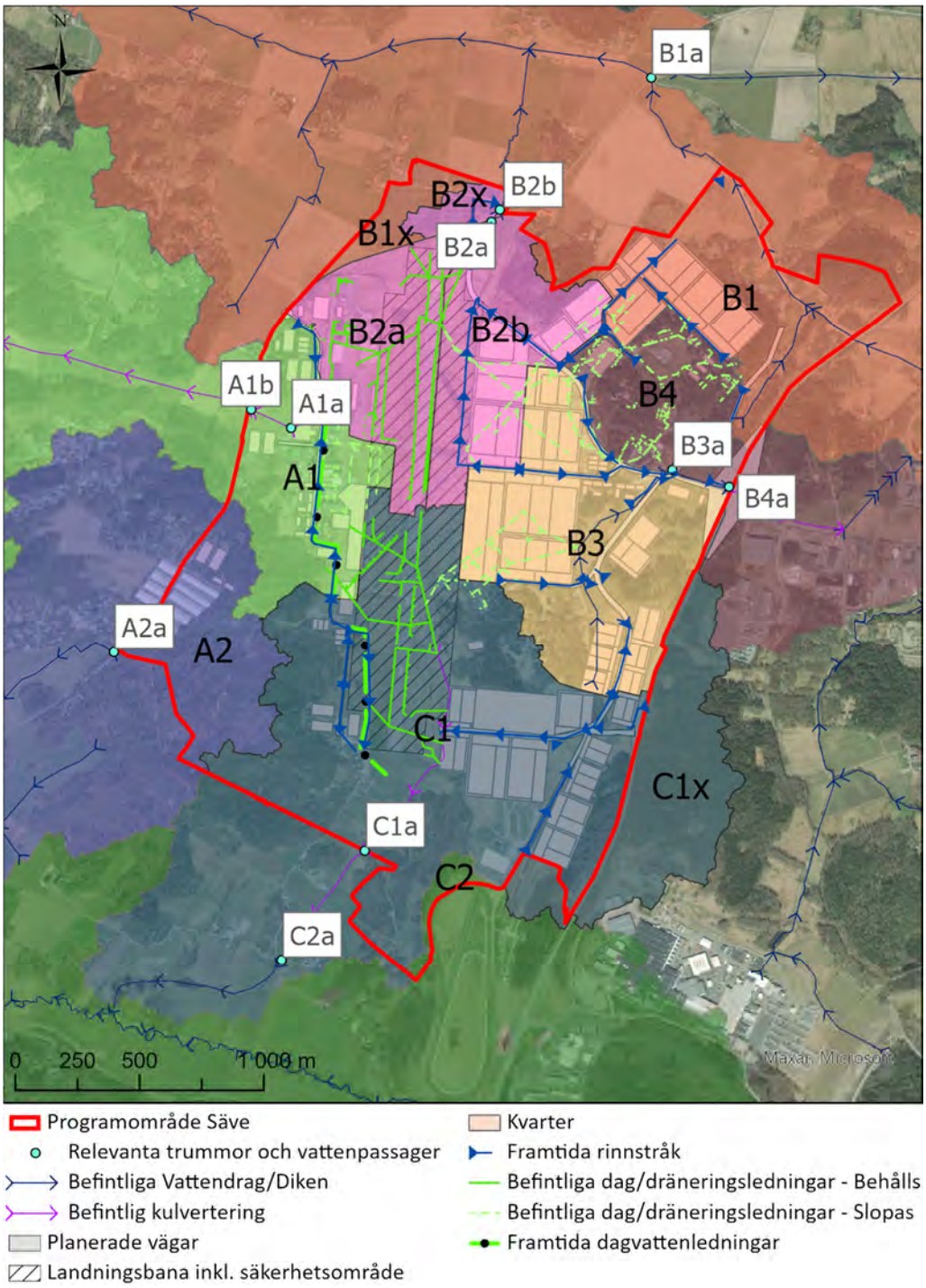
4.3 Planerade avrinningsområden

I och med exploateringen kommer topografin och vattenvägar inom området att förändras. Nya avrinningsområden kan ses i Figur 42 och har tagits fram i takt med att en grov höjdsättning över området. De blå pilarna i figuren visar de översiktliga flödesvägarna för respektive avrinningsområde. De framtida avrinningsområdena som ligger till grund för denna utredning bygger på ny markanvändning (planskissen april 2022) i programområdet och att med nya vägstråk skapa en effektiv avledning och hantering av skyfall. Metod och genomförande av föreslagen höjdsättning kan läsas i kapitel 6.

Avrinningsområde A1, A2 och B1 har endast ändrats marginellt mot det befintliga medan övriga delavrinningsområden förändras i större utsträckning (jämför Figur 18 med Figur 42 nedan). Kravet och målet med dagvattenhanteringen inom programområdet har varit att bibehålla samma utflöden som omgivande markavvattningsföretag har kapacitet till idag. Detta har varit i utmanande i framför allt avrinningsområde B3, där den höga exploateringsgraden bidrog till att detta ej kunde uppfyllas. Lösningen blev att leda om vatten som kommer från naturmark öster om Hisingsleden och utanför programområdet söderut, mot C1 i stället för till B3. Detta gör att avrinningsområde B3 minskar i storlek och fördröjningsbehovet i C1 ökar. Tidigare delavrinningsområde B3x (Figur 18) blir nu C1x (Figur

42). Detta anses genomförbart nivåmässigt, men även eftersom tillgängliga ytor för fördröjnings är många fler i C1.

Delavrinningsområde B2 minskar något medan B4 ökar. Avrinningsområde B2 har även delats upp i mindre delar: B1a, B2b och B2x. Inom B2x planeras endas en ny väg, men denna behöver ha en egen hantering eftersom området ligger på andra sidan om Kongahällavägen.



Figur 42. Framtida avrinningsområdena som står i grund för denna utredning. Avrinningsområdena bygger på planerad placering av bebyggelse och vägar enligt planskiss (april 2022).

5. Dimensionering och fördröjningsbehov

Flödesberäkningar för att uppskatta dagvattenavrinningen har utförts med rationella metoden. Den matematiska formel som beskriver den rationella metoden ges av Ekvation 1 nedan (från P110, Svenskt Vatten, 2016).

$$q_{dim} = A \cdot \varphi \cdot i(t_r) \cdot kf \qquad \text{(ekvation 1)}$$

där q_{dim} *är* dimensionerande flöde (l/s), A är avrinningsområdets area (ha), ϕ är avrinningskoefficient (-), i(tr) är dimensionerande regnintensitet (l/s ▪ ha), t_r är regnets varaktighet/rinntid (min) och kf är klimatfaktor (-).

Avrinningskoefficienten anger hur stor del av nederbörden som avrinner från en yta. Denna multiplicerat med arean benämns som reducerad area.

Koncentrations/rinntiden avser den tid det tar för hela området att bidra till flödet i en beräkningspunkt.

För beräkning av dimensionerande flöden före exploatering används klimatfaktor 1 och efter exploatering används 1,25 för att ta hänsyn till ökad regnintensitet på grund av pågående klimatförändringar.

Fördröjningsbehovet beräknas på två sätt. För att få fram fördröjningsbehovet på typkvarter och gata multiplicerades den reducerade arean med 10 mm enligt kravet om 10 mm fördröjning per m² hårdgjord yta. För beräkning av delavrinningsområdenas totala fördröjningsbehov för att erhålla angivet utflöde användes överslagsmässig beräkning av magasinsvolym med hänsyn till rinntid (ekvation 9.1 i P110).

5.1 Fördröjningsbehov för kvartersmark: typkvarter

Den antagna markanvändningen inom ett typkvarter ses i Tabell 5 tillsammans med använda avrinningskoefficienter i beräkningarna.

Tabell 5. Markanvändning och avrinningskoefficient för typkvarter.

Område	Area (ha)	Avrinningskoefficient
Takytor	4,00	0,9
Lastgård	1,65	0,8
Parkeringsyta	0,56	0,8
Ytterligare asfalt	1,56	0,8
Grönyta med underliggande lera	0,29	0,15
Totalt	***8,06***	***0,83***

Fördröjningsbehovet enligt 10 mm kravet är ca 670 m^3. Det motsvarar ca 83 m^3/ha typkvarter. I Figur 5 ses fördröjningsbehovet inom typkvarter per delavrinningsområde. Totalt planeras ca 121 ha typkvarter inom planområdet vilket resulterar i att det totalt

behöver fördröjas 10 059 m³. Observera att fördröjningsbehovet enbart baseras på planerad **ny** bebyggelse. Fördröjning vid befintlig bebyggelse har inte räknats med.

Tabell 6. Fördröjningsbehov inom typkvarter per delavrinningsområde baserat på planerad yta typkvarter inom respektive område.

Delavrinningsområde	Planerad area typkvarter (ha)	Fördröjningsbehov inom typkvarter
A1	7,69	638
A2	0,99	82
B1	17,46	1449
B1x	0	0
B2a	1,58	131
B2b	16,43	1364
B2x	0	0
B3	41,56	3449
B4	2,54	211
C1+C1x	32,94	2734
C2	0	0
Totalt inom hela planområdet	**121,19**	**10 059**

5.2 Fördröjningsbehov för kvartersmark: gata

Fördröjningsbehovet för gator inom kvartersmark har beräknats för 1 hektar gata enligt sektioner som visades i avsnitt 4.2. I Tabell 7 ses fördelningen av olika markanvändningar på huvudgata och motsvarande för lokalgata ses i Tabell 8.

Tabell 7. Markanvändning, area, avrinningskoefficient och reducerad area för 500 meter huvudgata med bredd 22,05 meter.

Markanvändning	Area (ha)	Avrinningskoefficient	Red. Area (ha)
GC-bana	0,30	0,8	0,24
Dike	0,36	0,15	0,05
Körbana	0,34	0,8	0,27
Totalt	***1***	***0,6***	***0,56***

Tabell 8. Markanvändning, area, avrinningskoefficient och reducerad area för 500 meter lokalgata med bredd 14,25 meter.

Markanvändning	Area (ha)	Avrinningskoefficient	Red. Area (ha)
GC-bana	0,18	0,8	0,14
Dike	0,28	0,15	0,04
Körbana	0,54	0,8	0,44
Totalt	***1***	***0,6***	***0,62***

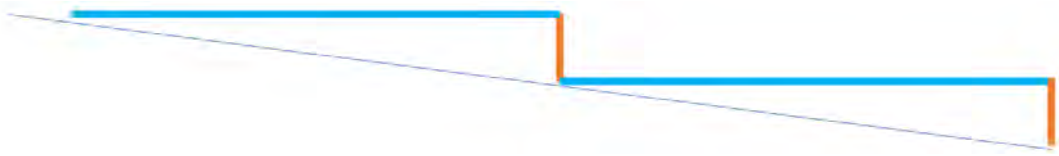
För att fördröja 10 mm per hårdgjord yta krävs ca 56 m³/ha huvudgata och ca 62 m³/ha lokalgata. Skillnaden uppstår på grund av att andelen dike är större för huvudgata i dagsläget.

5.3 Dimensionering av vägdiken

I arbetet med framtagning av både fördröjningsbehov och höjdsättning framkom ett behov av att effektivisera dikenas utformning. I vissa områden kommer dikena behöva ha en längslutning som är mindre än det generellt rekommenderade 5‰, vilket gör att flödeskapaciteten minskar. Samtidigt finns det ett stort fördröjningsbehov inom området. Genom att skapa något brantare slänter och öka djupet kan en större fördröjningsvolym erhållas samtidigt som flödeskapaciteten ökar, detta utan att ytbehovet ökar.

Dikena längst med gatorna föreslås ha ett djup om 0,5 m, släntlutning 1:3 och bottenbredd om 1 m vilket totalt ger bredden 4 m vid dikets överkant (samma bredd som i befintliga gatusektioner). Dagvattenberäkning för diken längs vägarna är baserad på en bottenbredd på 1 m.

För att skapa fördröjning krävs att dikena trappas med jämna mellanrum (Figur 43). Om diket har en längslutning på 5‰ föreslås att en "vägg" skapas minst var 80:e meter. Är längslutningen mindre krävs inte "väggar" lika ofta. Det föreslås att väggarna blir ca 40 cm höga så att dagvattnet vid höga flöden kan rinna över. Med denna utformning kan ca 140 m³ fördröjningsvolym erhållas per hektar gata (motsvarar ca 450 m dike), om det är diken på båda sidor.



Figur 43. Illustration av hur ett dike kan trappas. Orange linjer indikerar "väggar" som sätts upp i diket. Tjocka blå linjer visar hur vattnet fördröjas bakom dessa väggar.

I skyfallskarteringen för programområdet framkom att det finns en hög översvämningsrisk på vägarna med föreslagen dikens utformning. För att minska vattennivåerna i diken samt öka fördröjnings volymerna har en bredare dikesektion föreslagits. Dikesbredden varierar mellan olika områden och redovisas i avsnitt 7.

5.4 Fördröjningsbehov och flöden per delavrinningsområde

Nedan redovisas dimensionerande 10-årsflöde för befintlig markanvändning samt 10-, 30- och 100-årsflöden vid framtida markanvändning i varje delavrinningsområde.

5.4.1 Befintliga flöden

I Tabell 9 redovisas befintligt dimensionerande 10-årsflöde från respektive delavrinningsområde tillsammans med beräknad flödeskapacitet i nedströmsliggande

trummor samt tillåtna flöden till markavvattningsföretagen. För avrinningsområde C2 är det inte intressant att beräkna tillåtet flöde till markavvattningsföretag eftersom avrinningen sker direkt mot Osbäcken. Eftersom avrinningsområde B3, B3x och B4 delar utloppspunkt presenteras endast ett flöde för dem.

Antagen markanvändning som använts i beräkningarna presenteras i avsnitt 16.1 i appendix. Beräkning av rinntid redovisas i avsnitt 16.3 i appendix.

Tabell 9. Befintligt flöde vid 10-årsregn för delavrinningsområdena inom programområdet jämfört med tillåtna flöden till markavvattningsföretag samt flödeskapacitet i nedströmsliggande trummor.

Delavrinnings-område	**Dim. 10-årsflöde, utan KF (l/s)**	**Flöden markavvattnings-företag (l/s)***	**Flödeskapacitet i nedströmsliggande trummor (l/s)****
A1	640	70 – 90	60 och 170
A2	490	90	170 och 1410
B1	1640	30 / 100 ***	1100
B1x	300	64	*X*
B2	1580	280	650 och 1410
B3	270	240	4900, 360 och 1410
B3x	1040		
B4	80		
C1	590	310	1410 och 780
C2	210	*X*	*X*

*Värden från Figur 20 i avsnitt 3.10.1

**Värden från Tabell 4 i avsnitt 3.10.2

***Första flödet är till dikningsföretag Stora holm (1916), det andra är till Askesby (1951) vilket så småningom emottar hela B1 idag, även om delar av det först rinner igenom Stora holm. Vid fördröjningsberäkningar används flödet för Askeby.

För samtliga delavrinningsområden är det dimensionerande 10-årsflödet större än de tillåtna tillflödena till markavvattningsföretagen och större än vad befintliga trummor klarar (Tabell 9). Även när dimensionerande flöden för kortare återkomsttid studerats (1-årsregn) så är de dimensionerande flödena större än vad markavvattningsföretagen är gjorda för att ta emot (DHI, 2020).

Det som begränsar utflödet från området idag är trummornas kapacitet förutom i delavrinningsområde B1x där avrinningen sker direkt till diket. Trummornas kapacitet är inte exakt beräknad men de uppskattade kapaciteterna är i de flera fall flera gånger större än vad markavvattningsföretagen tillåter (jämför kolumn tre och fyra i Tabell 9).

5.4.2 Framtida flöden och fördröjningsbehov

Fördröjning krävs för att erhålla lämpliga utflöden ut från planområdet. Fördröjning har beräknats för:

1. Fördröjning av framtida 30-årsregn till motsvarande ett befintligt 10-årsregn
2. Fördröjning av framtida 30-årsregn till motsvarande flöden som markavvattningsföretagen är dimensionerade för
3. Fördröjning av framtida 100-årsregn till motsvarande flöden som markavvattningsföretagen är dimensionerade för

Fokus är på alternativ 2, se även avsnitt 3.2.

Ingen exploatering väntas i B1x och C2 men flöden presenteras ändå i kommande avsnitt eftersom det kan vara intressant vid analys av nedströmsliggande diken i framtida arbeten.

Framtida dimensionerande flöden vid 10-, 30- och 100-års återkomsttid för delavrinningsområdena presenteras i Tabell 10 nedan. Antagen framtida markanvändning presenteras i avsnitt 16.2 i appendix. Beräkning av rinntid redovisas i avsnitt 16.3 i appendix. Eftersom delavrinningsområdena är olika stora och har olika topografi skiljer sig rinntiderna mellan dem. För ett givet område så minskar det dimensionerande flödet med ökande rinntid, det vill säga en trögare avledning ger mindre dimensionerande flöde.

Tabell 10. Framtida dimensionerande flöden för respektive delavrinningsområde efter exploatering vid 10-, 30- och 100-årsregn.

Avrinningsområden inom programområdet	**Framtida dim. 10-årsflöde inkl. KF (l/s)**	**Framtida dim. 30-årsflöde inkl. KF (l/s)**	**Framtida dim. 100-årsflöde inkl. KF (l/s)**
A1	1100	1560	2310
A2	690	980	1460
B1	1770	2530	3750
B1x	380	530	790
B2a	840	1190	1760
B2b	1130	1610	2370
B2x	140	190	290
B3	1980	2810	4150
B4	1000	1430	2110
C1+C1x	2160	3030	4430
C2	210	300	440

Ökningen i flöde per delavrinningsområde beror främst på den ökade hårdgjordheten i området men beror även på att rinntiden förväntas blir kortare samt påslag för klimatförändringarna. Framtida avrinningsområden är baserade på framtagen grov höjdsättning och därmed ses även förändringar i flöden på grund av att gränserna för delavrinningsområdena förändras. Exempelvis har tidigare B3x blivit C1x eftersom det kommer att ledas söderut i stället.

I Tabell 11 presenteras det totala fördröjningsbehovet inom delavrinningsområdena. För beräkning av fördröjningsbehovet användes rationella metoden (ekvation 9.1 i P110). Begränsande utflöden hämtades från Tabell 9.

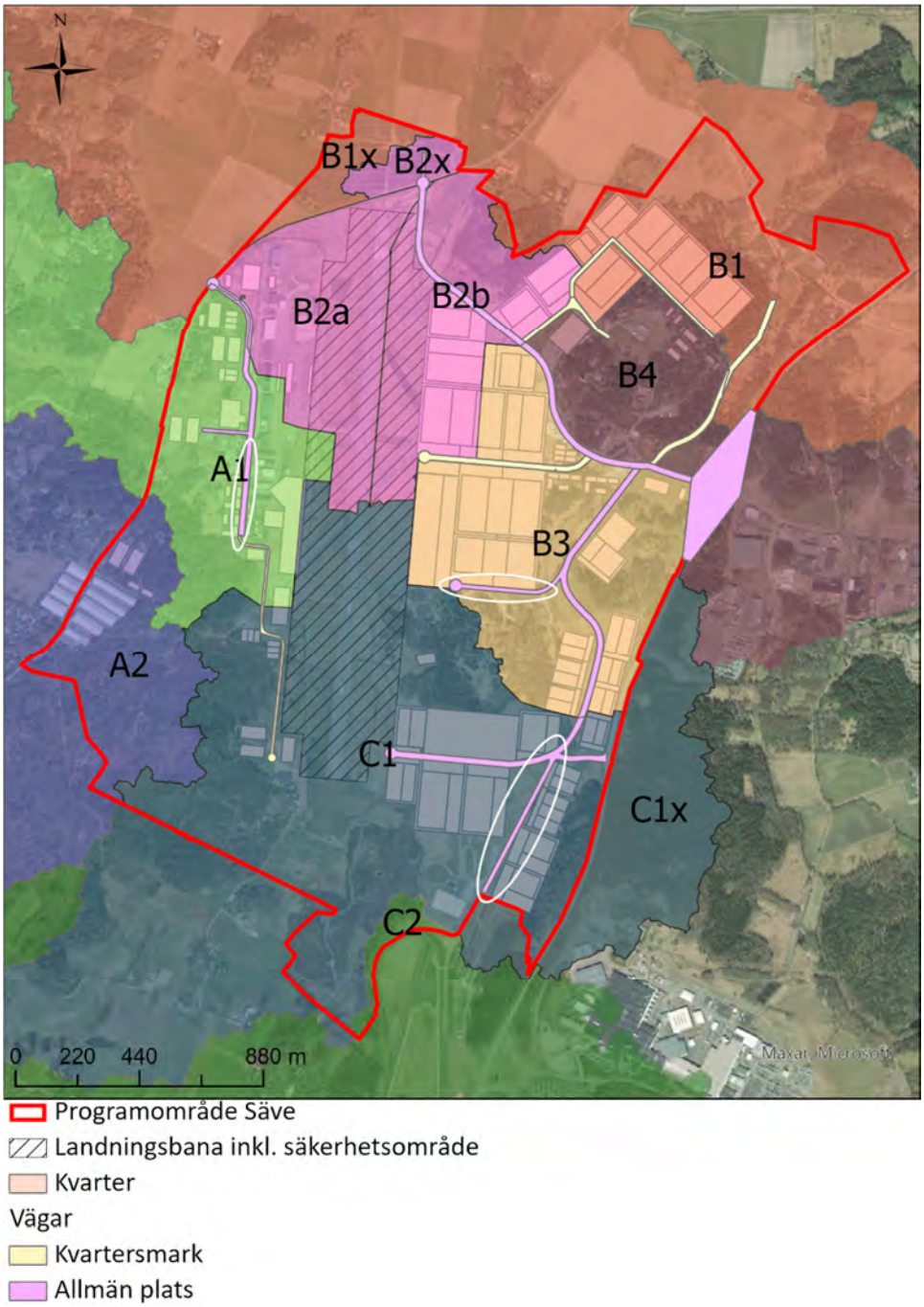
Tabell 11. Fördröjningsbehov (m³) inom delavrinningsområdena för de olika scenarierna.

Delavrinnings-område	Fördröjning scenario 1) 30 års → 10 års	Fördröjning scenario 2) 30 års → markavvattning	Fördröjning scenario 3) 100 års → markavvattning	Skillnad mellan scenario 2 och 3
A1	3620	12610	20640	8030
A2	1050	4000	6740	2730
B1	1440	14830	24110	9280
B2a	2260	11350	18880	7530
B2b	4080	14650	24100	9450
B2x	140	540	920	380
B3	26280	38320	57520	19200
B4	7700	9540	14990	5450
C1+C1x	37100	54560	87610	33050

Inom flera av delavrinningsområdena kommer det att finnas allmänna vägar och fördröjning i de dikena kan räknas in för att möta det totala fördröjningsbehovet. Fördröjning på kvartersmark räknas inte med. Om dikena längst med de allmänna vägarna utformas med trappning enligt kap 5.3 ovan så kan i genomsnitt 140 m³/ha väg erhållas om det finns dike på vardera sida av vägen. Samtliga vägar förutom tre antas ha två diken. Dels är det två vägar i C1 respektive B3 där det bara planeras bebyggelse på ena sidan, dels en del av vägen i A1 där ledning föreslås i stället (se Figur 44). I Tabell 12 ses hur stor yta allmän väg som finns inom varje delavrinningsområde och hur stor fördröjningsvolym som erhålls från dikena.

Tabell 12. Yta allmän gata med två eller ett dike samt resulterande fördröjningsvolym som går att erhålla i dessa.

Delavrinningsområde	Allmän gata - 2 diken (ha)	Allmän gata- 1 dike (ha)	Volym tillgänglig i diken (m³)
A1	1,6	0,3	245
B2a	0,4		50
B2b	1,7		236
B2x	0,177		25
B3	3,2	0,7	449
B4	0,9		132
C1+C1x	1,9	1,1	342



Figur 44. Karta som med vita ringar visar de tre vägar där det inte kommer att vara diken på båda sidor av vägen.

5.4.4 Ytbehov för fördröjning

I syfte att analysera genomförbarheten att fördröja framtida flöden (30-årsregn) till vad markavvattningsföretagen är dimensionerade för har beräkningar på ytbehovet gjorts. Beräkningarna utgår ifrån att fördröjning sker i 0,75 meter djupa torrdammar med släntlutning 1:3 och rektangulär form. Djupet har valts för att ha viss marginal till grundvattnet samt för att inte "tappa höjd", så att dagvattnet fortfarande kan nå utloppen.

Då området idag är väldigt flackt är det en utmaning att ha för djupa anläggningar, om önskemålet är att kunna tömma dessa mellan regneventen. Delar av torrdammarna kommer att behöva utformas som våtmark för att klara rening, men detta redovisas i avsnitt 9.

I Tabell 13 anges de ungefärliga ytbehovet per delavrinningsområde, inräknat ytbehovet för att slänta mot omkringliggande terräng.

Den tillgängliga ytan har beräknats genom att summera ytor inom varje delavrinningsområde som bedöms som möjliga att anlägga fördröjning på eftersom de:

1. Inte planeras bebyggas
2. Ligger inom ett relativt plant område
3. Ligger lämpligt till för att dagvatten ska kunna ledas till platsen.
4. Viss hänsyn har även tagits till ägarförhållanden.

Den grova höjdsättningen är i dagsläget framtagen för att kunna avleda dagvatten- och skyfall, samt kommer i ett senare skede att kompletteras med framtida projektering för vägar samt input från geoteknisk utredning av området (genomförbarhet och ytbehov av slänter, nivåskillnader etc). De ytor för slänter som tagits fram kommer därför antagligen förändras i senare skede för att stämma överens med omgivande mark.

Det översiktliga beräkningarna av ytbehovet indikerar att det går att få plats med den fördröjning som krävs inom respektive delavrinningsområde (se Tabell 13) som skall bebyggas. Inom A2 krävs dock 1 meter djup torrdamm, i stället för 0,75 meter. För att säkerställa att detta är möjligt med tanke på grundvattennivåer föreslås mätningar inom det specifika området alternativt göra en torrdamm med tät botten och grundvattensänkning. För några av delavrinningsområdena har det bedömts lämpligt att kontroller att volymbehovet kan erhållas (se gula rader i Tabell 13). Detta då omgivande mark har varierande terräng och kan kräva större ytor för slänter.

De slänter som behövs för att kopplas till befintlig, samt planerad mark varierar stort. Tex i B1 där fördröjningsanläggningen är nedanför en brant sluttning krävs mycket större yta än vad som kommer att kunna brukas till fördröjning. Den generella släntlutningen som antagits för samtliga torrdammar är 1:3, men för avrinningsområde B2a intill landningsbanan har en släntlutning mot landningsbanan på 1:50 antagits, samt 1:10, utifrån önskemål från Castellum. Detta för att det inte ska förekomma stora höjdskillnader och hinder innanför säkerhetszonen för landningsbanan. Höjdsättningen förklaras ytterligare i avsnitt 6.

Tabell 13. Ytbehov för att hantera fördröjningsvolymen vid ett 30-årsregn som ska fördröjas till vad markavvattningsföretagen tillåter jämfört med uppskattad tillgänglig yta. Gula rader indikerar att det finns anledning att kontrollera tillgänglig volym närmare.

Delavrinningsområde	Ytbehov torrdamm/ torrdammar (ha) inkl slänt	Marginal till behov
A1	23300	Marginal finns, utformning kan komma att ändras
A2 (1m djup*)	4600	Små, kan eventuellt nyttja befintlig damm
B1	27600	Stor släntyta pga omgivande mark
B2a	*32670*	Tillgänglig yta finns men behov av teknisk lösning att leda befintlig mark och ledningar dit
B2b	78690	Marginal finns för att leda en del av dagvatten dit från befintligt system i B2a
B2x	1770	-
B3	64230	Marginal finns, utformning kan komma att ändras
B4	19650	Finns lite marginal i längsgående lutning i befintligt dike innan trumma under Hisingsleden
C1+C1x	99690	Marginal finns, utformning kan komma att ändras

*För att få plats krävs inom A2 en 1 m djup torrdamm.

5.4.5 Påverkan på markavvattningsföretag och nedströmsliggande vatten

Eftersom beräkningarna visar på att det är möjligt att fördröja ett 30-årsregn ner till de flöden som markavvattningsföretagen är dimensionerade för kommer exploateringen av planområdet främst påverka dikningsföretagen inom planområdet. Dock kommer alla markavvattningsföretag ändå behöva omprövas för avloppsändmål eftersom de kommer att motta dagvatten.

Vad gäller påverkan på nedströmsliggande vattendrag och diken blir påverkan generellt en minskning i flöde från planområdet. Markanvändningen inom markavvattningsföretagens avrinningsområde har mer eller mindre förändrats sedan de bildades (se Norconsult, 2022 bilaga 1) vilket innebär att dikena i dagsläget mottar högre flöden än vad de en gång var dimensionerade för. Det som i dagsläget begränsar utflödet är de trummor som finns i planområdets kanter. Deras kapacitet är endast uppskattad och behöver beräknas baserat på inmätningar, men de indikerar att de tillåter flöden som är större än vad markavvattningsföretagen tillåter (se avsnitt 5.4.1). Alltså skulle fördröjning ner till flöden som markavvattningsföretagen tillåter innebära att utflödet från planområdet minskar.

Eftersom de nedströmsliggande dikena inte ens klarar av ett befintligt 1-årsregn utan att trycknivån är över markytan vissa sträckor (DHI, 2021) så bör exploateringen potentiellt minska översvämningsriskerna nedströms.

Men, medan utgående flöden minskar i storlek så kommer vattenvolymen som totalt lämnar planområdet att öka eftersom andelen hårdgjorda ytor ökar vilket ger ökad avrinning. Därtill föreslås vissa förändringar i avrinningsområdenas storlek vilket också förändrar den hydrologin. Exempelvis kommer B3x/C1x att i framtiden rinna mot Osbäcken i stället för Holmbäcken. Fördröjningsanläggningarna innebär att utflödet vid dimensionerande regn inte förändras men totalt sätt förändras volymen vatten som årligen når de olika recipienterna. Mot Osbäcken kommer den volymen vatten att öka medan den kommer att minska i Holmbäcken. För att leda bort ytvatten krävs oftast tillstånd som kan anmälas som vattenverksamhet till Länsstyrelsen (Länsstyrelsen västra Götaland, 2022). Det krävs även tillstånd för att genomföra åtgärd i ett vattenområde som syftar till att förändra vattnets djup eller läge.

Detta visas också då skyfallsmodellens befintliga och framtida scenario jämförs. Flödet i alla utloppspunkter utom i C1a minskas med ny exploatering och föreslagna fördröjningsytor.

6. Höjdsättning av området

Vid nyexploatering har man under planeringsprocessen möjlighet att styra bebyggelsens placering och höjdsättning i relation till de naturliga förutsättningarna. Det tematiska tillägget ger vägledning om hur översiktsplanens intentioner om en hållbar och robust stad ska uppnås med avseende på översvämningsrisker. Det är viktigt att framkomlighet för viktiga verksamheter och byggnadsfunktion inte påverkas av stående vatten utan att fria vattenvägar skapas vid ett skyfall. Krav enligt Göteborgs stads Tematiska tillägg till Översiktsplanen Översvämningsrisker (TTÖP) ger följande riktlinjer:

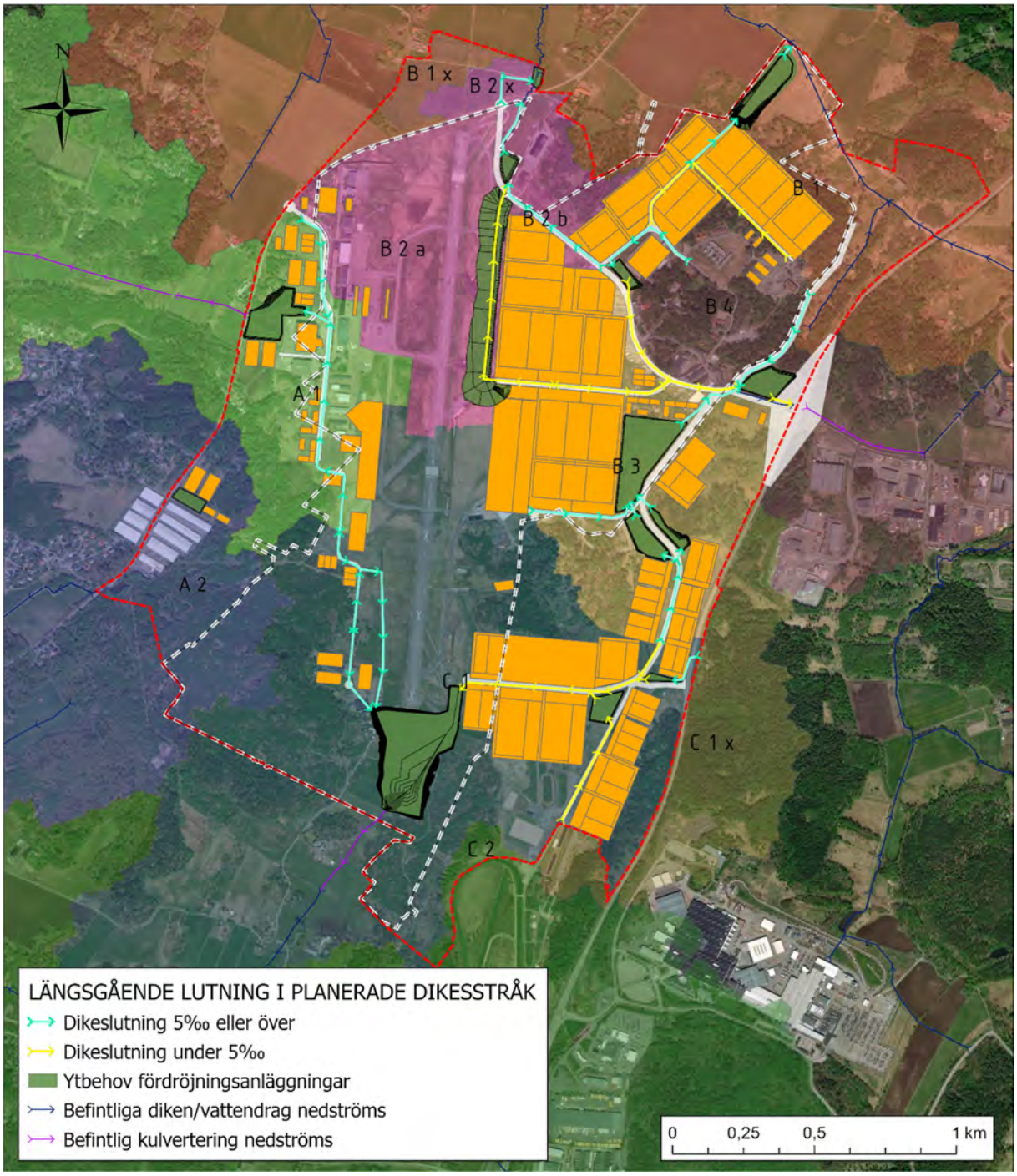
- Höjdsättningen på byggnader och vägar bör utarbetas så att maximalt 0,2 m vatten blir stående på vägar och stråk vid ett klimatanpassat 100-årsregn.
- Vid byggnaderna ska det finnas 0,2 m marginal till högsta vattenyta vid skyfall. Om det står 0,2 m på vägen behöver byggnaden alltså vara minst 0,2 m högre (samhällsviktig verksamhet ska ha en marginal på 0,5m).
- Det är även viktigt att nybyggnationen inte förvärrar situationen för befintlig bebyggelse i samband med skyfall.

Höjdsättningen är utförd på en övergripande nivå. I några delar, främst i anslutning till flygbanans säkerhetsgränser, där marknivån bör hållas nere pga markförutsättningar, utloppspunkter samt planerade fördröjningsanläggningar har dock höjdsättningen utretts mer detaljerat för att belysa utmaningar som behöver utredas vidare.

Nivåer på vägar bygger på principiell gatusektion som presenterades 2021 (Figur 45 i rapporten). Grunden till höjdsättningen är dikesbottennivåer som höjdsatts utifrån att vattnet ska kunna ledas ut via befintliga dikesutlopp från programområdet.

I kommande detaljprojektering behöver höjdsättningen förfinas avseende geoteknik och vägprojektering, då finns möjlighet att göra förändringar och förbättringar. Därför ska inte de höjder som presenteras ses som slutgiltiga då de enbart redovisar möjliga alternativ utifrån givna förutsättningar att få en fungerande dagvatten- och skyfallshantering. Framtagen terrängmodell bygger på att all avledning av dagvatten och skyfall inom programområdet ska hanteras på markytan och dikesstråk med en längslutning om i största möjliga mån 5‰. Terrängmodellen har utgått från Lantmäteriets höjdmodell 2x2 m och har en detaljnivå 1 m.

I takt med utredningens gång har diskussioner förts med både Castellum och staden om planerad höjdsättning inom området. I områden där ny höjdsättning kan ge stora höjdskillnader jämfört med befintlig mark har längsgående lutning minskats till 2‰ med önskemålet från Castellum att få ner planerade höjdnivåer på kvartersmark. Detta med vetskap om den minskande dikeskapaciteten och ökat underhållsbehov som tillkommer med mindre längsgående lutning än rekommenderade 5‰. I Figur 45 ses var dikeslutning är mindre eller lika med 5 ‰.



Figur 45. Figuren visar inom vilka dikesstråk som längsgående lutning är mer eller mindre än 5 promille.

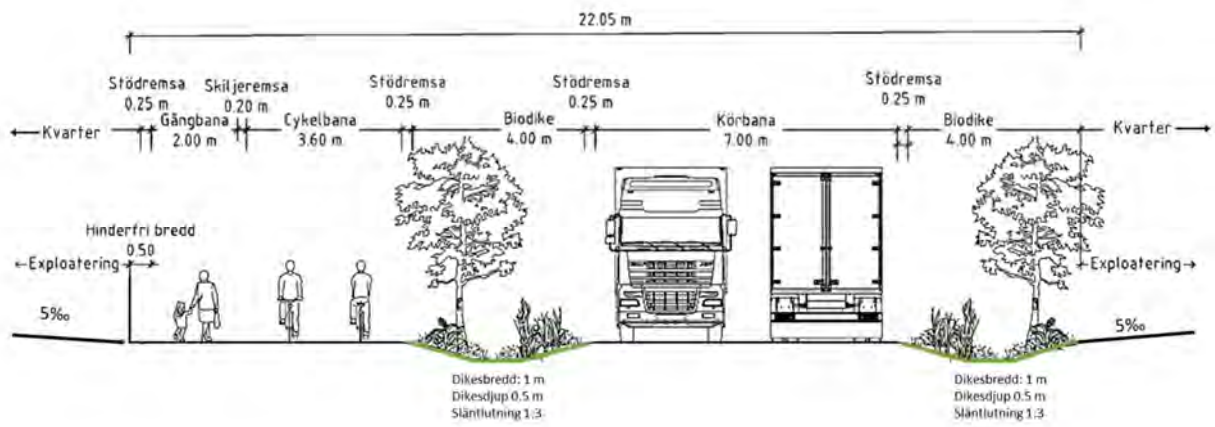
6.1 Metodik

Framtagande av en grov framtida höjdsättning har varit en iterativ process. Den bygger på ny markanvändning i programområdet, att nya vägstråk ska skapa en effektiv avledning och hantering av skyfall samt att erhålla en bra förbindelse med områden som ej skall exploateras.

I en iterativ process har flödesstråk undersökts i det 550 hektar stora området för att se hur ny bebyggelse kan avvattnas i framtiden. Utgångpunkten har dock varit att behålla de naturliga vattenvägarna i så stor mån som möjligt men samtidigt motverka ett stort behov av tillförsel av jordmassor inom området pga. områdets bristfälliga markförhållanden. På grund av ny bebyggelse, brist på yta, markavvattningsföretagens utflödeskrav samt en önskvärd lutning för avrinningsvägar förändras avrinningsområdena inom Säve planprogram i olika grad jämfört med dagsläget.

6.1 Höjdsättning av dikesstråk, gata och kvarter

Principstrukturen för vägar och kvarter presenteras i Figur 46, där grunden till höjdsättningen är dikesbottennivåer som höjdsatts utifrån att vattnet ska kunna ledas ut via befintliga dikesutlopp från programområdet. Detta är ett första steg i arbetet med att ta fram höjdsättning för området. Samtliga diken har antagits ha en bottenbredd på 1 m, dikesdjup på 0,5 m och en släntlutning 1:3. Detta genererar ett 4 m brett dike. Vidare analys av diken utreds i avsnitt 7 ”Översvämningsrisker vid skyfall” där diken anpassas efter även ett skyfall.



Figur 46. Principutformning vägsektioner som står i grund till planerad höjdsättning. Nivåer på kvartersmark är baserade på att dräneringsledningar 1m under mark ska kunna ledas till diken. (Källa: COWI, PM trafik och mobilitet, 2021).

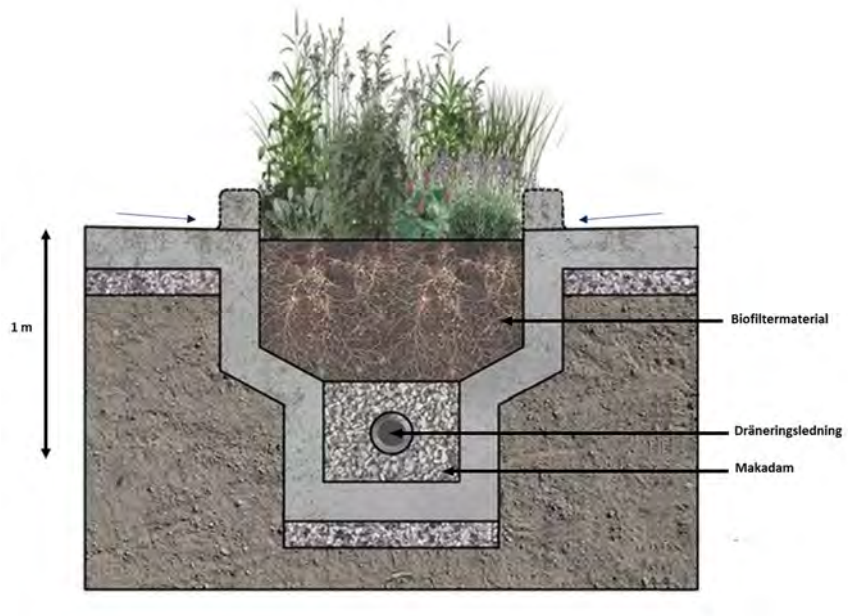
Enligt Kretslopp och vattens projekteringsmanual rekommenderas följande vid dimensionering av svackdiken för att säkerställa att handlingarna uppfyller deras krav på funktion och kvalitet.

- Längsgående lutning: Bör ligga mellan 0,2 – 1 %. En del källor anger 0,5 – 3 %
- Dämmen kan användas för att öka fördröjningen.
- Släntlutning: Inte brantare än 1:3, dock helst 1:5

Då samtliga befintliga dikesstråk idag saknar tillräcklig längsgående lutning kommer en del av dessa att behöva uppgraderas till föreslagna nivåer. Olika höjdsättningar har undersökts i modellen tills tydliga rinnvägar från bebyggda områden säkerställts till respektive

utloppspunkt. Ytor för dagvatten-och skyfallshantering har byggts in i höjdmodellen som lågpunkter längs med framtagna rinnstråk. Denna höjdmodell har sedan använts i skyfallsmodellen för att analysera att rinnvägar och fördröjningsytor fungerar som tänkt.

Principen för höjdsättning av kvarteren är att samtliga kvarter i största mån ska avvattnas till dag- och dräneringsledningar via biofilter som i och med biofiltrets utformning hamnar på ca 1 meters djup, se principsektion av biofilter i Figur 47 där dräneringsledningen placerats 1 m under markytan. Drän- och dagvattenledningar leds till föreslagna vägdiken med en åtkomlig lutning på 5‰. Marknivån på kvarteren hamnar därför på en högre nivå än toppen på dikesstråken längs vägar. Detta har gjorts för att skapa möjligheter i framtida arbete att genomföra de reningsåtgärder på kvartersmark som i utredningen rekommenderats för att uppnå reningskravet inom programområdet samt kunna avleda dag- och skyfall från kvartersområden till planerade dikesstråk och fördröjningsanläggningar. Hur respektive kvarter ska utformas kan variera och förändras i ett senare skede samt val av teknisk lösning att leda ut dag- och skyfallsvatten till diken.



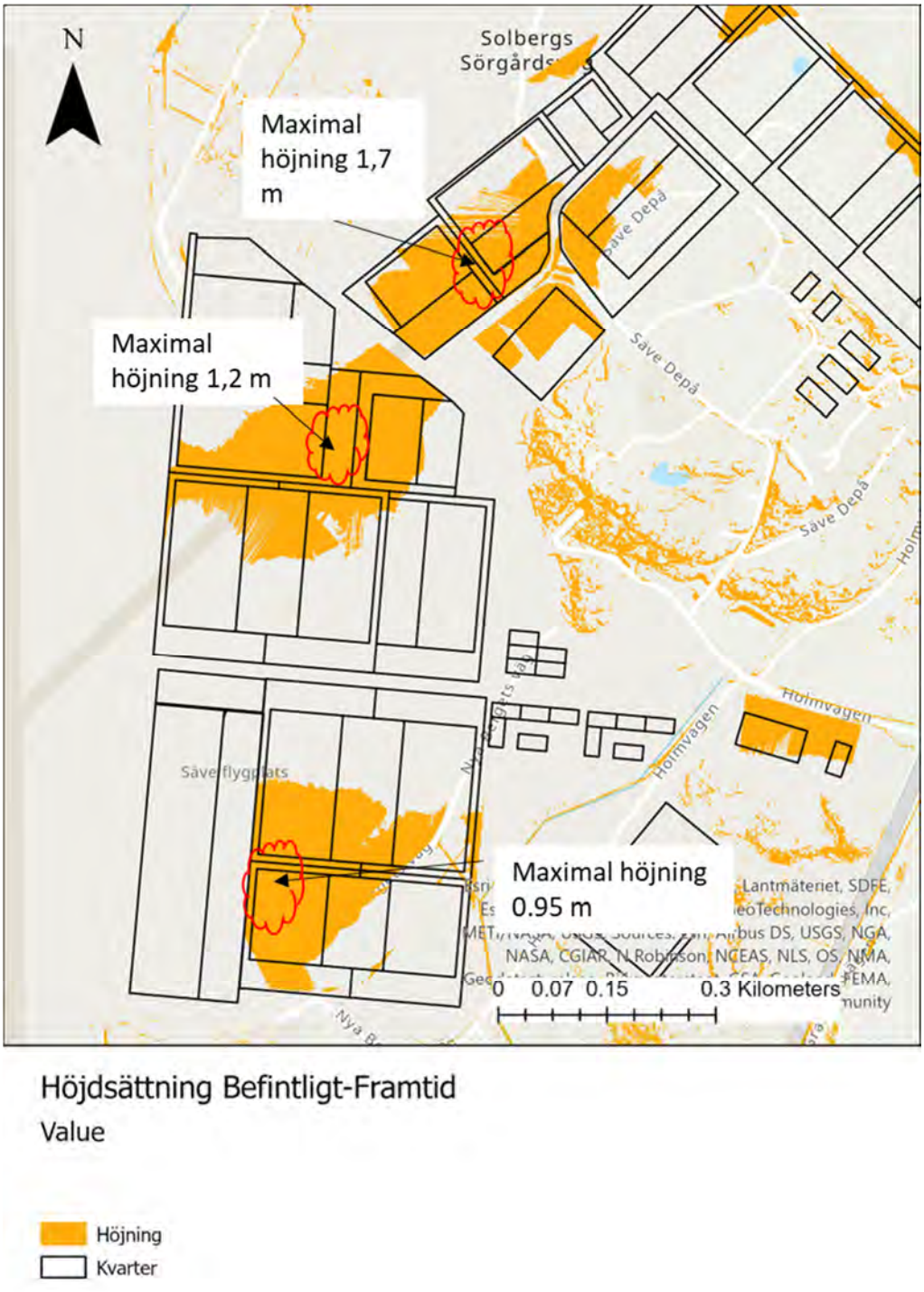
Figur 47 Principsektion av biofilter i där dräneringsledning placerats 1 m under markytan

För senare skeden när placering av byggnader inom kvartersmark finns tillhands är höjdsättningen av byggnader central. I Göteborg tillämpas regeln att nivån för färdigt golv ska ligga minst 30 cm över markytan vid anslutningspunkten för dagvatten.

6.3 Höjdsättning av planprogramområdet

Med principerna beskrivna i avsnitt 6.1 har en grov höjdsättning av området gjorts för hela området. Med i arbetet har även pågående markprojektering för SEEL i västra delen av programområdet tagits hänsyn till, samt grovt planerade höjder av bergsområdet i nordöstra delen av programområdet. Se framtagen höjdsättning i Bilaga 1–5.

I programområdets norra del vid utloppet från B2 är föreslagen väg planerad att sträcka sig genom befintligt bergparti, vilket ger till resultat stora skillnader mellan befintlig och planerad mark. Anledningen till de låga planerade dikes- och vägnivåerna är för att området befinner sig i slutet av avrinningsområdet och planerade diken och anläggningar avvattnar vatten från uppströms område B3. Hur vidare genomskärningen i berget kommer att genomföras och ge för markanspråk hänvisas till pågången geoteknisk utredning av detaljplan 1. Som nämns ovan sker de största förändringarna i de nordöstra delarna av programområdet. Inom stora delar sker sänkning av marken medan det inom delar av kvartersmark sker höjning. De områden som höjs jämfört med befintlig mark visas i Figur 48. I figuren visas även den maximala höjningen av marken i detta område, jämfört med befintliga höjdsättningen. Målsättningen har varit att uppnå så små höjningar av mark som möjligt inom området, utgångspunkt har varit en maximal höjning av befintlig mark med ca 1 m. Med denna utgångspunkt finns det några områden som kan innebära en risk ur geoteknisk synpunkt, se Figur 48. Höjdsättningen inom dessa områden inom kvartersmark kan behöva optimeras. De finns även områden som behöver sänkas för att hantera ytlig avrinning samt möta upp dikesnivåer.



Figur 48. Framtida höjdsättning i programområdets nordöstra del. Markerade områden i figuren är där det inom kvartersmark sker den största höjningen av mark jämfört mot befintlig höjdsättning. Övriga områden är lägre skillnader.

För att verifiera den grova höjdsättningen och önskvärda flödesstråk har en skyfallsmodellering gjorts över området. Trots att höjdsättningen är i tidigt skede ger modelleringen oss en bild av utmanande områden och trånga sektioner för att leda stora flöden dag- och skyfallsvatten. Detta kommer vara ett praktiskt underlag till vidare arbete med projektering av vägar och kvarter i dessa områden.

Genomförd skyfallsmodellering som beskrivs i avsnitt 7 identifierar ytor som behöver optimeras i vidare arbete med höjdsättningen för att säkra ytliga avledningsstråk och lokala lågpunkter.

7. Översvämningsrisker vid skyfall

7.1 Skyfallsmodell

För skyfallsmodelleringen användes det tvådimensionella hydrauliska beräkningsprogrammet MIKE 21 FM (Danish Hydraulic Institute). Modellen beräknar nivå- och flödesförhållanden till följd av exempelvis nederbörd och flöden. Programmet bygger på numerisk lösning av Navier Stoke's ekvationer, och beräknar vattendjup och hastigheter. Modellen simulerar det ytvatten som uppstår till flöjd av ett regn. Yt-avrinning uppstår då regents intensitet överskrider markens infiltrationskapacitet och blir vattenmättad, och vatten i stället avleds på markytan.

Metoden för markavrinning som tillämpats följer Vägledning för Skyfallskartering (MSB, 2017) samt den framtagna vägledningen för skyfallskartering för Göteborgs stad (Modelldokumentation av strukturplansmodeller, DHI). Med metodiken görs förenklingar bland annat avseende beskrivning av ledningssystemets kapacitet och hur vattnet transporteras i vattendrag. De kartunderlag som använts är terrängmodell med upplösning (1x1 m), ortofoto, markanvändningskarta, fastighetskarta samt jordartskarta för befintliga förhållanden.

7.1.1.1 Val av modelleringsverktyg

I denna utredning har COWI valt att modellera programområdet med Mike 21 FM som avviker från KOVs rutin för skyfallsutredningar. Syftet med denna rutin är att effektivisera och kvalitetssäkra Göteborgs stads skyfallsutredningar. Denna rutin innebär att arbetet med skyfallsmodellering ska utgå från modeller och modellresultat som togs fram i strukturplansarbetet för att få jämförbara resultat mellan olika strukturplaner.

Största anledningen till att en ny modell satts upp är att planområdet ligger mellan två modellområden för kretslopp och vattens befintliga modell. Avrinningsområden kommer förändras i och med framtida höjdsättning och hela avrinningsområden inom planområdet bör inkluderas i samma modell för att få så verklighetstrogna resultat som möjligt.

Modellen som satts upp inom detta uppdrag bedöms vara jämförbar med den översiktliga modellen från Kretslopp och vatten men de skiljer sig åt något. Den största skillnaden är att modellen som använt i denna utredning inte är en kopplad modell vilket innebär att den inte beskriver ledningsnätet. Inom planområdet ska allt dagvatten fördröjas på ytan och i diken vilket innebär att ledningsnätet inte kommer ha någon påverkan på ytavrinningen för dagvatten och skyfall. Däremot har de kulvertar som ligger i utloppen från planområdet betydelse för översvämningsdjupet i området. Dessa har inte beskrivits i denna modell.

De två olika modellerna beskriver terrängen på olika sätt. Modellen från Kretslopp och vatten beskriver terrängen med rektangulärt mesh med 4*4 meters upplösning. Modellen i denna analys beskrivs av ett triangulärt mesh med 4 meters upplösning inom planområdet och 20 meter utanför. Detaljeringsgraden inom området bedöms vara likvärdig. Fördelen är

triangulärt mesh är att man kan ha olika upplösning för olika områden. Detta har valts för att optimera beräkningstiden. Tidsaspekten inom uppdraget har varit viktig. Modellen sträcker sig också över ett mindre område av samma anledning: att minska beräkningstiden.

Parametrar för infiltration har valts efter KoVs föreslagna värden och skiljer sig därmed inte nämnvärt. COWI har gjort vissa justeringar i mannings tal för framtida modell där området lutar mycket. Detta har gjorts för att reducera instabilitet i modellkörningen. Detta innebär att vatten rinner lite långsammare i dessa områden, vilket kan medföra marginellt högre vattendjup i vissa områden, men påverkar inte resultatet.

För att se skillnaden i modellerna jämförs befintligt resultat i denna analys med resultatet från tidigare framtagna modell. Detta visas under resultat befintliga förhållanden.

7.1.1 Befintlig modell

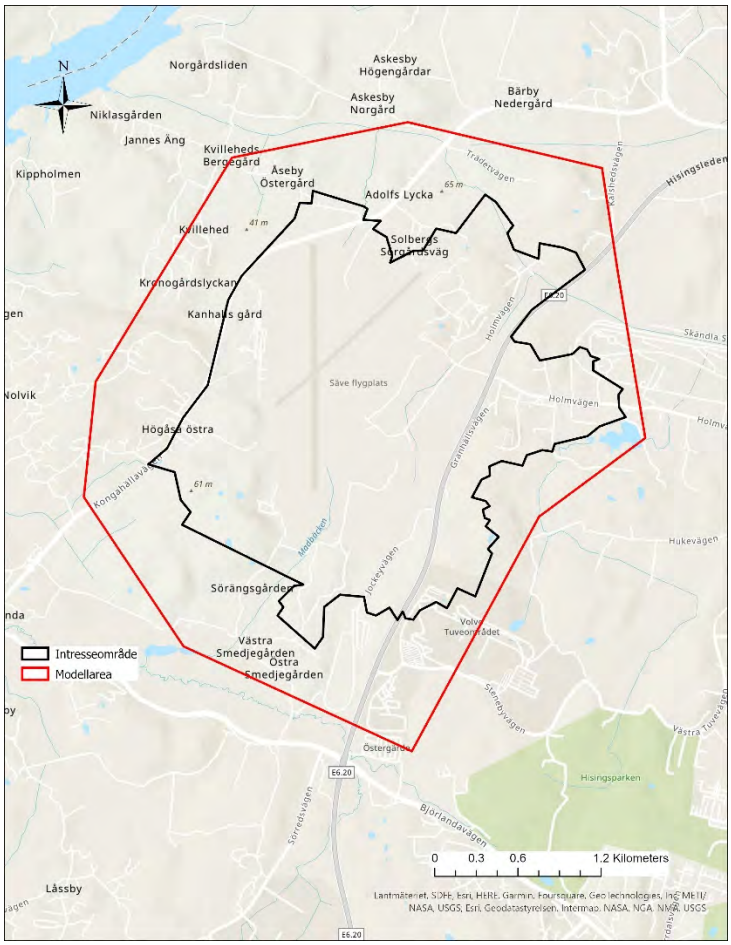
Modellen har körts för ett scenario som speglar extrema väderhändelser i ett framtida klimat. I och med klimatförändringarna väntas nederbörden öka i framtiden. Det innebär att ett regn som statistiskt sett sker en gång vart hundrade år (100-åresregn) i dagens klimat kan komma att inträffa oftare i ett framtida klimat. För att kompensera för effekten av klimatförändringar används en klimatfaktor på 1,2. Detta innebär att regnintensiteten blir 20 % större. Studerade scenario är 100-årsregn med en klimatfaktor på 1,2. Modellens utbredning definieras av modellområdet i Figur 49.

7.1.1.1 Höjdmodell

Höjdmodellen består av en terrängmodell som har byggts upp från erhållen laserskannade höjddata och beskriver modellområdets topografi. I Mike-modellen är denna inlagd som ett Flexible Mesh i stället för ett rutnät för att kunna optimera beräkningstid och få en bra upplösning på de mest intressanta områdena.

Mike 21 FM (Flexible Mesh) - bygger på en triangulär, ostrukturerad konstruktion. I och med sin ostrukturerade uppbyggnad tillåter FM beskrivningen en varierad upplösning inom studieområdet, till skillnad från rektangulärt grid. Detta gör det möjligt att i FM-modellen öka upplösningen i komplexa områden som anses särskilt viktiga för att kunna ge en korrekt bild av översvämningsförloppet, medan en lägre upplösning kan tilldelas mer homogena områden som anses ha en mindre viktig betydelse för den generella översvämningsutbredningen.

I Figur 49 visas området som modelleras (Modellarea). Inom intresseområdet (planområdet) är meshens upplösning 4 m, då denna är den som är relevant för planområdet. I området utanför intresseområdet är meshens upplösning 20 m.



Figur 49. Intresseområdet markeras av svart linje, detta ör desamma som planområdet förutom på östra sidan. Röd linje visar området som modellerats.

7.1.1.2 Markens råhet

Beroende på markanvändningen inom programområdet kommer marken ha olika råhet. Markens råhet är ett mått på friktionen som uppstår mellan marken och vattnet. I modellen för Säve programområde beskrivs markens råhet i skyfallsmodellen med Mannings tal.

Mannings tal har enhet $m^{1/3}/s$ och beskriver hur mycket friktionsmotstånd en yta ger. Ett lågt Mannings tal innebär att ytan är mer skrovlig och ger mer motstånd mot flödet, ett högre Manningstal innebär att ytan är slätare och ger mindre friktionsförluster d.v.s. att råheten i marken styr vattnets hastighet. Grönytor har generellt lägre Mannings tal än hårdgjorda ytor. De värden som har använts i denna skyfallsmodell redovisas i Tabell 14.

Tabell 14. Manningstal för olika typer av markanvändning inom modellområdet. Alla tal har differentierats för att kunna särskiljas i modellen.

Markanvändning	Mannings tal
Öppen våtmark	40
Byggnad	55
Väg	50
Exploaterad mark (ej byggnad)	49
Kvartersmark	48
Åkermark	3
Övrig öppen mark utan vegetation	21
Grönytor	5
Skog	2
Sjöar och vattendrag	41

7.1.1.3 Infiltration

För att simulera effekten av infiltration från markytan till de underliggande jordlagren har modellen körts med en infiltrationsmodul. Infiltrationsmodulen beskriver infiltration från markytan till ett tänkt infiltrationslager med en specificerad kapacitet. Infiltrationslagrets kapacitet bestäms utifrån lagrets mäktighet, dess porositet, och den initiala fyllnadsgraden. Vatten infiltrerar från markytan till infiltrationslagret med en konstant hastighet till dess att infiltrationslagret är fullt och den maximala infiltrationskapaciteten är uppnådd. Denna hastighet benämns infiltrationshastighet. Vatten lämnar infiltrationslagret med en konstant hastighet, motsvarande hastighet med vilken vattentransport från den omättade zonen till grundvattnet sker. Denna hastighet benämns läckagehastigheten. När den maximala infiltrationskapaciteten uppnåtts kommer vattnet att lämna markytan med en hastighet motsvarande läckagehastigheten.

Det översta jordlagret antas bestå av matjord utblandad med den underliggande jordarten, den översta jordlagret antas att ha en mäktighet på 0,3 m över hela modellområdet. Porositet kan antas variera över modellområdet beroende på jordart och eventuell uppblandning mellan matjord och ursprunglig jordart. I modellen antas att porositet vara i genomsnitt 40% för hela området. Porositeten och infiltrationslagrets mäktighet avgör tillsammans med den initiala fyllnadsgraden hur mycket vatten som kan rymmas i infiltrationslagret. Det har antagits att porositeten och mäktigheten är homogen över hela modellområdet. I verkligheten består dock området av flertal olika jordarter med varierande infiltrationskapacitet, detta kompenseras för genom att justera den initiala fyllnadsgraden.

Antagande om jordlagrets porositet, mäktighet och fyllnadsgrad påverkar hur mycket vatten kommer rymmas i infiltrationslagret. Tabellen nedan visar antagande för de olika jordarterna inom modellområdet.

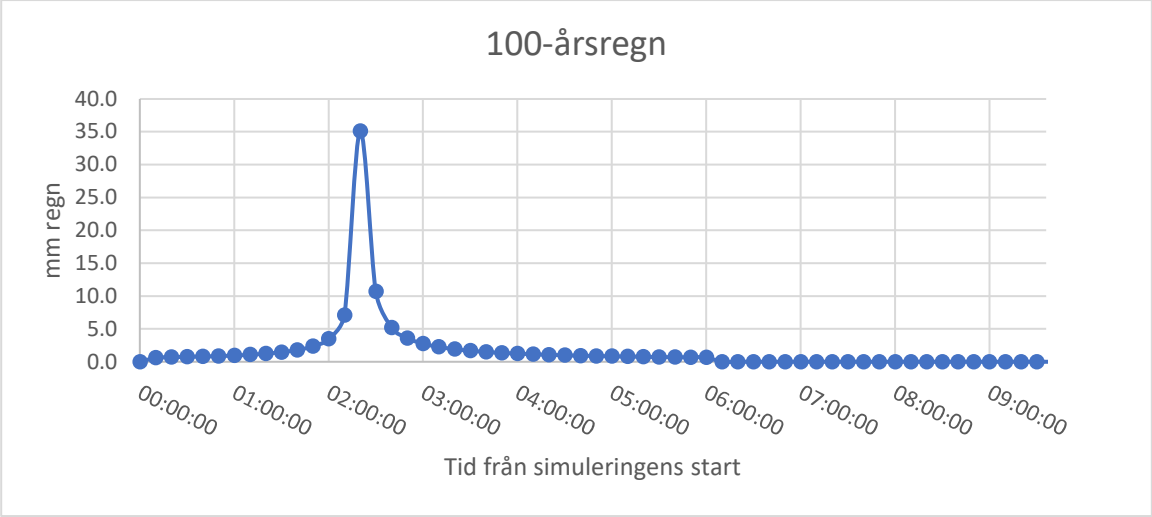
Tabell 15. Ansatta infiltrations, mäktighet, porositet och läckagehastigheter (mm/h) för olika jordarter inom programområdet.

Jordart	Läckagehastighet (mm/h)	Infiltration (mm/h)	Mäktighet (m)	Initial vattenhalt	Porositet
Post.Sand	3.6	180	0.3	0.2	0.4
Vatten	0	0	0.3	1	0.4
Urberg	0.036	18	0.3	0.17	0.4
Fyllning	3.59	36	0.3	0.29	0.4
Sandig morän	3.58	35.9	0.3	0.3	0.4
Glacial lera	0.358	3.6	0.3	0.37	0.4
Svallsediment/grus	35.9	179.5	0.3	0.18	0.4
Gyttjelera	0.359	3.59	0.3	0.38	0.4
Post.finsand	36	179.9	0.3	0.19	0.4
Post.lera	0.36	3.58	0.3	0.4	0.4
Utanför programområdesgränsen	50	1	0.1	0.1	0.4

7.1.1.4 Regn

Det regn som simuleras är ett CDS-regn med 6 timmars varaktighet och en återkomsttid på 100 år och klimatfaktor 1,2. Regnets totala volym är 101,2 mm (Svenskt vatten, 2010). Regnet har inte differentierats i ytan och inget avdrag för ledningsnät har gjorts då befintlig kapacitet i ledningsnätet i området antas vara obefintlig. Infiltration av olika markanvändnings- och jordartstyper har inte reglerats i regnet utan i infiltrationsmodulen som är beskriven ovan.

Regnet har delats upp i 10-minutersblock som fördelar sig över simuleringens tid enligt Figur 50 och når sin topp efter ca 2 timmar och 20 min.



Figur 50. Regnets fördelning över simuleringens tid för 100-årsregn. Varje block är 10 minuter långt.

7.1.1.5 Randvillkor

Modellen är simulerad med så kallad stängt randvillkor vilket innebär att inget vatten flödar ut ur modellen. Detta ger en missvisande bild av vattennivåer i utkanterna av området, då vatten fastnar där. Därför har ett större område än planområdet simulerats. Det är även därför som resultatfigurer enbart visar översvämning inom området för att vattennivåer intill modellens rand är överskattade.

7.1.2 Framtida modell

Studerade scenario för framtida scenarion är 30-årsregn och 100-årsregn med en klimatfaktor på 1,2.

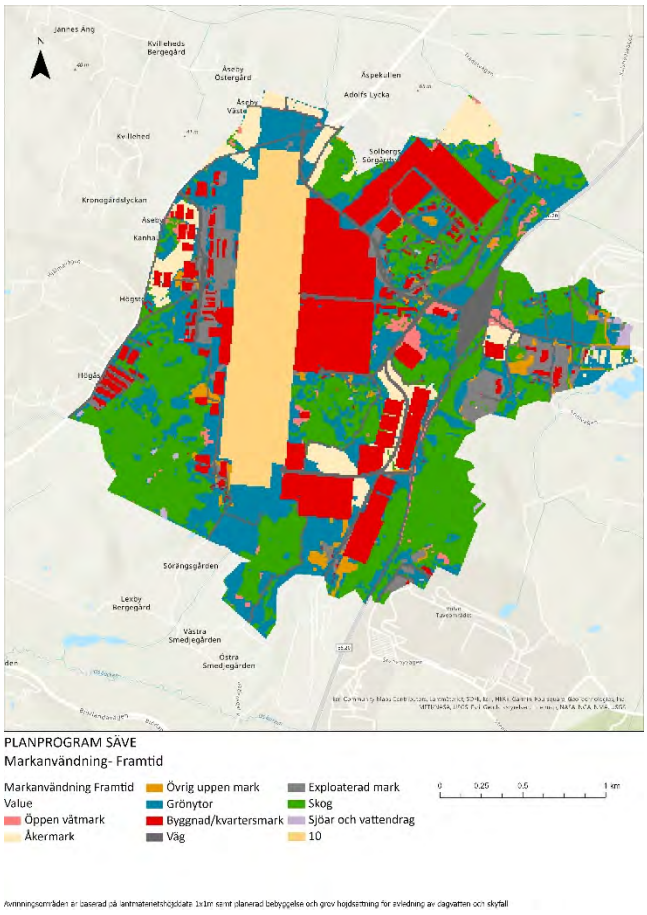
7.1.2.1 Höjdmodell

Ny höjdsättning för området har tagits fram inom ramen för detta uppdrag. En höjdmodell för ny planerad exploatering har skapats utifrån befintlig höjdmodell. Skyfallsmodellen för framtidsscenariot har inkluderat följande objekt inom planområde Säve i terrängmodellen: ny höjdsättning dikerna, nivåer för de nya kvarteren med ett förslag för dagvattenhantering i form av diken och dagvattendammar. Läs mer om höjdmodellen i avsnitt 6.

På samma sätt som befintlig höjdmodell har meshen i Mike - modellen byggts upp med samma upplösning inom området. Inom planområdet är meshen 4 m och utanför 20 m (Se Figur 49).

7.1.2.2 Markens råhet

Markanvändningen ligger till grund för avrinningskoefficienters uppdelning som används för beskrivning av infiltrationen i marken samt markens råhet. Markavrinningsmodellen ersätts av ny markanvändning med nya exploateringar inom programområdet enligt programområdet strukturskiss se Figur 51, medan utanför planområdet har befintlig markanvändning använts.



Figur 51. Framtida markanvändning över området med det nya planerade exploatering.

För framtida förhållanden har alla områden med en lutning över 45 grader i terrängen satts till Mannings tal 1. Detta har gjorts för att minska vattenhastigheter i områden med stor lutning för att reducera instabilitet i modellen. I övrigt har de olika markanvändningstyperna samma Mannings tal som befintlig markanvändning, se Tabell 14.

Då byggnaders placering inte är kända har kvarteren satts som byggnad i markanvändning.

7.1.2.3 Infiltration

I skyfallsutredningen har jordlagren inte antagits förändras gentemot befintliga förhållanden. Däremot så har de lagren som är kopplade till markanvändning- dvs initial vattenmättad och infiltrationskapaciteten ändrats för marker som ansatta för ny exploatering, se Figur 51.

Tabell 16. Ansatta infiltrations-och initiala vattenhalter för olika jordarter inom programområdet.

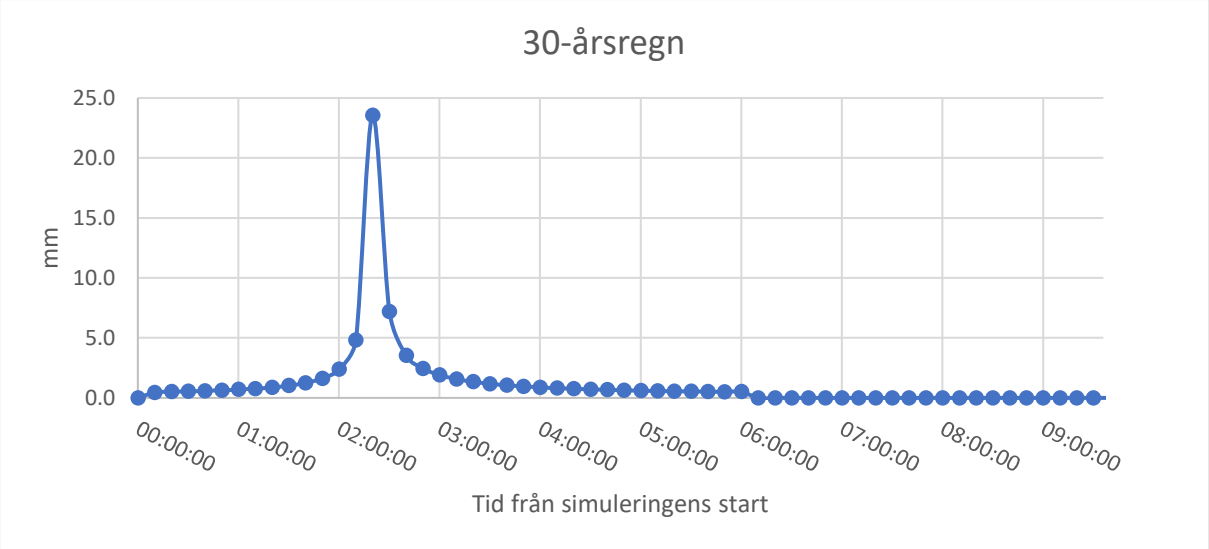
Jordart	Infiltration (mm/h)	Initial vattenhalt (%)
Post.Sand	180	20
Vatten	0	100
Urberg	18	17
Fyllning	36	29
Sandig morän	35.9	30

Glacial lera	3.6	37
Svallsediment/grus	179.5	18
Gyttjelera	3.59	38
Post.finsand	179.9	19
Post.lera	3.58	40
Nya vägar	**0**	**0**
Ny kvartersmark	**0**	**0**

Kvartersmark ska fördröja 10 mm enligt kraven, detta har inte räknats med i denna analys då ingen infiltration har antagits på kvartersmark och regnet är desamma över hela området.

7.1.2.4 Regn

För framtida förhållanden simuleras samma 100-årsregn som beskrivits under befintliga förhållanden. Även ett 30-årsregn har modellerats för framtida scenario för att kontrollera dimensioner på diken inom planområdet. Regnets fördelning som använts i modelleringen ser ut enligt Figur 52. Regnets varaktighet är 6 timmar och volym uppgår till ca 70 mm inklusive klimatfaktor på 1,2 (Svenskt vatten, 2010).



Figur 52. Regnets fördelning över simuleringens tid för 30-årsregn. Varje block är 10 minuter långt.

7.2 Resultat

Resultaten beskrivs för befintlig höjdsättning, där även en jämförelse av modell från Kretslopp och vatten ingår. Därefter beskrivs översvämningarna i framtida förhållanden för både 30-årsregn och 100-årsregn. För att avgöra om nedströmsliggande områden påverkas görs en kontroll av flöden för framtida modell samt en jämförelse mellan befintligt och framtida scenario. Även beräknade volymer som blir tillkommande inom respektive avrinningsområde efter exploatering redovisas. Tas inte dessa volymer om hand redovisas förslag på åtgärder som är möjliga inom och utanför kvartersmark.

Samtliga resultatbilder från beräkningar av vattendjup visar det maximala vattendjupet i varje beräkningscell. Översvämningskartorna är alltså inte kopplade till ett specifikt tidssteg, utan visar det maximala djup som uppstått i varje beräkningscell under beräkningstiden. Det innebär alltså att situationen som visas i översvämningskartorna inte kommer uppstå i verkligheten. Vattendjupet i varje cell kan uppkomma men inte samtidigt över hela området.

7.2.1 Översvämning vid ett 100-årsregn – Befintliga förhållanden

Figur 53 visar det maximala vattendjup som uppstår inom Säve – programområdet vid ett 100-årsregn för befintliga förhållanden. Det uppstår stora översvämningar i befintliga diken inom området och vid vägkorsningen mellan Hisingsleden och Holmvägen. Även i sydväst inom området (A2) är det vissa lågt belägna byggnader längs med Kongahällavägen som blir drabbade av översvämning (Högåsa östra). Vid ett 100-årsregn kan vattennivåerna vid vägkorsningen uppgå till mellan 0,8 och 1,0 m.

Inga större flöden har identifierats som tillrinner till planområdet utifrån förutom för B3 där en trumma korsar Hisingsleden (läs mer om delavrinningsområde B3x i avsnitt 3.10.7). Funktionen av dessa befintliga avrinningsstråk är viktiga att bibehålla även när marknivåerna förändras i samband med exploateringen.

Öster om Kongahällavägen (avrinningsområdet - A2) kan upp till 1,0 m vatten bli stående och även vid utloppet för avrinningsområdet A1 kan upp till 1,0 m bli stående vatten inom området.

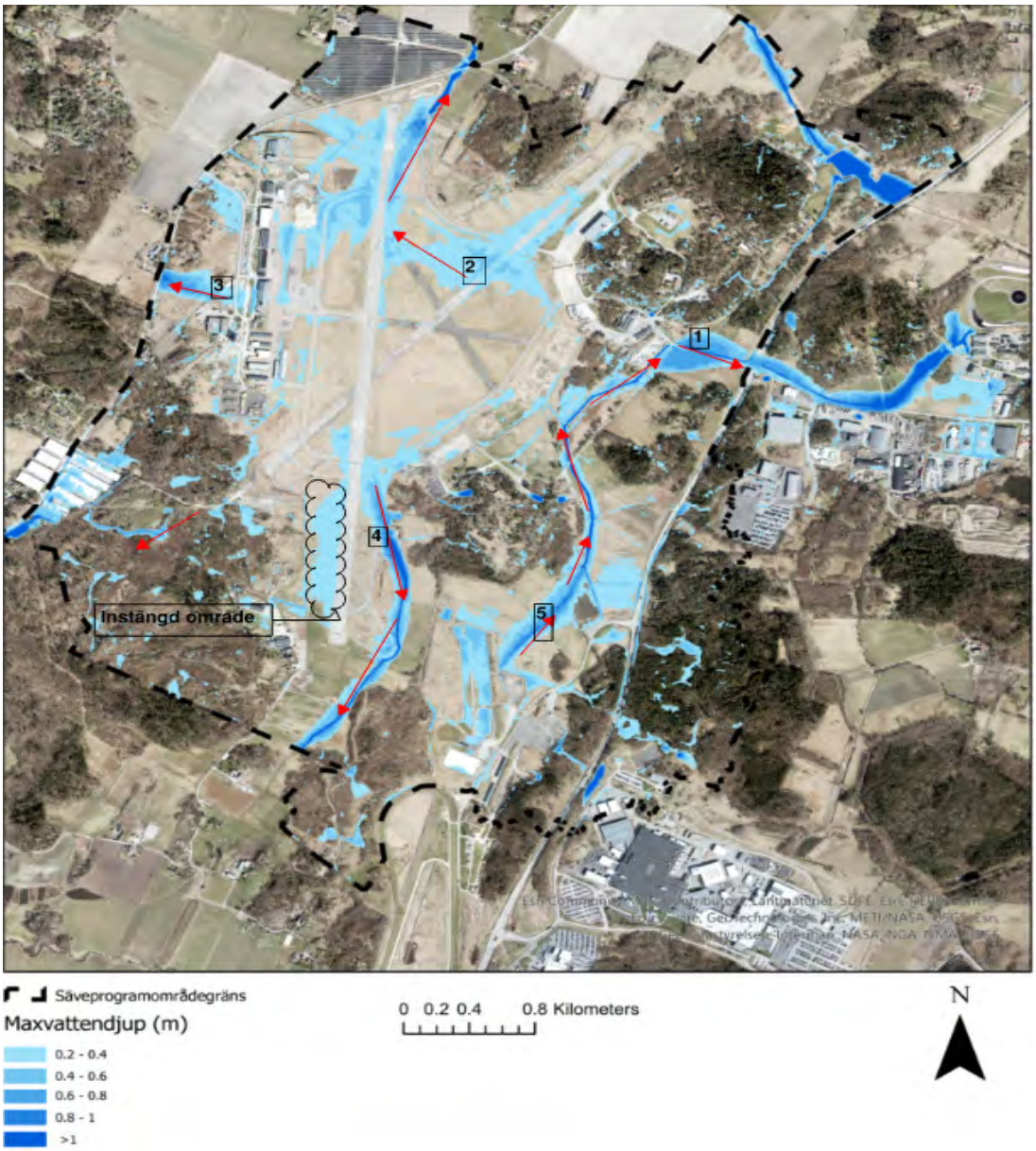
I allmänt vid ett 100-årsregn drabbas flera delar av programrådet av översvämningar med ganska höga vattennivåer i de flesta bäckar och diken inom området som kan uppgå till mer än 1,0 m och i flacka områden kan vattendjupet uppgå till mellan 0,4 och 0,8 m.

Figur 53. Översvämningsutbredning och djup inom området vid 100-årsregn – befintlig förhållande.

7.2.1.1 Flödesstråk och översvämningsnivåer

Modellberäkningen visar att mycket vattenleds via diket från östra delarna av programområdet mot trumman under Hisingenleden (se punkt 1 i Figur 54) och vidare till diket nedströms, vilket utgör ett tydligt skyfallstråk för avrinningsområden B3 och B4. Diket inom avrinningsområdet C1 fungerar idag som ett skyfallstråk (punkt 4) som rinner söderut och vidare mot Osbäcken.

Även ett instängt område kunde identifieras väster om landningsbanans södra del där vattennivåerna kan uppgå till mellan 0,4 – 0,6 m vid ett 100-årsregn. Från modellberäkningen framgår även att vattnet från avrinningsområdet B2 främst leds via diket (punkt 2) norrut vidare till Holmbäcken till recipienten Nordre Älv.



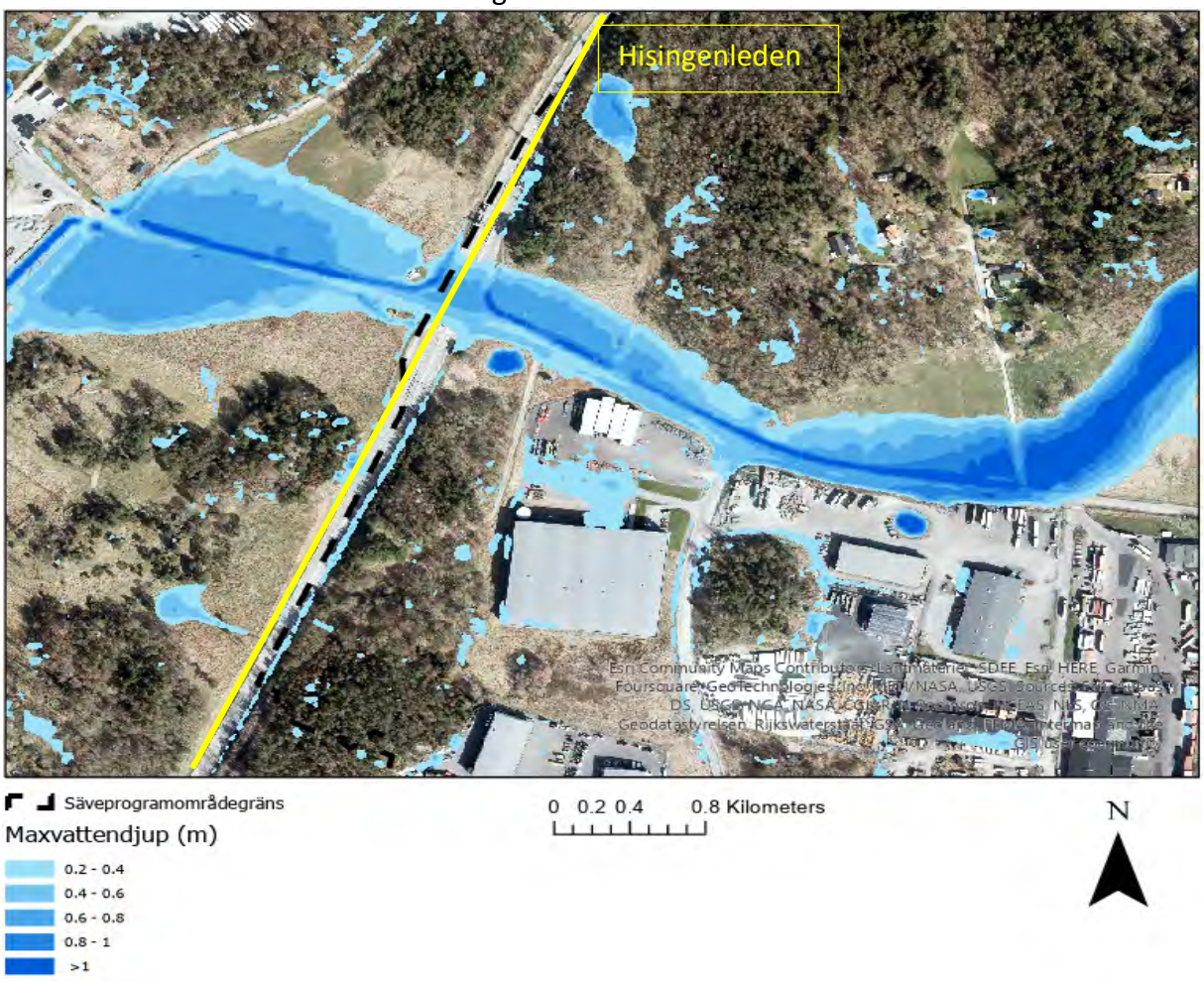
Figur 54. Skyfallsstråk inom området vid ett 100-årsregn för befintliga förhållanden.

I Tabell 17 nedan redovisas maximala vattennivåer och ungefärliga vattendjup vid olika delar inom programområdet. De punkter som avses visas i Figur 54.

Tabell 17. Nivåer och djup vid 100-årsregn inom programområdet. Punkterna avisas i Figur 54.

	1oo-årsregn	
Punkt	Nivå (RH2000)	Djup (m)
1	+15.05	0.96
2	+16.33	0.47
3	+14.44	0.84
4	+16.06	0.68
5	+16.74	0.77

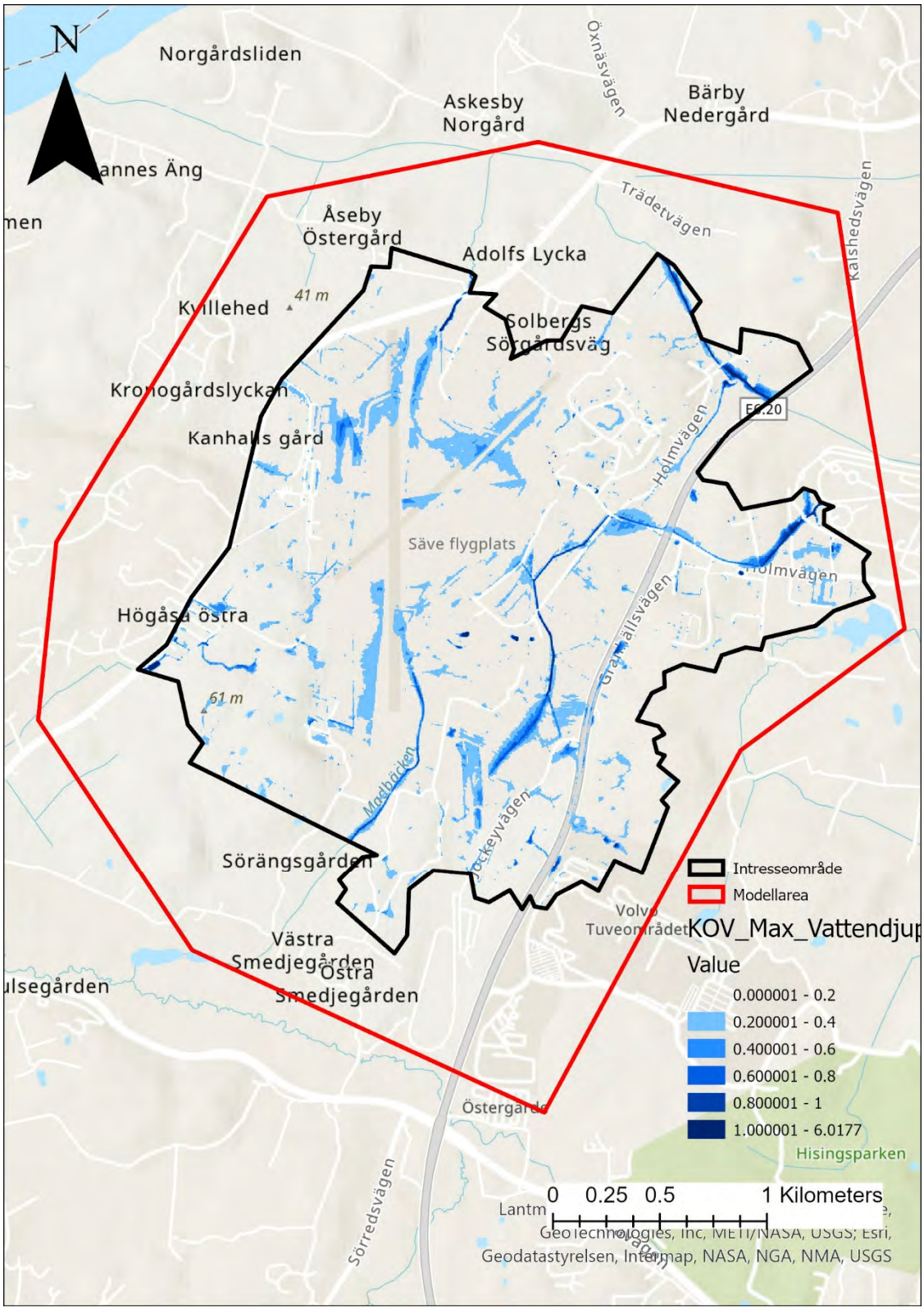
Skyfallskarteringen visar att det blir en vattenansamling vid trumman vid Hisingenleden med ett vattendjup som kan uppgå till mer än 1 meter i diket upp-och nedströms vägen, samt att vattnet rinner på vägbanan med ett vattendjup på ca 0,6 m. För mer information om vattennivåerna vid detta område se Figur 55.



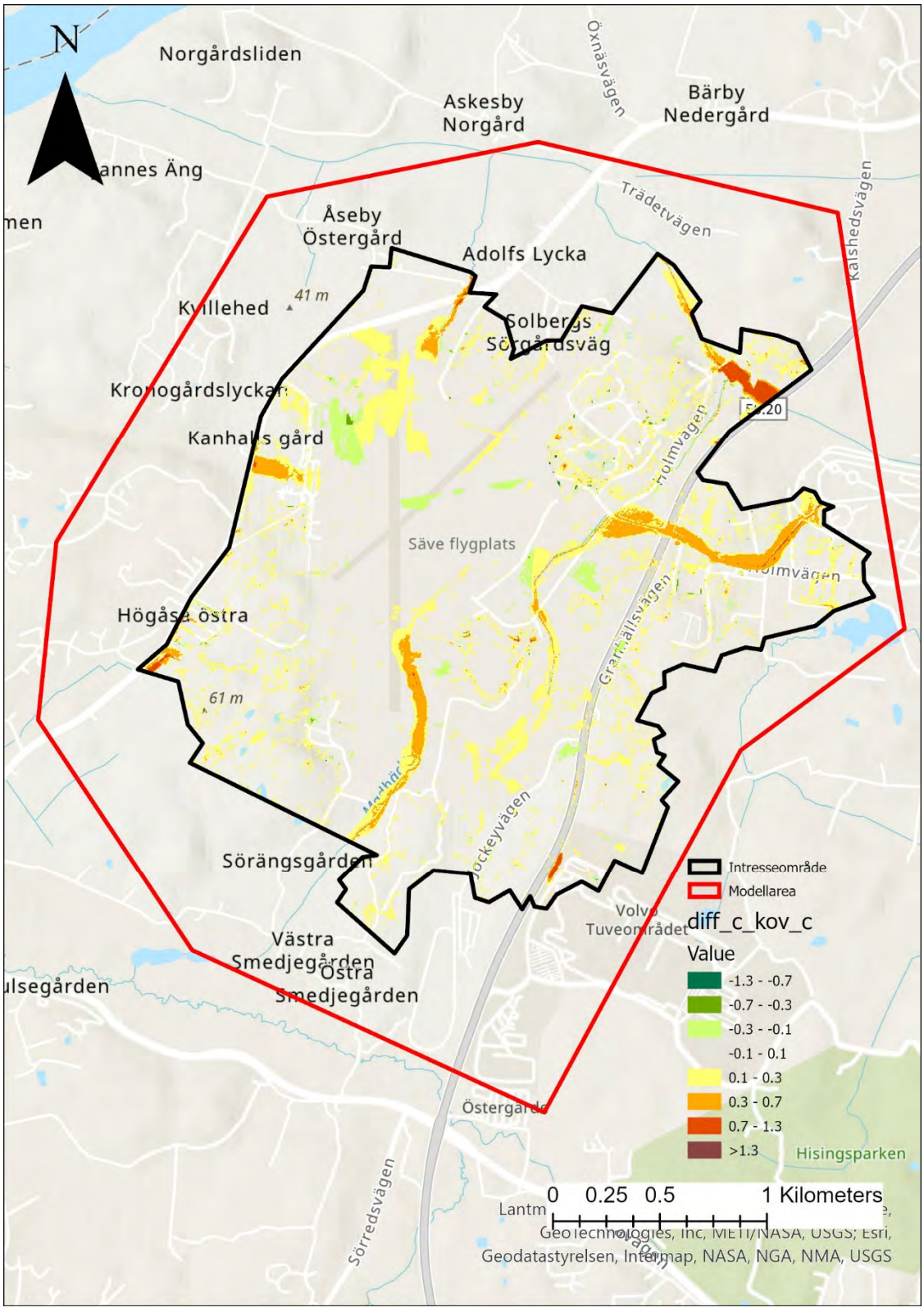
Figur 55. Maximalt vattendjup enligt scenario "100-årsregn vid befintliga förhållanden" vid Hisingenleden.

7.2.2 Jämförelse av resultaten med befintlig modell från Kretslopp och vatten

En jämförelse görs av modellen från Kretslopp och vatten och modellen som använts i denna analys för att säkerställa att modellerna är jämförbara och att resultaten i denna modell uppfyller kraven. Jämförs översvämningsutbredningen för dessa två modeller ses det att för de större flödesstråken/dikerna inom planområdet att modellen som används i denna analys ger högre vattennivåer. Denna skillnad beror troligtvis på att kulvertarna inte lagts in i modellen vilket ger en något konservativt antagande. Då nivåer ej varit kända för kulvertar i området har valet gjorts att inte lägga in dessa för att riskera ett för stort utflöde ur planområdet vilket kan visa en för låg vattennivå inom planområdet. I Figur 56 visas resultatet för KOV:s skyfallsmodell och Figur 57 visas skillnaderna i vattennivåer inom området mellan de två modellerna.



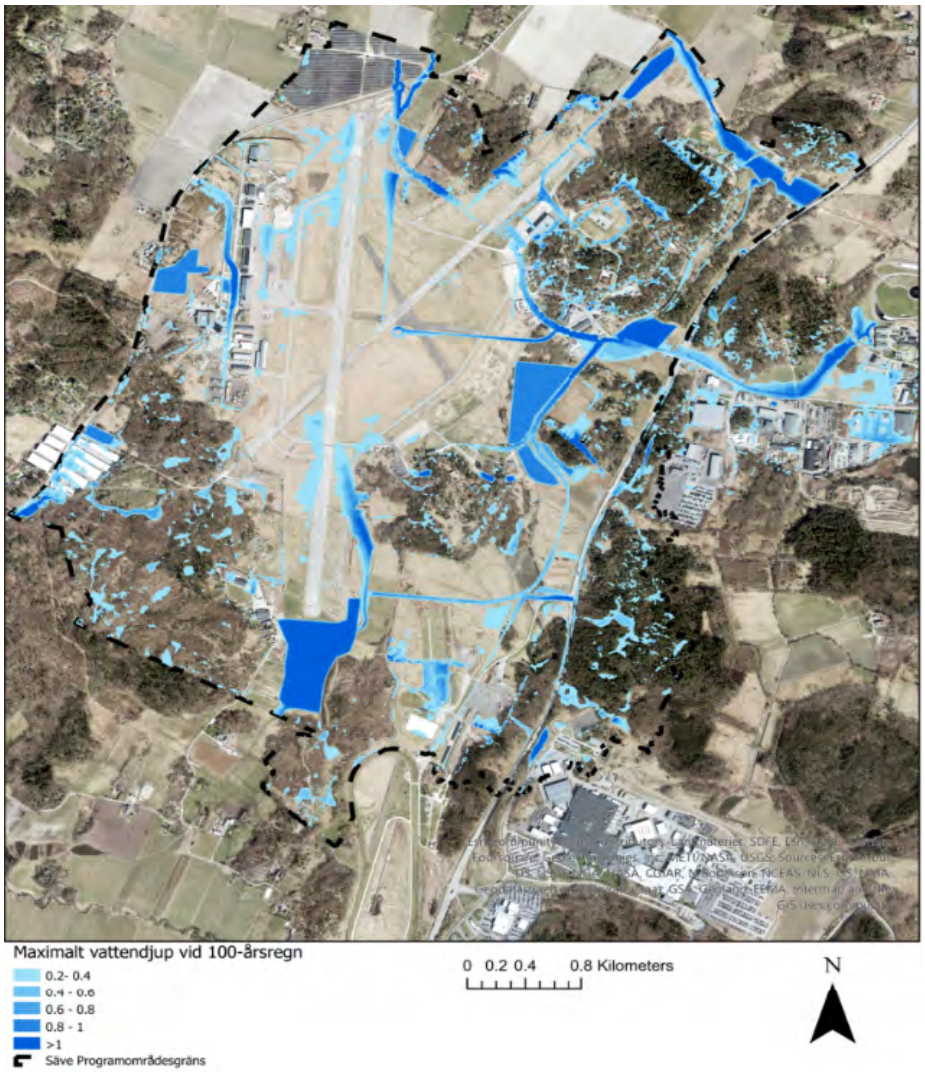
Figur 56. Maximala vattendjup vid ett 100-årsregn för Kretslopps och vattens skyfallsmodell.



Figur 57. Jämförelse mellan resultaten för vattennivåer för befintlig modell för hissningen från kretslopp och vatten och resultaten från COWI:s modell. Positiva värden visar områden där COWI:s modell visar högre vattennivåer och negativa värden är områden där Kretslopp och vattens modell visar högre vattennivåer än COWI:s.

7.2.3 Översvämning vid ett 100-årsregn – Framtida förhållanden

Modellering för 100-årsregn med planerad exploatering för programområdet Säve bekräftar tidigare analyser. Vattnet samlas och leds via planerade diken som blir huvudsakliga flödesvägar/skyfallstråk inom området. Mest ytvatten leds via diken till förslagna fördröjningsdammar innan det rinner vidare till befintliga dagvattenanläggningarna längs med programområdesgränsen. Kartbilden nedan visar det maximala vattendjupet som uppstår inom programområdet vid ett 100-årsregn. Den föreslagna grova höjdsättningen som modelleringen utgår ifrån uppfyller inte stadens riktlinjer och krav på vattendjup i relation till samhällsviktiga anläggningar, nyanlagda byggnader och prioriterade stråk och utrymningsvägar (Göteborgs Stad Stadsbyggnadskontoret, 2019). Vägarnas höjder måste uppdateras och dikessektioner breddas längs de flesta diken för att kraven ska uppfyllas.



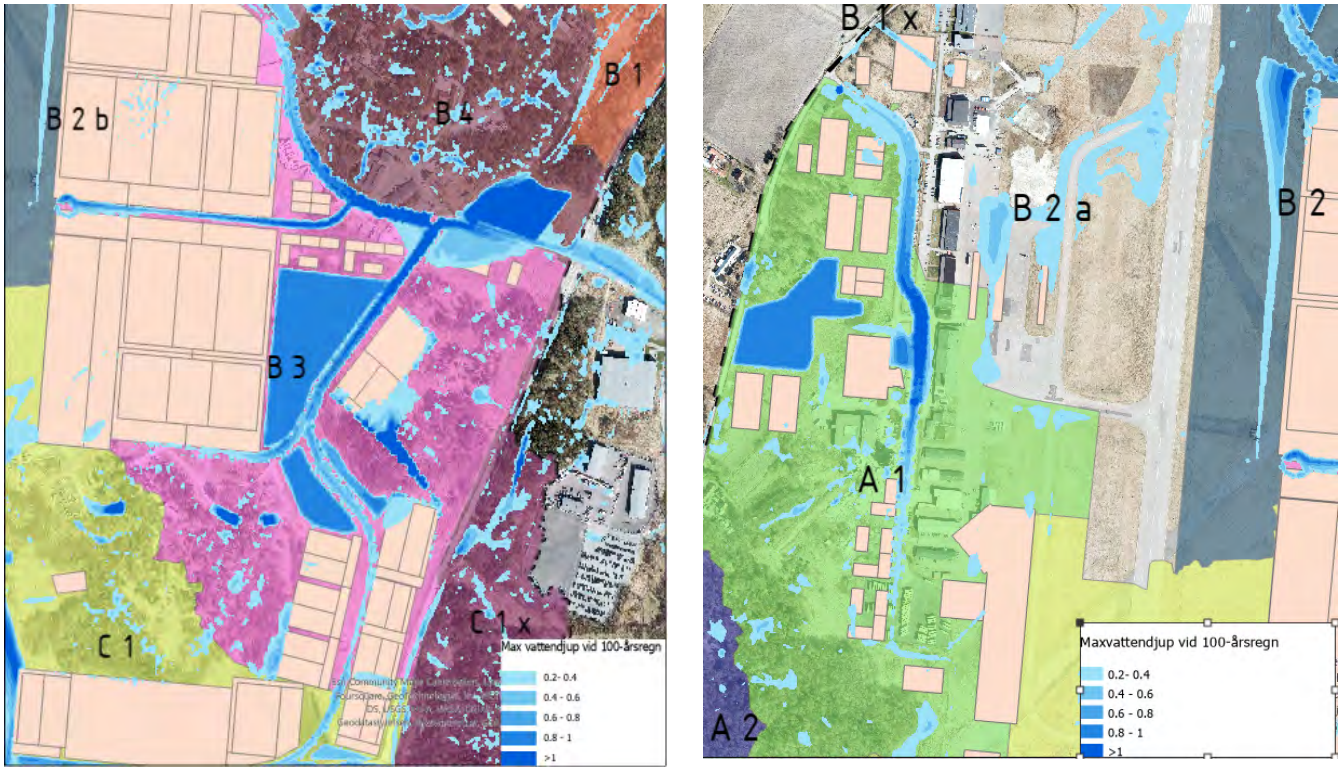
Figur 58. *Vattennivåerna inom programområdet med planerade åtgärder vid ett 100-årsregn.*

Översvämningskarteringen visar att det uppstår stora översvämningar i de planerade dikena inom programområdet, där vattennivåerna kan uppgå till ca 1 m i de flesta diken. Detta

innebär en hög översvämningsrisk för de planerade vägar samt att diken inte har tillräckligt kapacitet för att hantera ett 100-årsregn.

En mer detaljerad undersökning av resultaten i planområdet visar att förslagen grov höjdsättning för vägarna inte är tillräcklig för att uppfylla stadens riktlinjer för skyfallshanteringen. Höjdsättningen för vägarna är utförd på en övergripande nivå och har höjdsattas enbart efter dikens lutning. Förslag för utformning av dikessektionen för att säkerställa att allt flöde vid ett 100-årsregn rymms i diket utan att översvämma vägbanan ses i 7.2.5 Åtgärdsförslag för att möta kraven. Med åtgärdsförslag bedöms höjdsättningen uppfylla kraven för skyfallshantering. Höjdsättningen bör uppdateras efter dessa åtgärdsförslag och verifieras med en hydraulisk modell i nästa skede.

Resultat av vattennivå och flöden visar att diken inte har tillräckligt kapacitet och vattennivåerna kan uppgå till mer än 0,5 m på de flesta vägar inom programområdet, se Figur 60 för mer information om vattennivåerna vid de planerade diken och allmänna vägar. Inom område A1, ska enbart norra delen längs vägen beskrivas av dike, resterande sträcka ska vara ledning. Ledningen är inte beskriven i modellen vilket gör att vattennivåer och flödesvägar blir något påverkade av detta. Dessutom måste flödesvägen till dagvattendammen från dike uppdateras för att säkerställa bättre avledning mot denna.

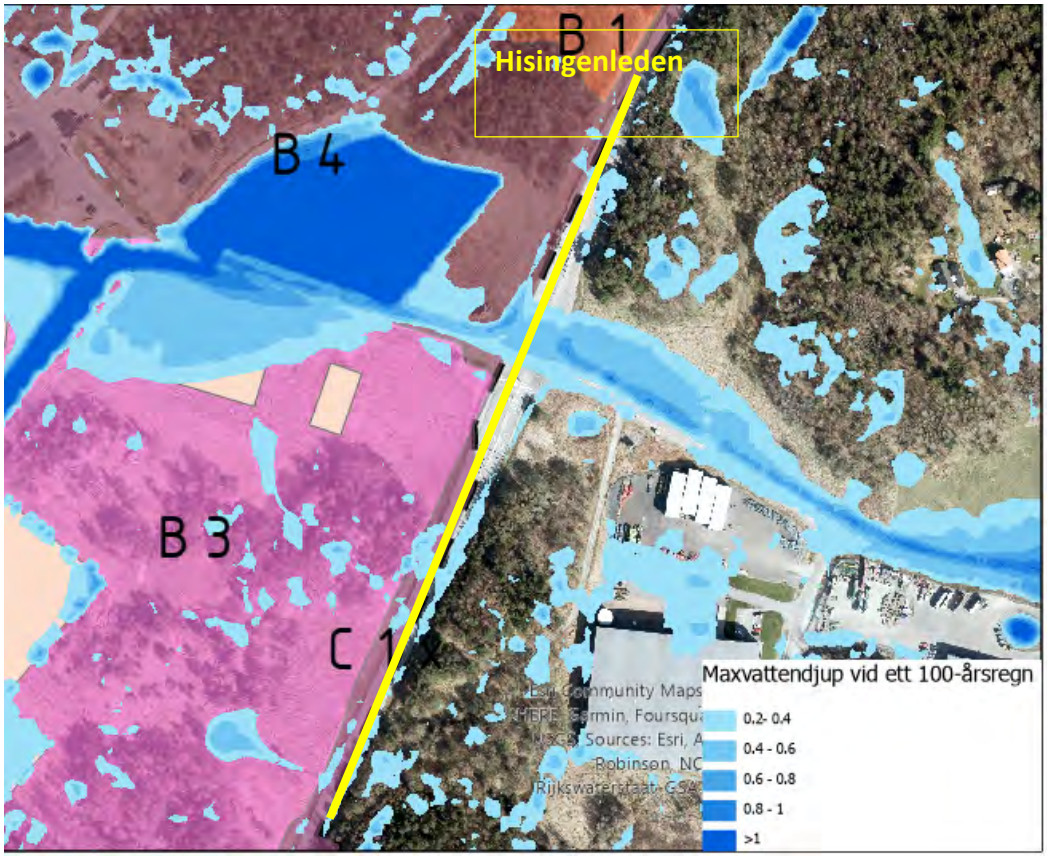


Figur 59. Vattennivåerna vid planerade allmänna vägar inom programområdet vid ett 100-årsregn.

Höjdsättningen inom planområdet är i dagsläget inte fastställd. Dikesbottennivåer är grunden till höjdsättningen som byggt upp så att vattnet kan ledas vidare ut till befintliga dikesutlopp från programområdet. Även skyfall ska hanteras på markytan med längslutning i största möjliga mån minst 5‰.

Utifrån förslag till framtida höjdsättning bedöms framkomligheten till och ifrån området otillfredsställande. För att uppnå krav om framkomlighet till- och från planområdet får det stå maximalt 0,2 m vatten på anslutande vägar.

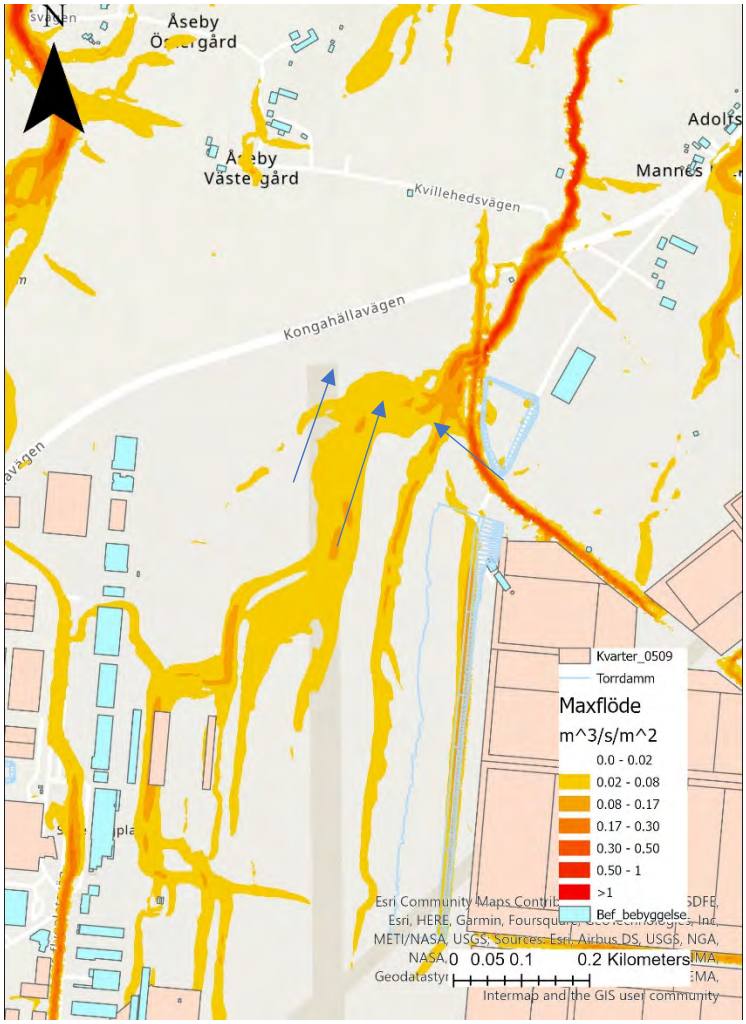
Skyfallskarteringen visar en översvämningsrisk vid Hisingenleden med ett vattendjup som kan uppgå till mer än 0,8 m i diken upp-och nedströms vägen samt vattnet rinner på vägbana med ett vattendjup på ca 0,6 m. Vägarna är inte höjdsatta men beräknas ligga ca 0,7 m ovanför dikesbotten. Detta vattendjup innebär att framkomligheten på vägar påverkas. För mer information om vattennivåerna vid detta problemområde se Figur 60.



Figur 60. Vattennivåerna upp-och nedströmstrumman under Hisingenleden.

I jämförelse med modellresultat för befintlig situation blir översvämningsutbredning och vattennivåerna något lägre i diket nedströms trumman under Hisingsleden. Detta beror huvudsakligen på de planerade åtgärderna uppströms. Översvämningssituation uppströms trumman försämras inom planområdet och vattnet kan stå upp till ca 1 m vid de planerade nya vägar och diken. Trumman är inte inlagd i modellen men en jämförelse av modellerna bedöms som en bra approximation för att bedöma om det blir en förbättring eller försämring i området.

I diket som är tänkt intill landningsbanan inom område B2b ansamlas vatten. Det är dock möjligt att genom höjdsättning leda ytterligare vatten hit och låta denna yta bredda ytterligare. Utflödet ur området B2b mot B2x är relativt stort då det är framför allt 3 flödesvägar som rinner samman, se Figur 61.

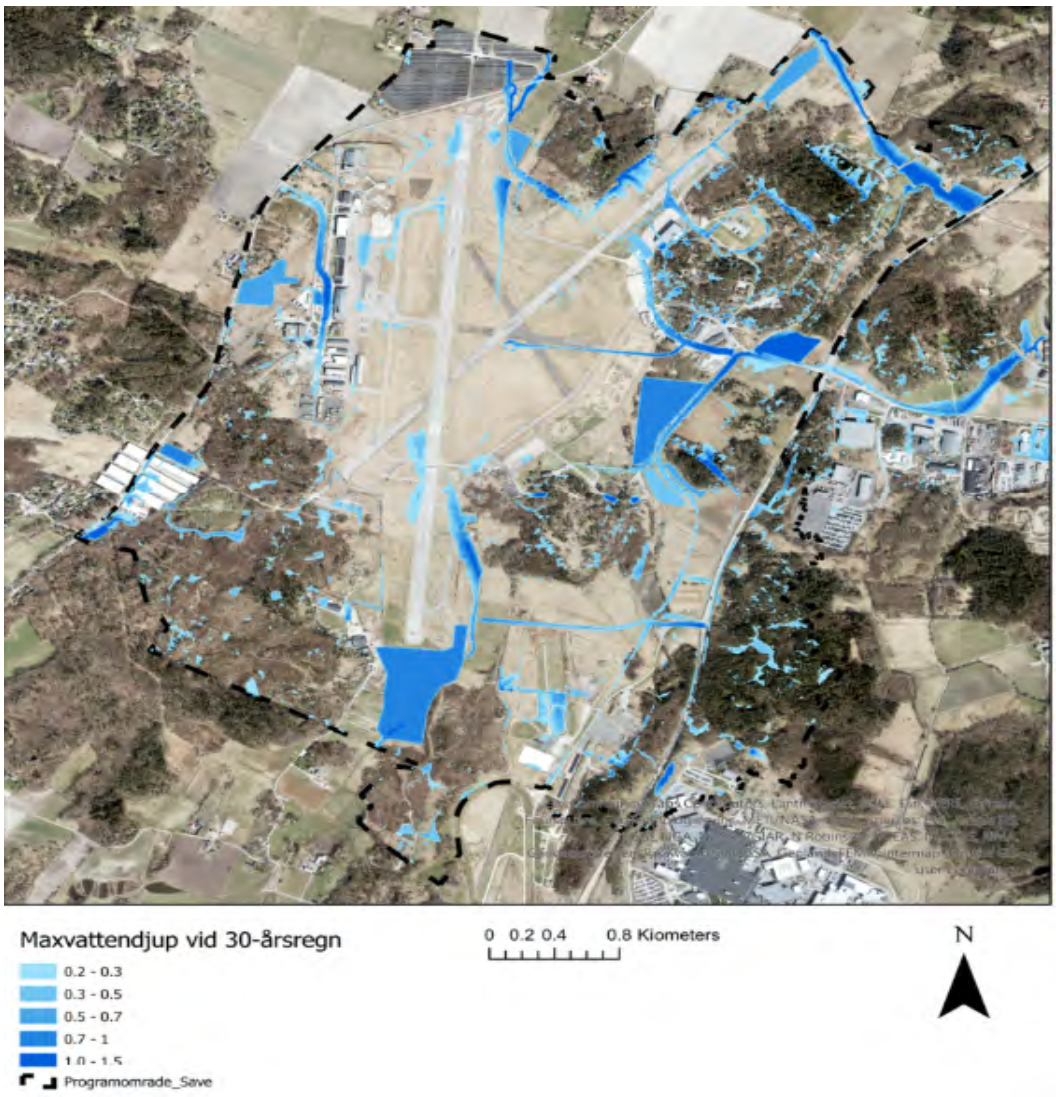


Figur 61. Flödesstråk (gult) samt flödesriktning inom området.

7.2.4 Översvämning vid ett 30-årsregn – Framtida förhållanden

För scenariot framtida förhållanden med nya exploatering inom Säve har även ett 30-årsregn modellerats. Syftet med att modellera ett 30-årsregn är att verifiera rinnvägar och vattenansamlingar i den föreslagna höjdmodellen. Efter analys av resultatet kan höjdmodellen optimeras för att ta hand om dagvattnet på bästa sätt. Detta görs i nästa skede.

Inom programområdet visar modelleringsresultaten att de förslagna dagvatten-och skyfallsåtgärderna i avsnitt 8. Föreslagen skyfall- och dagvattenhantering uppfyller funktionen av att leda dagvatten och skyfall i den riktningen som föreslagits. I Figur 62 visas resultatet och att vattnet samlas och ledas via planerade dikesstråk till fördröjningsdammarna. Dikesstråken kommer vara huvudsakliga flödesvägar inom programområdet.



Figur 62. Översvämningsutbredning och djup över planområdet vid ett 30-årsregn.

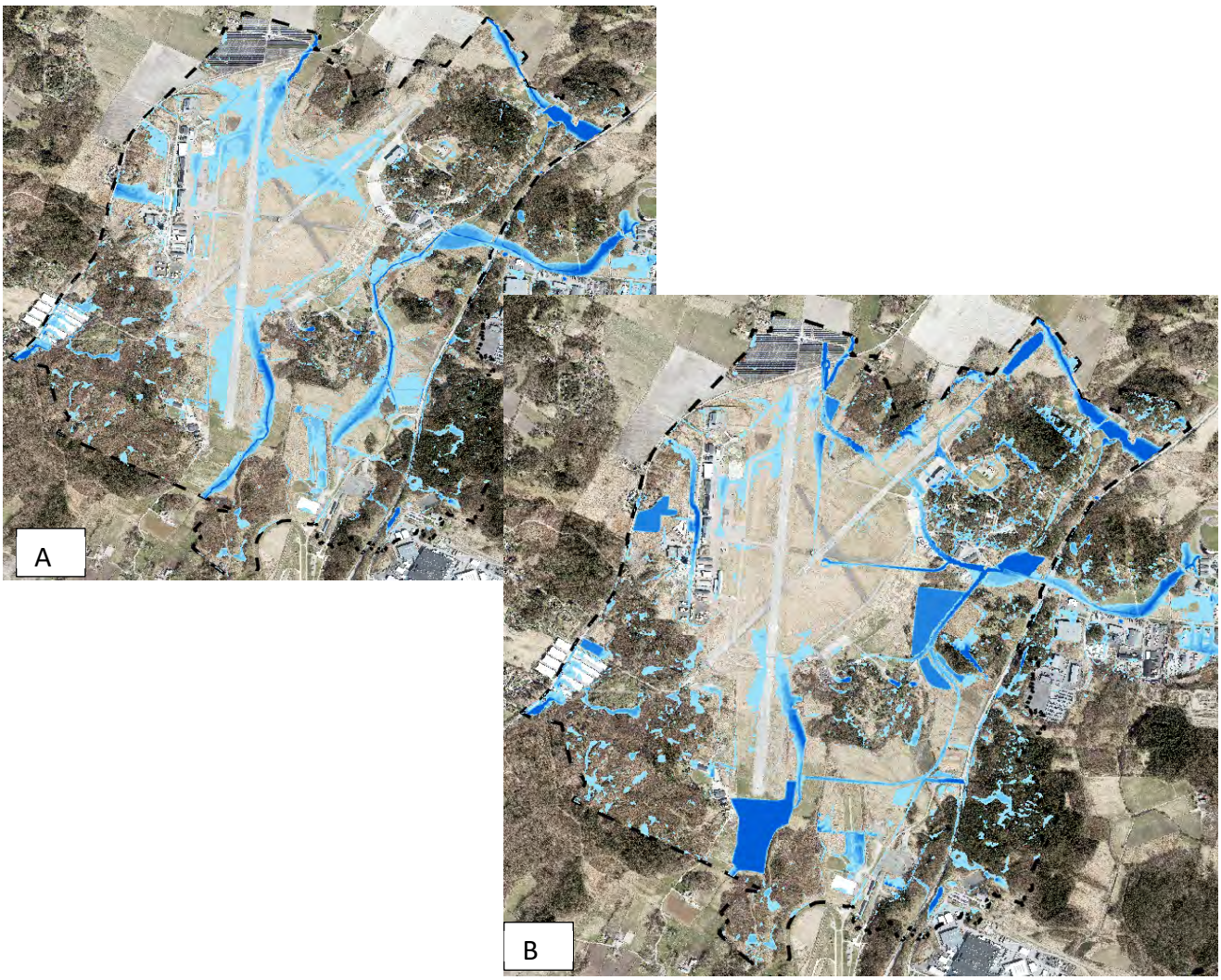
En mer detaljerad undersökning av resultaten i planområdet visar att vattenleds längs flödesstråken och ansamlas i de projekterade dagvattendammarna. I den detaljerade resultatundersökningen med framtida höjdsättning har dock några problemområden identifieras som ligger som underlag för uppdatering av framtida höjdsättning.

7.2.4.1 Jämförelse mellan befintlig och framtida vattenutbredning

För att säkerställa att omkringliggande områden inte påverkas negativt till följd av exploateringen av planområdet har vattennivåer i befintlig och framtida situation jämförts. Även utloppen från planområden har studerats för att säkerställa att inte mer vatten rinner ur modellen än tidigare. Under avsnitt 7.2.5 Åtgärdsförslag för att möta kraven redovisas volymberäkningar som gjorts för befintliga och framtida förhållanden.

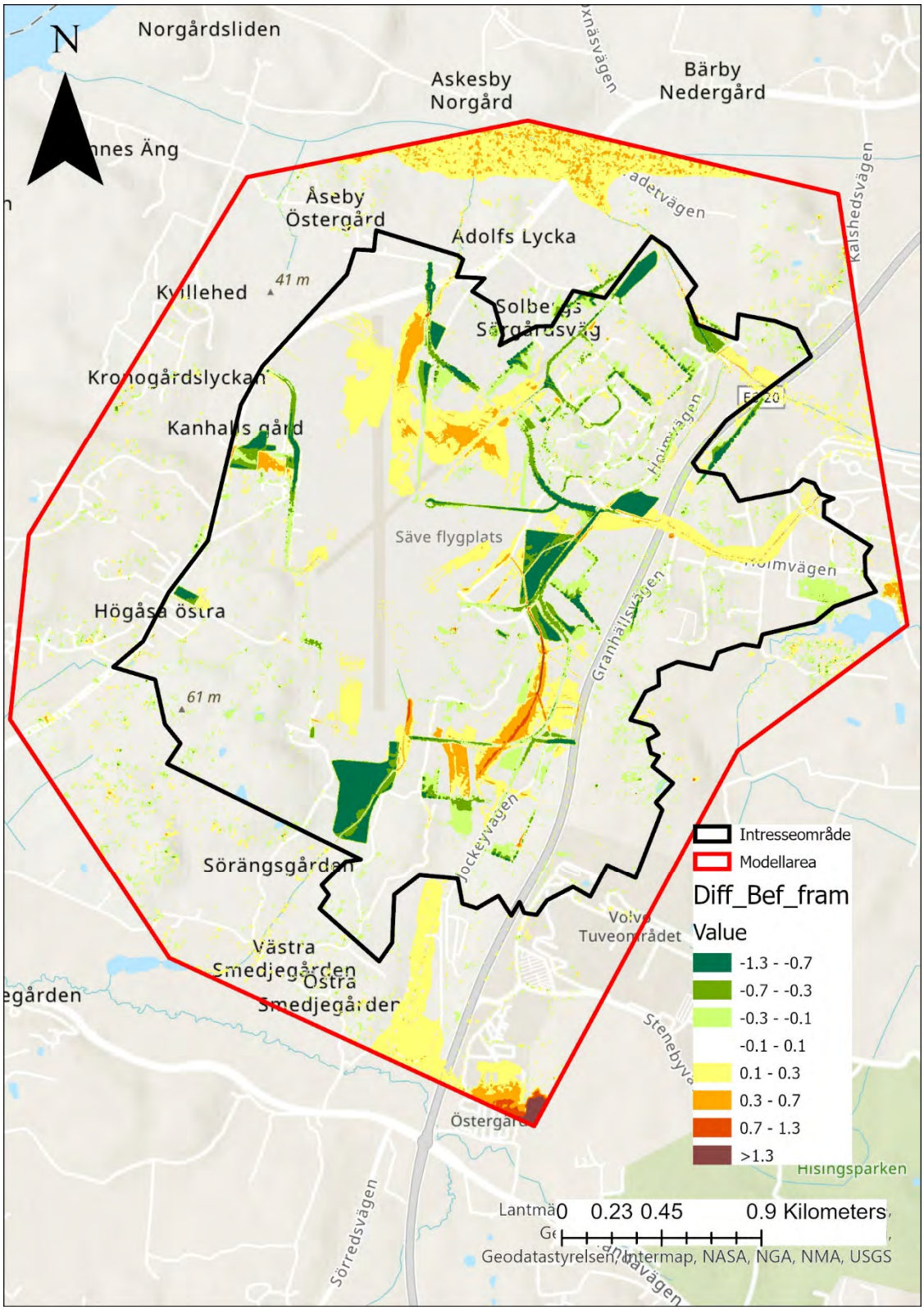
Analysen visar att vattennivån blir högre för framtida förhållanden framför allt i de föreslagna dagvattenlösningarna såsom dammar och diken. Jämfört med befintliga förhållanden blir vattenavledningen generellt bättre inom området och skillnaden beror i huvudsak på den förbättrad avledningsmöjlighet av ytvattnet inom området eftersom ytvattnet samlas och styrs till lågpunkter inom området på ett mer kontrollerat sätt.

Det finns områden som förbättras avsevärt i framtida förhållanden framför allt i avrinningsområden B2a/B2b och i C1 och B3. Skillnaden i vattennivåer ses i Figur 63.



Figur 63. I figur A visas befintliga förhållanden för ett 100-årsreg och i Figur B för framtida förhållanden.

I omkringliggande områden utanför planområdesgränsen syns en förbättring av vattennivåer. Vattennivåer i sig bedöms inte så pålitliga i områden utanför planområdet då modellen är simulerad med stängt randvillkor vilket innebär att inget vatten rinner ut ur modellen. Dock bedöms en jämförelse av de två modellresultaten som en bra indikation på att förhållanden för omkringliggande områden inte försämras. Detta då båda modellerna använt samma typ av randvillkor. Även flödesberäkningar för utloppspunkterna för befintliga och framtida förhållanden presenteras under 7.2.5 Åtgärdsförslag för att möta kraven.



Figur 64. Jämförelse av maximala vattennivåer vid befintliga förhållanden jämfört med framtida förhållanden. Positiva värden (gult-rött) innebär att vattennivåerna är högre vid befintliga förhållanden. Negativa värden (gröna) innebär att vattennivåer vid framtida höjdsättning är högre än för befintliga förhållande.

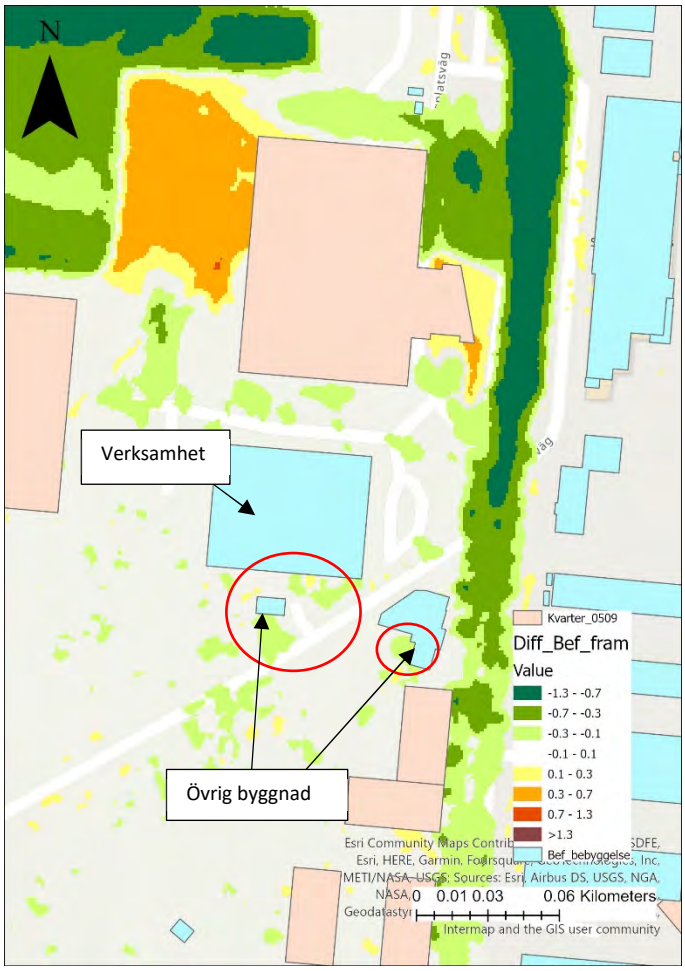
Kongahällavägen och rondellen där översvämningarna blir värre vid framtida scenario beror på en nedsänkning i terrängen som kommer sig av interpoleringsfel i framtida terrängmodellen. Även i de nordvästra delarna stämmer terrängmodellen inte överens- där kommer marken inte ändras.

Det finns några befintliga byggnader där vattennivåerna för framtida förhållanden blir något högre än i befintliga förhållanden. Dessa byggnader är belägna både innanför och utanför planområdet. Bedömningen har gjorts genom visuell analys där skillnaden i vattendjup har jämförts med byggnaders läge. De byggnader som tagits med är de byggnader som får en försämring i vattendjup precis intill eller nära fasad (enligt fastighetskartan). Dessa byggnader redovisas nedan:

- I avrinningsområde B4 ligger ett flertal byggnader på höjden. I detta område visar modellen att förhållanden försämras något för flertalet byggnader. Vattendjupet blir ca 0,2 m högre än vid befintliga förhållanden. Höjdsättningen i detta område kommer dock inte ändras i framtida höjdsättning, men har interpolerats fel i framtida höjdsättning. Vilket har inneburet ett högre vattendjup i detta område.

- Öster om Hisingsleden ligger flertalet hus i området vid Holmvägen som får ett något högre vattendjup än vid befintlig situation. Höjdsättningen inom detta område kommer inte att förändras men vid analys har flödesvägar nedströms ändrats något.

- Inom avrinningsområde A1 längs Säve flygplatsväg ligger en verksamhet och två övriga byggnader som får en försämrad översvämningssituation, se Figur 65.



Figur 65. Verksamhet samt två övriga byggnader inom avrinningsområdet A1 där översvämningssituationen försämras. Skiktet visar differens mellan befintlig höjdsättning och framtida höjdsättning.

- I övrigt är det enbart mindre och enstaka komplementbyggnader som kan få en något förhöjd vattennivå jämfört med befintligt scenario.

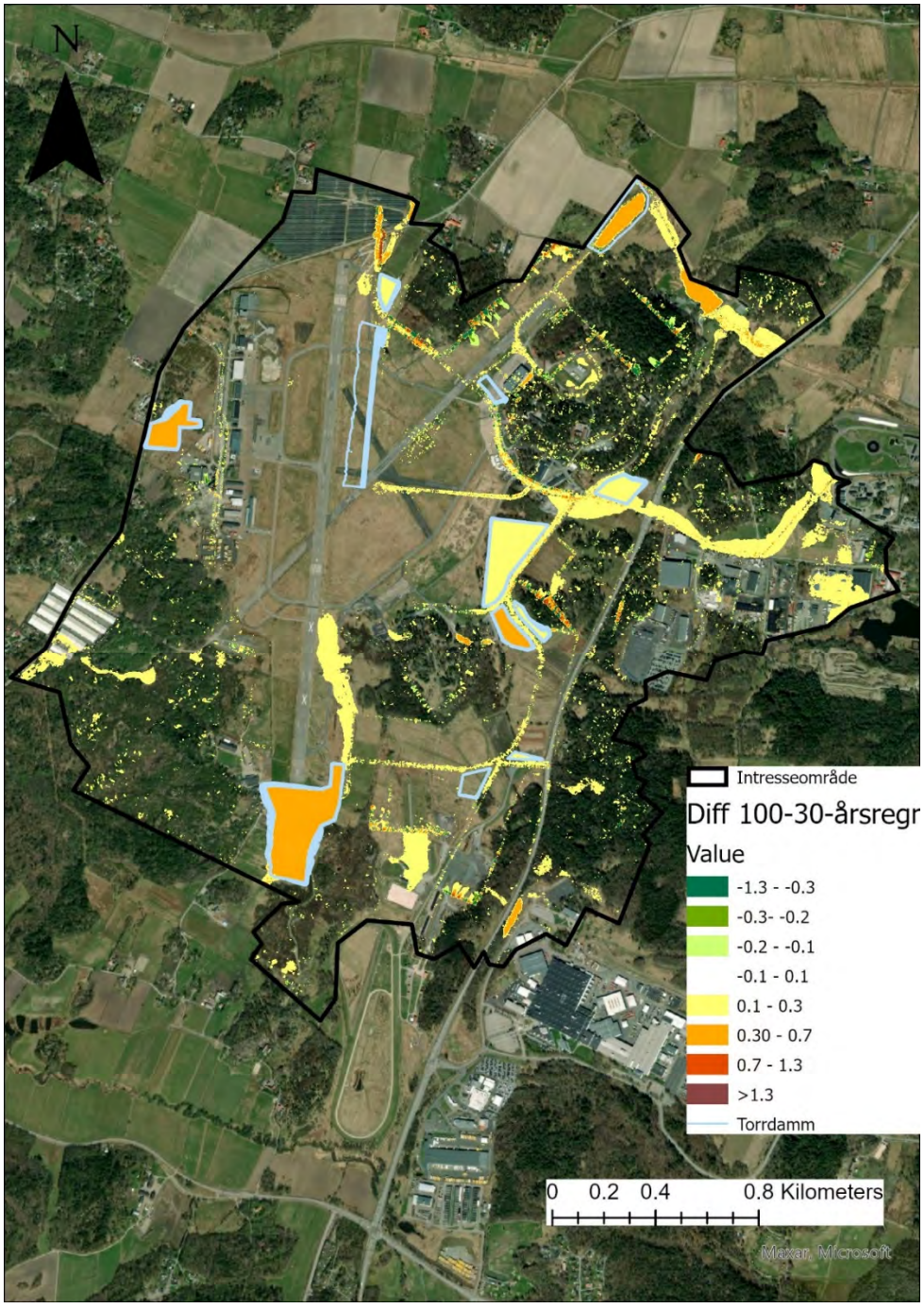
För enstaka byggnader flyttar sig översvämningsutbredningen från ena sidan av byggnaden till en annan. Det är såklart önskvärt att minska översvämning intill byggnader då det i denna utredning är svårt att bedöma om detta innebär en försämring eller inte. Det kan bero på exempelvis vart entrén är placerad. Dessa byggnader har inte tagits med i denna analys, men bör beaktas vid detaljplaneskedet.

7.2.4.2 Jämförelse mellan 100 och 30-årsregn

Då vattennivåer för 100 och 30-årsregn för framtida förhållanden jämförs syns det en ökning av vattennivåer främst i de dagvattenanläggningar som föreslås, se Figur 66. Även längs de befintliga diken och vattendrag syns en ökning av vattennivåer. Dagvattendammarna är en bra plats att låta översvämningsdjupet öka vid ett 100-årsregn så länge det inte breddar över och påverkar befintliga eller framtida byggnader. Även naturmark kring dessa kan låtas

översvämmas. Kring de föreslagna dagvattendammarna visar analysen att vattendjupet inte påverkar befintlig infrastruktur. För att undvika översvämning på vägar till följd av högt djup i diken har nya dikessektioner föreslagits, se 7.2.5 Åtgärdsförslag för att möta kraven.

De områden där vattennivån är något högre vid 30-årsregnet än för 100-årsregnet beror på att terrängen modifierats något på grund av instabiliteter i simuleringen vid 100-årsregnet. Detta kan innebära något lägre vattennivåer på vissa platser, skillnaden är dock begränsad i både utbredning och djup.



Figur 66. Jämförelse av maximala vattennivåer mellan 100-årsregn och 30-årsregn vid framtida förhållanden.

7.2.5 Åtgärdsförslag för att möta kraven

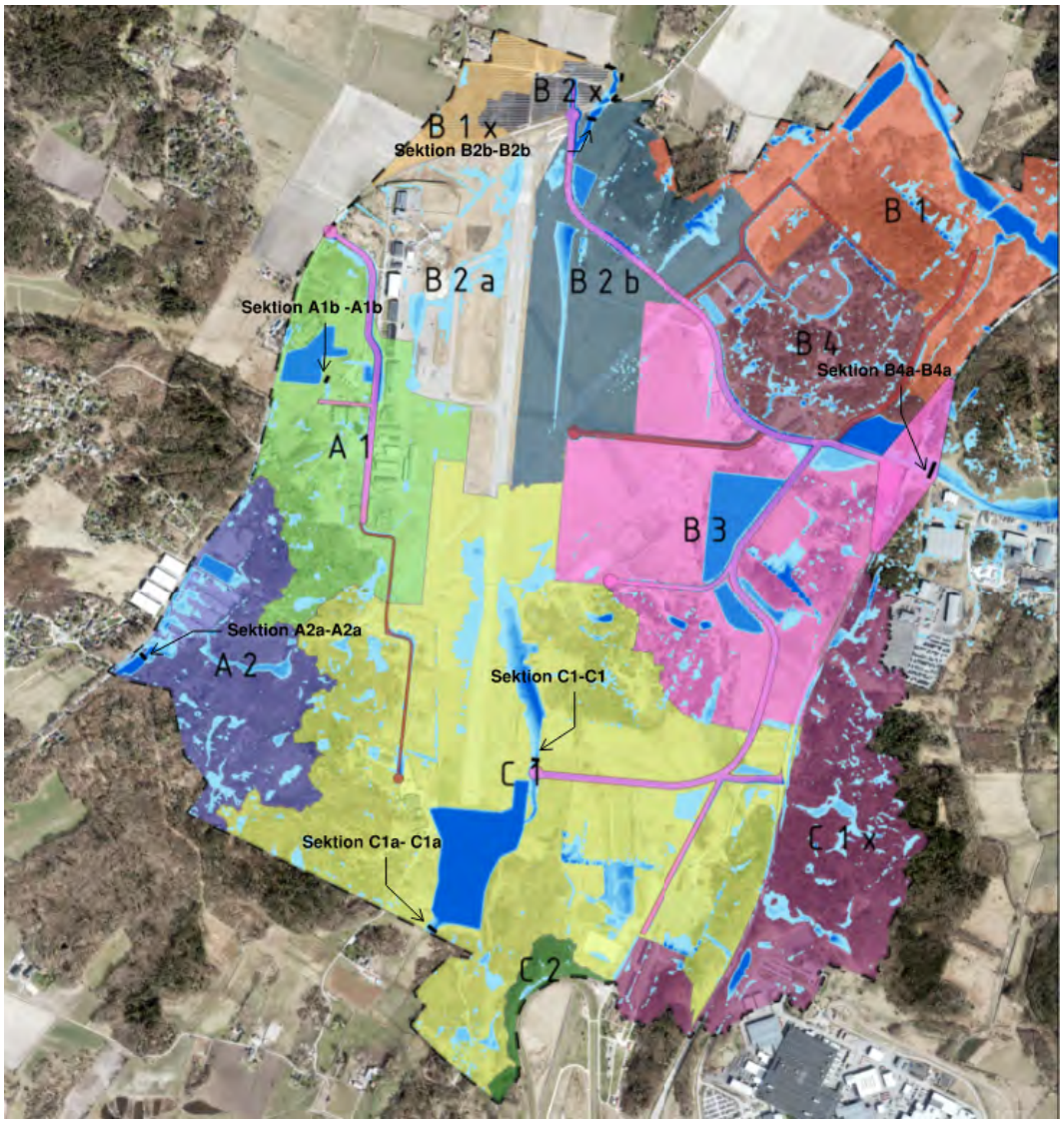
Skyfall ska avledas på ett säkert sätt så att varken nya byggnader eller framkomlighet på vägar påverkas. Översvämningsrisker vid befintliga byggnader ska inte förvärras. För att säkerställa att inte mer vatten rinner ut från planområdet efter framtida exploatering beräknas flöden för utloppspunkter vid befintliga och framtida förhållanden vid ett 100-årsregn med klimatfaktor.

I och med exploatering ökar hårdgörningsgraden, detta innebär att mindre volym infiltrerar och mer volym behöver fördröjas för att säkerställa att inte mer vatten rinner ifrån planområdet än i befintlig situation. I Tabell 18 nedan visas flöden för befintligt respektive framtida scenario.

Tabell 18. Flöden i respektive utloppsektioner för befintligt och framtida scenario vid ett 100-årsregn. Sektionernas där utloppsflödet tagits ifrån visas i Figur 67.

Tvärsektioner	Befintliga flöden 100-årsregn (m^3/s)	Framtida flöden 100-årsregn (m^3/s)	Differens (m^3/s)
Utlopp - B4a	2.1	1.8	-0.3
Utlopp-C1a	3.8	4.7	0.9
Utlopp- A1b	2.1	1.1	-1
Utlopp-A2a	6.1	2.9	-3.2
Utlopp-B2b	8.2	7.3	-0.9
Befintlig dike - C1	11	9.8	-1.2

I tabellen ovan ses det att flödet ut ur området minskar i alla punkter utom vid C1a. Som det beskrivits tidigare blir flödet till Osbäcken högre till följd av ett ökat avrinningsområde. Det finns möjligheter att inom avrinningsområde C1 öka fördröjning. Ingen fördröjning på kvartersmark har antagits i denna modellering, vilket kan minska framtida flöden något.



Figur 67. Sektionernas placering där flöde har hämtats från skyfallsmodellen.

I och med exploatering ökar hårdgörningsgraden, detta innebär att mindre volym infiltrerar och mer volym behöver fördröjas för att säkerställa att det tillkommande vattnet kan rymmas i de föreslagna åtgärderna. Detta görs som en översiktlig kontroll inom området.

I Tabell 19 nedan visas volymer för respektive område innan och efter exploatering. Då avrinningsområden görs om i och med exploateringen och höjdsättningen så är den tillkommande volymen inte enbart baserad på hårdgörningsgraden utan också den förändringen i area i avrinningsområden jämfört med befintliga avrinningsområden. Blir avrinningsområdet större tillkommer det också volym på grund av detta.

Tabell 19. Beräkning av skyfalls samt dagvattenvolymer inom respektive område.

Delavrinningsområde – befintligt / framtida	Befintlig skyfallsvolym (m^3)	Framtida skyfallsvolym (m^3)	Skillnad i volym Framtida-Befintligt (m^3)	Kapacitet i diken och dammar (30-årsregn) (m^3)
A1	12 406	17 077	4671	12 610
A2	5541	6382	842	4000
B1	7332	19 950	12 618	14 830
B2 / B2a+B2b+B2x	42 358	38 732	-3627	26 540
B3 + B3x /B3	26 415	42 967	16 552	38 320
B4	1224	11 936	10 712	9540
C1 / C1 +C1x	28 157	68 985	40 828	54 560

I Tabell 19 kan man utläsa att efter de föreslagna dagvattenåtgärderna inom respektive avrinningsområde tas all tillkommande skyfallsvolym om hand av de föreslagna dagvattenåtgärderna förutom i avrinningsområde B4. Dock visar analysen med utloppsflöden att utflödet från avrinningsområde B4 inte ökar vilket tyder på att mer vatten inte släpps ut vid framtida förhållanden jämfört med befintliga. Något mer vatten ansamlas på naturmark samt i områden längs diken. Visar det sig i detaljplaneskedet att vatten inte kan ansamlas i dessa områden så finns det möjlighet att fördröja vatten inom området. Denna fördröjning föreslås göras som en kombination av utökad översvämningsyta kring planerade dagvattendammen B4_1 (ytan ägs av Fortifikationsverket idag) samt fördröjning inom kvartersmark, exempelvis översvämning av parkeringsytor. Grönytan kring torrdammen är ca 2 ha. Skulle halva detta område runt om dammen tillåtas översvämmas ca 0,1 m skulle ytterligare en fördröjningsvolym om ca 1000 m^3 erhållas. För att kunna göra detta måste höjdsättningen kring dammen modifieras antingen så att vatten hålls kvar genom att höja området för utflödesvägen eller sänka området kring dammen. Det är viktigt att säkerställa att detta inte medför att volymen i torrdammen blir mindre eller att det finns risk att befintliga vägar översvämmas. Väljer man fördröjning på kvartersmark kan exempelvis parkeringsplatser tillåtas översvämmas med ca 0,15 m. Det är svårt att fördröja all volym på parkering då det skulle krävas ca 0.8 ha stor parkeringsyta. Det är också är det viktigt att se till så att parkeringars läge är på en sådan plats att vatten kan transporteras och fördröjas där. Mindre lösningar inom kvartersmark är också möjliga såsom nedsänkta grönytor. Det krävs dock en stor eller många mindre ytor för att få tillräcklig fördröjningsvolym i området på enbart detta sätt.

Dock kan det finns befintliga byggnader inom respektive område där situationen förvärras på grund av att höjdsättningen ändras. Dessa byggnader utreds separat, se avsnitt 7.2.4.1 Jämförelse mellan befintlig och framtida vattenutbredning.

För de befintliga byggnader där förhållanden försämras (redovisade under 7.2.4.1 Jämförelse mellan befintlig och framtida vattenutbredning) föreslås åtgärdsförslag. I de fall där försämringen är till följd av modelltekniska orsaker föreslås enbart uppföljning i detaljprojektering för att säkerställa att det inte sker försämring i dessa områden. För övriga byggnader krävs det att i detaljprojektering säkerställa att inget ytterligare vattenleds hit. Detta kan göras genom att skapa fördröjning inom kvartersmark eller någon typ av avledning från dessa byggnader.

För området längs Holmvägen där flertalet hus får en försämrad situation enligt modellen föreslås inga åtgärder då vatten kommer från utanför planområdet och höjdsättningen ändras inte här. Skillnaden i vattendjup beror av interpolering av höjdmodellen för framtida scenario. För byggnaderna inom avrinningsområdet A1 längs Säve flygplatsväg som får en försämrad översvämningssituation föreslås en bredare dikessektion (se beräkningar nedan). En bredare dikessektion i detta område innebär att mer volym kan fördröjas i detta. Det är dock viktigt att beakta i detaljprojektering att höjdsättning kring dessa byggnader säkerställs, så vatten inte rinner bort från byggnader och mot diket.

Det finns flertalet byggnader inom planområdet där en liten försämring/förändring av vattenansamlingar kring hus sker. Genom att fördröja skyfall på kvartersmark kan situationen för dessa förbättras. Nedan beskrivs hur diken behövs breddas för att klara att vägar inte översvämmas, denna tillkommande volym har inte räknats med i denna simulering men kan komma att vara en lösning för dessa byggnader som får en försämrad situation. Detta behöver dock säkerställas i modellering.

Då mycket vatten ansamlas i diken och på vägarna har ett flertal sektioner valts ut för att analysera flöde samt tillgänglig kapacitet i diken. Modellerat flöde genom valda sektioner i modellen visas i Tabell 20. Sektionernas placering samt flöde inom planområdet visas i Figur 69. Flöden nedströms och uppströms beskrivs för att få ett spann på flöde och föreslagna dikessektioner inom respektive sträcka.

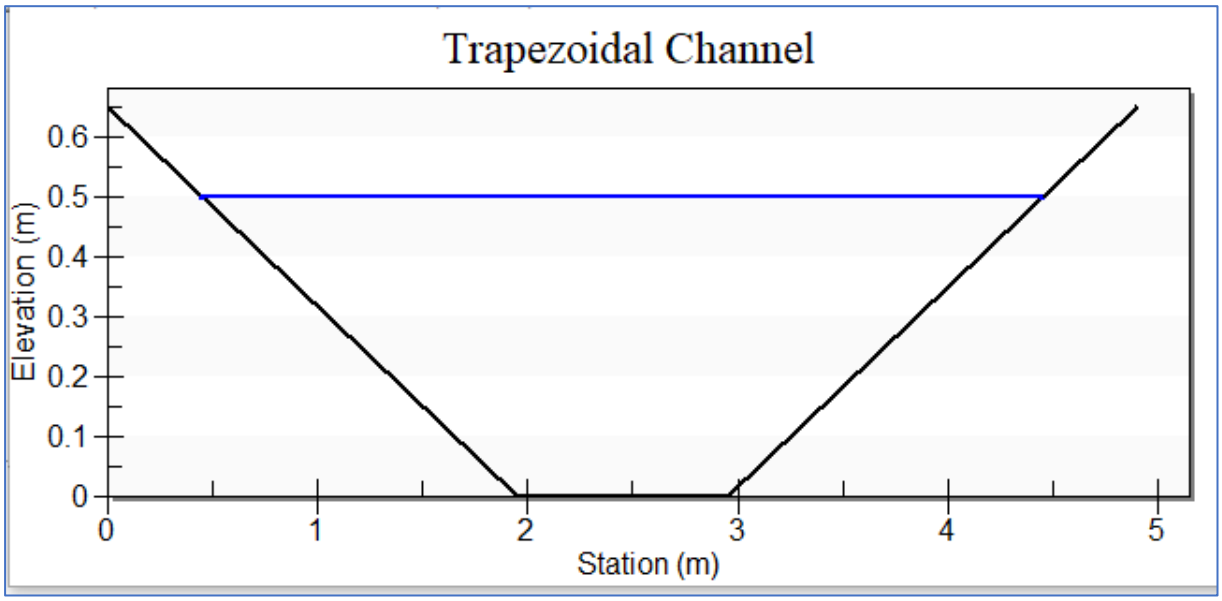
Tabell 20. Modellerat flöde genom valda sektioner vid diken inom programområdet.

Tvärsektion	Modellerat flöde (m³/s) Nedströms	Modellerat flöde (m³/s) Uppströms
A1 – A1	0,8*	0,8*
B – B	2,9	1,6
B2 – B2	2,4	1,5
B3 – B3	2,65 (2,1) **	2,1 (1,3) **
B4 – B4	3,1 (2,3)**	1,7 (1,5) **
C1 – C1	2,5	1,7
C2 – C2	0,9	0,2

*I område A1 under skyfall i denna modell uppdäms flödet i diket söder ”nds” (I Figur 69) pga. saknade beskrivning av rörlagd ledning mot syd och därför påverkar detta flödesströmningens hastigheter och riktning i diket norr om”nds”. I nästa skede av projektet bör fokus läggas på beskrivning både av höjdsättning, diken och ledningen i området. Därför konkluderas, att flödet i förste rad av tabellen inte begränsas av dikessektionen. Flödet i dikessektionen i detta område behöver optimeras i nästa skede och modell.

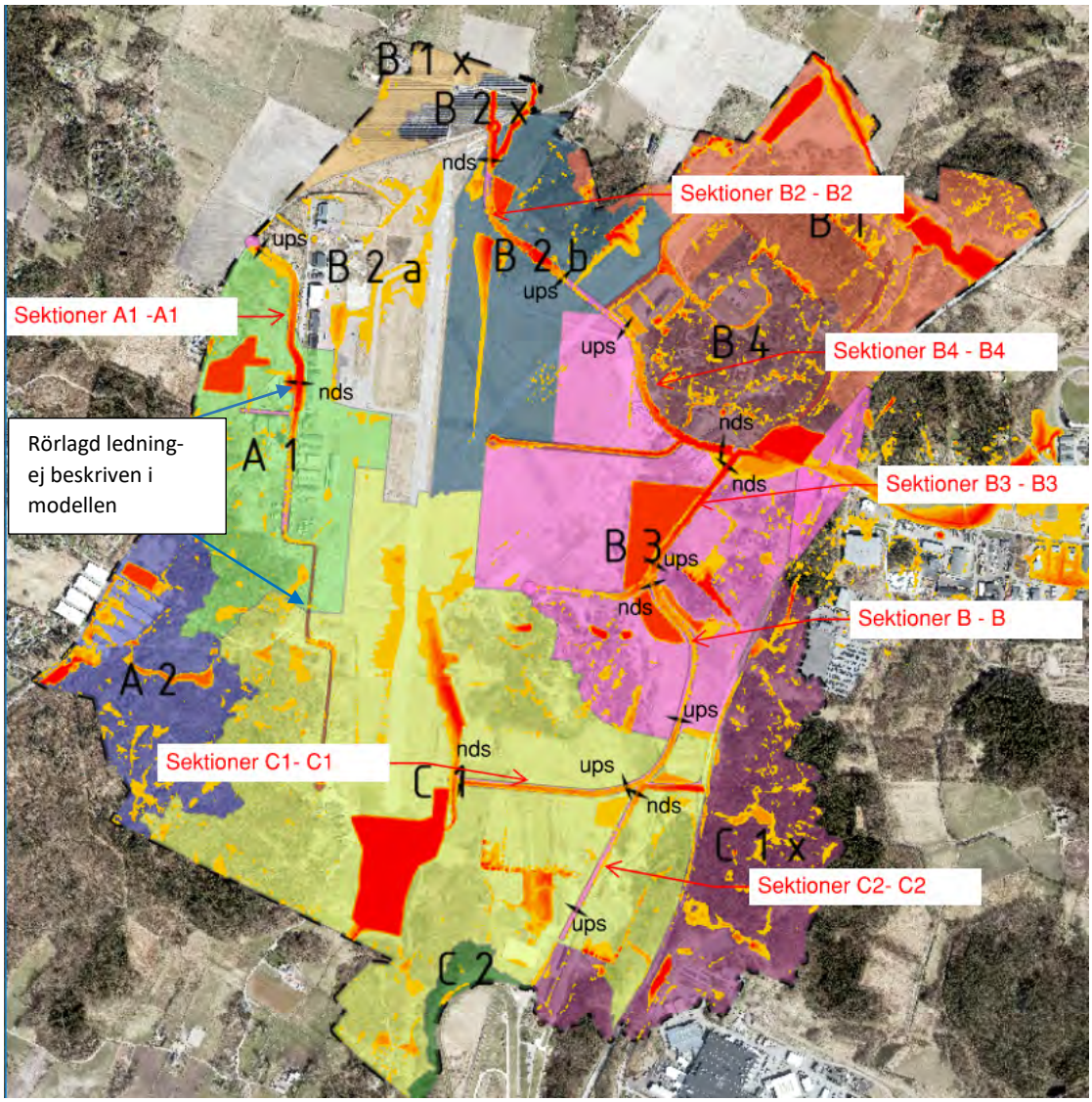
**För sektion B3 och B4 har flödet upp och nedströms kunnat modifieras genom att utnyttja kapaciteten bättre i de befintliga dagvattendammarna. Detta har beräknats genom handberäkningar och bör verifieras genom hydraulisk modellering för att säkerställa det hydrauliska förloppet. Detta flöde redovisas inom parentes. För B3 nedströmsflöde har även ca hälften av parkeringsytor inom området tillåtet fördröjavatten med ett djup om 0,15 m. Detta bedöms möjligt inom B3 då det både finns stora parkeringar, logistikytor och vändplatser att nyttja i detta syfte.

Dikens tvärsektion som är beskriven i modellen redovisas i Figur 68.



Figur 68. Modellerat dikens tvärsektion i ytvattenmodellen, figuren har tagits från Hydraulik toolbox från FHWA. Diken modellerats med släntlutning 1:3, bottenbredd 1 m, Manningstal = 50 (n= 0.02) och 5 promille fall, som kan hantera max. vattendjup på 0.5m.

En breddare bottenssektion för diken föreslås för att öka kapaciteten i diken och skapa större fördröjningsmöjligheter inom programområdet samt uppfylla framkomlighetskraven. Detta innebär ändring i principutformning för dikessektioner som står i grund till planerad höjdsättning, i föreslagutformningen diken har ett botten bredd på 1 m, släntlutningen 1:3 och en dikesdjup 0,5 m som genererar ett 4 m brett dike.



Figur 69. Valda dikessektioner inom programområdet. Ups står för uppströmssektion och nds står för nedströmssektion.

Val av Mannings tal och dikens lutning får dock en betydande inverkan på dikesbredden. Därför har en känslighetsanalys gjorts för att analysera påverkan på dikesbredd till följd av val av Manningstal, se Tabell 21. I Tabell 21 redovisas olika förslag på dikens bottenbredd med olika Mannings tal i diket i förhållande till vattendjupet i diken. Beräkningen baseras på att diket har en släntlutning på 1:3, längslutning på 5 promille och med ett flöde på 3 m^3/s.

Val av flöde baseras på det högsta flöde från den hydrauliska modellen för de valda sektionerna inom programområdet.

Tabell 21. Redovisning av beroendet av val av Manningstal för bottenbredd för ett flöde på 3 m³/s.

Manningstal	Bottenbredd 2 m	Bottenbredd 2,5 m	Bottenbredd 3 m
	Beräknat Vattendjup (m)		
5	1.49	1.43	1.37
10	1.1	1.04	0.98
15	0.86	0.85	0.81
20	0.79	0.74	0.7
25	0.71	0.66	0.62
30	0.62	0.6	0.56
35	0.6	0.56	0.52
40	0.56	0.52	0.48
45	0.53	0.49	0.45
50	0.5	0.46	0.43

För föreslagna dikessektioner bedöms Manning på 25 vara ett rimligt antagande (VVMB 310 Hydraulisk dimensionering , 2008) för gräsdiken med viss växtlighet. Enligt de föreslagna dikena ska endast en liten del vara biodiken, resterande svackdiken.

För att kunna hantera de beräknade flöden vid ett skyfall inom programområdet och säkerställa framkomligheten på allmänna vägar med en Manningstal på 25 krävs att dikens bottenbredd justeras. Det föreslås även att nivån mellan dikets bottennivå och vägbanan bör ökas till 0,7 m istället för 0,5 som föreslagits i ursprunglig sektionen. Korrigerade dikesdimensioner har tagits fram enligt Tabell 22. Modellerat flöde har kontrollerats med handberäkningar. Dimension för diken har korrigerats för diken med underdimensionerad kapacitet till breddare dikesektion.

Tabell 22. Korrigerad dikesbottenbredd och vattendjup utgår ifrån modellerat flöde i sektionen och föreslår en ny bottenbredd för att uppnå att vattendjupet ej ska överstiga 0,7 m vilket är den nya antagna nivån för väg. För B3 och B4 är beräkningarna baserat på det modifierade flödet som visas i Tabell 20. Modellerat flöde genom valda sektioner vid diken inom programområdet. Sektionernas placering visas i Figur 69. Flödet som redovisas är beräknat utifrån den korrigerade bottenbredden. Totalbredden inkluderar båda diken (om det finns två) längs sträckan.

Vägsträcka	Korrigerad toppbredd uppströms (m)	Korrigerad toppbredd nedströms (m)	Q (m^3/s) beräknad uppströms	Q (m^3/s) beräknad nedströms	Lutning ‰	Totalbredd diken NS
A1 – A1	5	5	1.3	1.3	2.3	10
B – B	5.2	5.2	1.4	1.7	3.3	10.4
B2 – B2	5.2	6.2	2	3	5	12.4
B3 – B3	5	6.4	1.3	2.1	2.3	12.8
B4 – B4	5.5	6.2	2	2.4	3.3	12.4
C1 – C1	5.2	5.7	2.1	2.52	5	11.4
C2 – C2	5.2	5.7	1.3	1.6	2	5.7

Utifrån modellerat och beräknad flödeskapacitet i diken har en ny förslagutformning för diken tagits fram som innebär att dikens total bredd kommer anpassas till beräknade flöden längs med allmänna vägar. Studerade dikessektion har ett djup på 0,7 m, släntlutning 1:3 och en Manningstal på 25. Inom område B3 och B4 har optimering av föreslagna dagvattendammar gjorts för att öka fördröjningen och därmed minska flödet något.

Det kan vara möjligt att välja en smalare men djupare dikesektion vägsträckan inom avrinningsområdet B3. Då befintligt dike idag har ett djup på ca 1,4 m och en släntlutning på ca 1:1 i förhållande till befintliga marknivåer. Om dikesdjupet antas till 1 m med en släntlutning på 1:2 i framtida diken, kan bottenbredden minskas ytterligare. Det måste dock säkerställas utifrån geotekniska förutsättningar för framtida förhållanden.

Beräkningen av bredden för diken baseras på längslutningen i diken med syftet att hantera modellerat flöden i benämnda dikesektioner i tabell 21. Ett medelvärde på lutningen mellan sektionerna har använts. Det är en överslagsberäkning och kan inte tolkas som ett faktum. En detaljerad hydraulisk modell som beskriver diken kan ge ett resultat med högre noggrannhet. Detta rekommenderas att göras i nästa skede då höjdsättning har uppdaterats för att uppnå högre resultatkvalitet. Detta rekommenderas även för att uppnå högre

detaljeringsnivå på dikens dimensionering och kunna precisera brytpunkterna i dikens längslutning med hänsyn till planerade vägutformning och profiler.

Det finns även andra möjligheter att säkerställa att vägar inte översvämmas. Vägbanan kan höjas upp ytterligare, det är dock viktigt att säkerställa att detta är möjligt med tanke på geotekniska förutsättningar. Fördröjning inom kvartersmark är ett annat förslag som behöver utredas ytterligare. Det kommer inom området finnas stora logistikytor som kan nyttjas som fördröjning av skyfallsvolymer för att minska flöden i diken. Ingen fördröjning av vatten inom kvartersmark har antagits i modellen och de framtagna flöden som redovisats. Däremot har det inom B3 antagits att viss volym kan ansamlas på parkeringar, ett antagande om att ca hälften av de planerade parkeringarna kan antas översvämmas i detta skede. Detta kan ökas i framtiden om behov finns av mer fördröjning. Det är dock viktigt att parkeringarnas placering utifrån flödesvägar analyseras. Även omledning av vatten inom avrinningsområden ses som en möjlig åtgärd, eller att på vissa vägsträckor enbart ha ett dike för att minska totala dikesbredden.

8. Föreslagen skyfall- och dagvattenhantering

I detta och kommande avsnitt beskrivs föreslagen skyfalls- och dagvattenhantering, först övergripande sedan per avrinningsområde och slutligen beskrivs anläggningarna mer i detalj.

Hanteringsprincip illustreras i Figur 70 och dimensioner som rekommenderas ses i Tabell 23. Förslagen hantering utgår ifrån att reningskraven ska uppnås samt att ett 30-årsregn ska fördröjas ner till vad markavvattningsföretagen tillåter i dagsläget[7]. Inom typkvarter rekommenderas regnbäddar för dagvattenhantering då de har god reningsförmåga. Reningsberäkningarna visar på att 2900 m² per typkvarter krävs, vilket motsvarar ca 435 m² regnbädd per reducerad hektar typkvarter. Efter rening och fördröjning i regnbäddar ska dagvatten från fastigheter ledas till närmaste vägdike. Det innebär att kvartersmarken behöver ligga högre än gatan så att dräneringsledning från nedsänkt regnbädd når ut till diket med självfall. Vägdikena utformas som svackdiken med inslag av biodike (regnbäddsliknande dike) för att rena vägdagvattnet. Vägdikena behöver även trappas med jämna mellanrum för att erhålla en fördröjning längs vägen. Slutligen leds dagvattnet till samlad fördröjning i torrdammar. Flera av dessa dammar kräver dock inslag av våtmark för att klara reningskraven (se avsnitt 9).

[7] Observera att fördröjning inom kvartersmark (10 mm/hårdgjordyta) *inte* räknas med vid dimensionering av torrdammar för att nå utflödet som markavvattningsföretagen kräver. Detta krav kommer dock att ställas.

Ytbehovet beskrivs i avsnitt 5.4.4 och i avsnitt 9 för torrdammar respektive reningsanläggningar. I bilaga 8 och Figur 71 illustrerats ytbehoven i plan. Anläggningarna beskrivs i avsnitt 8.7 - 8.9.

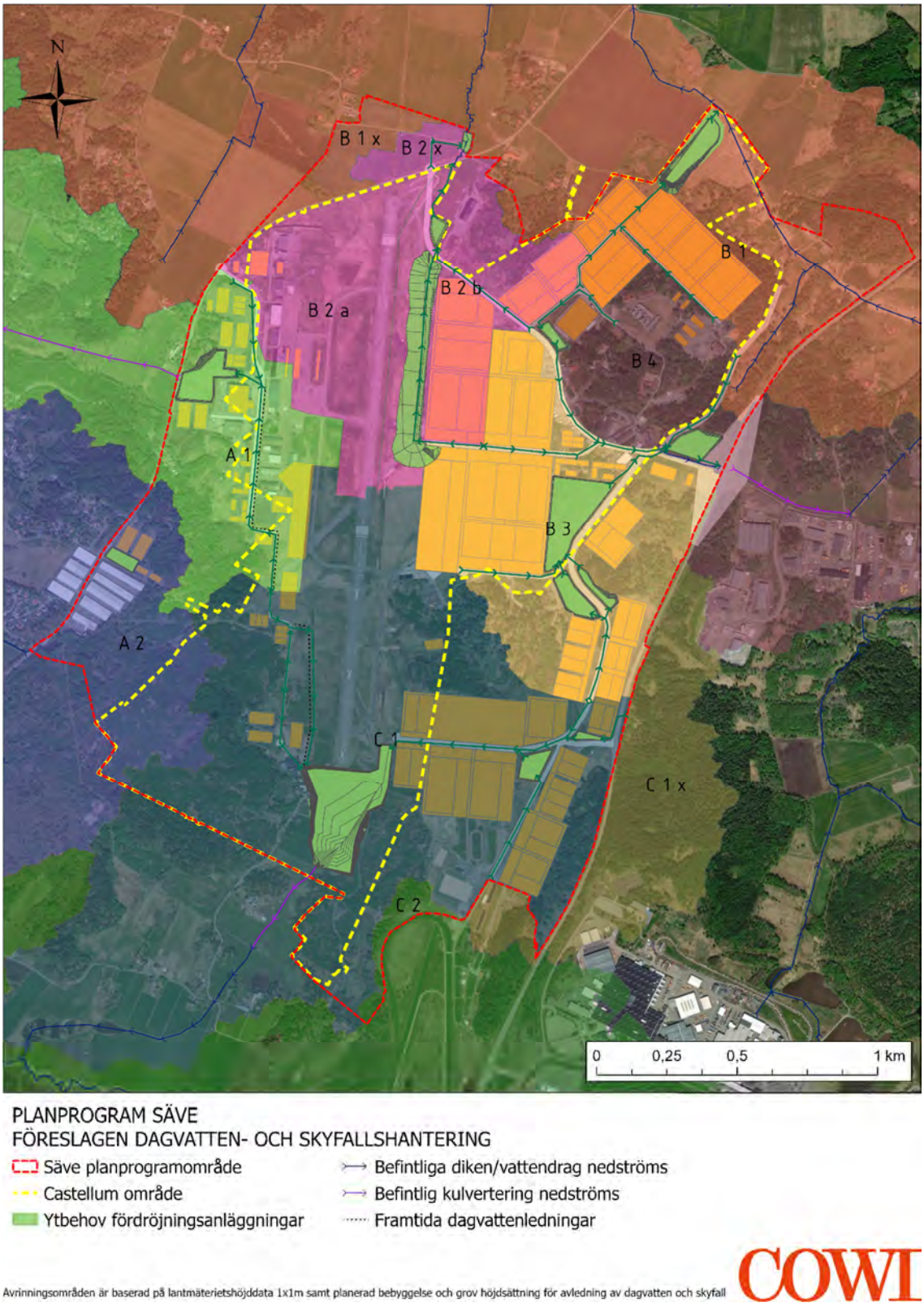
Figur 70. Illustration som sammanfattar föreslagen dagvattenhantering.

Tabell 23. Föreslagna anläggningar och dimensioner som antagits i denna utredning.

Anläggning	Dimensioner
Växtbädd	Upp emot 1 meters djup till dräneringsledning
Svackdike/Biodike	0,5 meters djup, 1:3 slänt, 4 meter bredd vid dikeskrön
Torrdamm/Våtmark	0,75 meters djup, 1:3 slänt. Undantag: - 1 meters djup i A2 - Slänt 1:50 på lågstråk i B2b mot landningsbanan samt 1:10 mot planerad bebyggelse

I dagsläget finns inom delar av planområdet befintliga dagvatten- och dräneringsledningar. Det rekommenderas att dessa grävs bort/proppas och ersätts med det föreslagna öppna systemet i takt med att området exploateras. I delavrinningsområde B2a, där befintlig bebyggelse ska behållas, rekommenderas att ledningsnätet mäts in för att se över hur ledningsnätet kan öppnas upp och hur fördröjningsanläggning för dagvattnet inom B2a ska utformas.

Gällande ansvars- och kostnadsfördelning är hantering på kvartersmark, såväl typkvarter som gator, fastighetsägarens ansvar. KoV har ansvar för den gemensamma hanteringen i torrdammar/våtmarker. Dikena längst med gator som blir allmän platsmark bör ses som "multifunktionella dagvattenanläggningar" (se avsnitt 3.3) eftersom dikena både kommer ha en renande och fördröjande funktion samtidigt som de har en avledande funktion för att avvattna vägen. För dessa kommer KoV och TK/Ponf tillsammans ha ansvar.



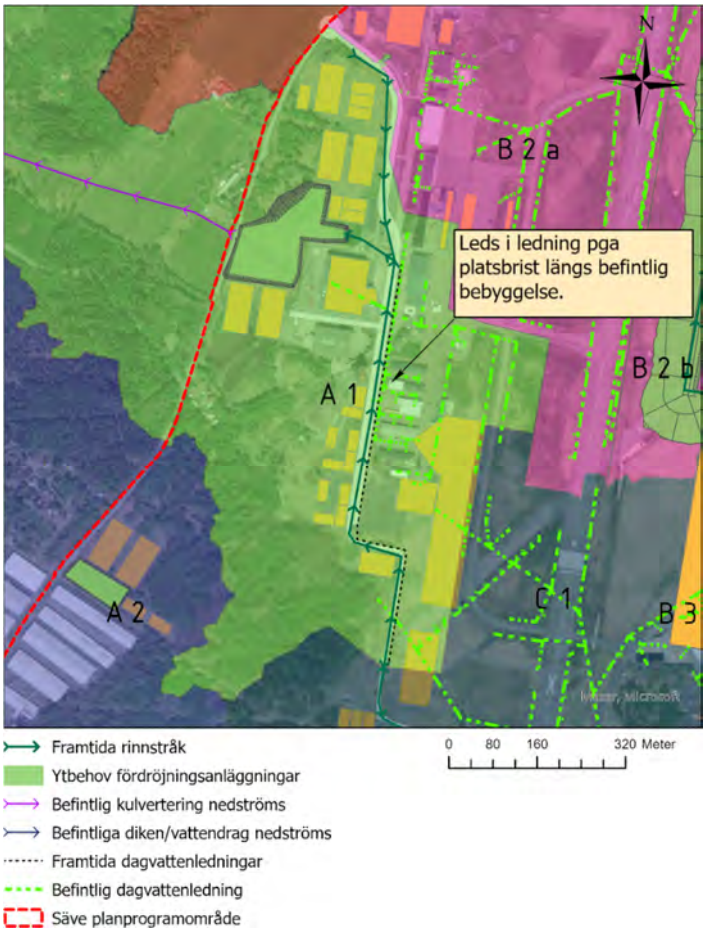
Figur 71. Framtida ytbehov för fördröjningsanläggningar inom respektive avrinningsområde

8.1 Avrinningsområde A1

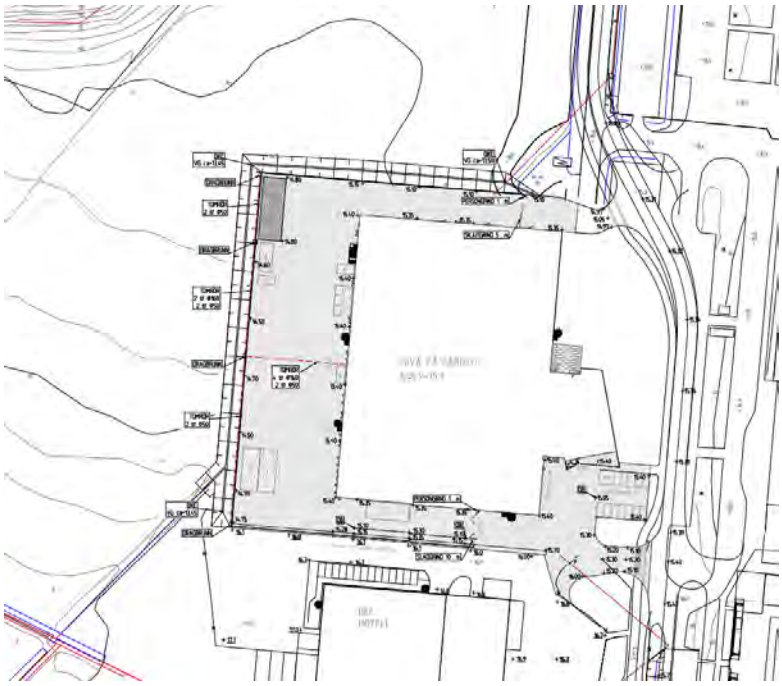
Inom A1 finns det plats för att skapa tillräcklig fördröjningsvolym för att erhålla markavvattningsföretagens utflöden. Erforderlig total fördröjningsvolym är ca 12 610 m³ varav ca 700 m³ kan erhållas i diken vid allmän gata. Fördröjning ska ske i torrdamm med inslag av våtmark för att klara reningen.

Strategi att ha ytlig avledning av dagvatten längs med diken i vägssektionen är fungerande i nästan hela A1 förutom en sträcka där befintlig bebyggelse skall kvarstå. Där ska det i stället på en ca 485 m lång sträcka anläggas en dagvattenledning, se Figur 72.

I höjdsättningen, som förklarades mer i kapitel 6, har även SEEL:s markprojektering tagits hänsyn till. För att fördröja och avleda dagvatten har ett dike grävts i västra utkanten av SEEL:s planområde, se Figur 73. De båda fördröjningsanläggningarnas kan komma att påverka varandra och är därför aktuella att slå samman. Detta bör studeras i vidare arbete. Det krävs även detaljprojektering av anläggningen, särskilt viktigt är det att skapa ett tydligt rinnstråk för mindre flöden till utloppspunkt VG +12.81.



Figur 72. Fördröjningsanläggning i avrinningsområde A1 samt information om dagvattenhantering.

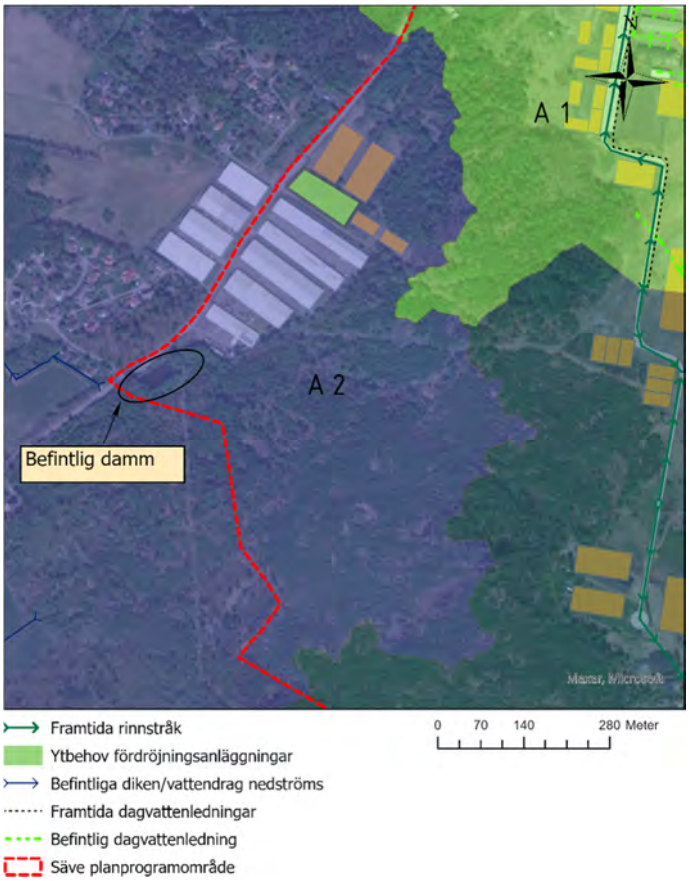


Figur 73. Framtida marknivåer kring SEEL (Februari 2022)

8.2 Avrinningsområde A2

Inom A2 behöver torrdamm och våtmark ha ett djup om 1 meter i stället för 0,75 meter som är standard i alla de andra delavrinningsområdena. Med 1 meters djup finns det tillräckligt med yta inom A2 för de ca 4000 m³ som behöver fördröjas (Figur 74). Inom A2 finns inga allmänna gator med diken som kan hjälpa till med fördröjningen utan all fördröjning sker i torrdamm/våtmark. Är grundvattennivåerna för höga för att ha en 1 m djup damm finns möjlighet att anlägga en tät damm.

Inom A2 finns en befintlig damm vars funktion rekommenderas att undersökas inför exploatering (Figur 74).



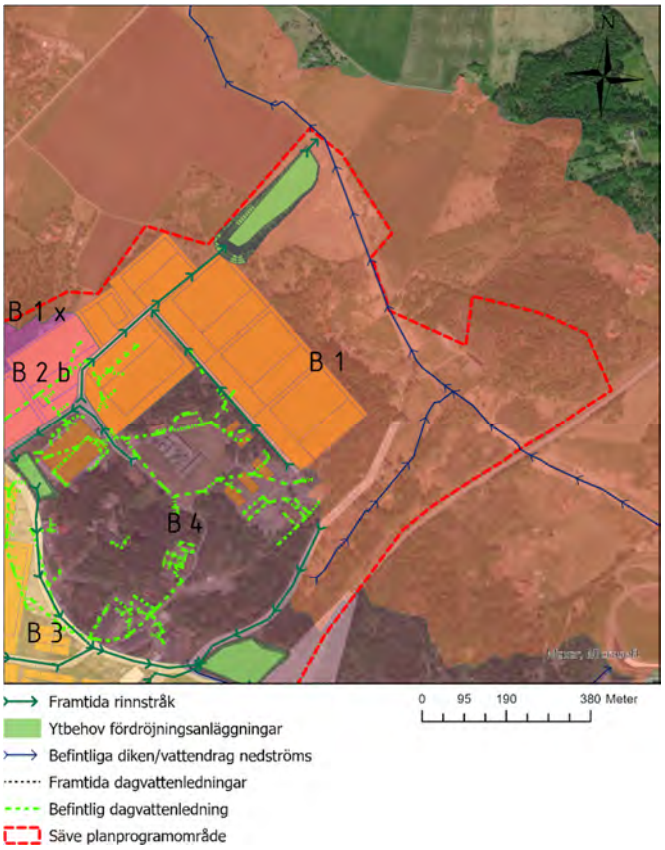
Figur 74. Fördröjningsanläggning i avrinningsområde A2 samt befintlig damm.

8.3 Avrinningsområde B1 och B1x

Inom B1 finns det plats att fördröja erforderlig volym om 14 830 m³ i torrdamm. I B1 räcker det med torrdamm för att klara reningsbehovet (se Figur 75).

I B1x sker ingen exploatering och därför planeras heller ingen fördröjningsanläggning.

Höjdsättningen inom området bör ses över så att vattenleds till lågpunkter på ett kontrollerat sätt. Markanspråk på kvartersmark kommer att behövas för att kunna leda vatten mot nordost och nedför slänten till rekommenderad torrdamm. Detta eftersom det inte finns någon planerad väg mellan kvarteren, se Figur 75. Förslag på utformning av dammen är att dela in den i sektioner för att skapa en trög avledning och utnyttja hela ytans volym. Det finns möjlighet att se över dammens placering, det måste dock säkerställas att det är möjligt att leda vatten hit.

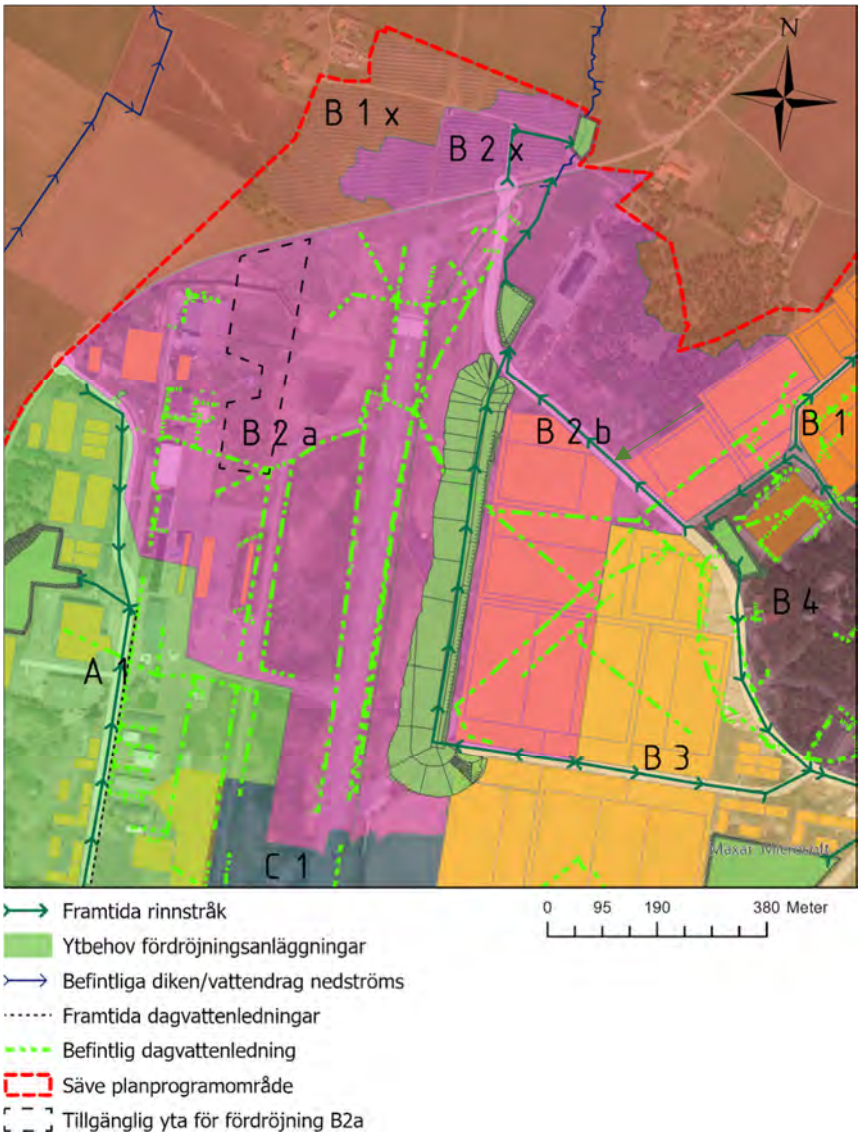


Figur 75. Fördröjningsanläggning inom B1.

8.4 Avrinningsområde B2a, B2b och B2x

Inom B2 finns tillgänglig yta för att skapa tillräcklig fördröjningsvolym för att erhålla markavvattningsföretagens utflöden men det krävs mer information om befintligt ledningssystem i B2a för att kunna placera ut fördröjningsytor inom B2a.

Eftersom det inom område B2a inte finns några planer på att förändra befintlig byggnation kommer mycket av det befintliga dagvattensystemet behållas. Det innebär att det blir svårare att fördröja och rena dagvattnet från B2a. Det finns tillgängliga ytor inom B2a som kan användas för ytlig fördröjning om ledningssystemet öppnas upp, men utformning av sådana ytor beror på ledningssystemets nivåer (se tillgänglig yta i Figur 76). För att kunna utforma en lämplig anläggning behöver därför befintligt ledningssystem mätas in. Totalt behöver B2a fördröja 11 350 m³ varav upp emot 50 m³ kan tänkas fördröjs i gatan i områdets östra kant. En del av fördröjningsvolymen kan också fördröjas inom torrdamm i den norra kanten av B2a. Inom den yta som finns tillgänglig kan det teoretiskt rymmas knapp 18 000 m³ med ett antaget djup om 0,5 meter så de bedöms finnas goda möjligheter att skapa den fördröjnings som krävs. Vad gäller rening så visar beräkningar (se avsnitt 9) på att reningen i B2b kan kompensera för att B2a i dagsläget inte har någon rening. Det vill säga, totalt sett så blir halterna acceptabla även om B2a inte renas. Det rekommenderas dock att fördröjningsanläggningen som byggs i B2a även har en renande funktion.



Figur 76. Fördröjningsanläggningar i avrinningsområde B2a och B2x samt tillgänglig yta för fördröjning inom B2a.

I delavrinningsområde B2b föreslås att två torrdammar med våtmarksinslag anläggs (se Figur 76) för att erhålla erforderlig fördröjningsvolym om 14 650 m³. Diken vid allmänna vägar i B2b förväntas kunna omhänderta upp emot 240 m³ men resterande behöver hanteras i torrdammarna. Fördröjningsanläggningen längs med landningsbanan utformats som ett brett grönstråk/dike eftersom släntlutning inom landningsbanans säkerhetsområde är 1:50. Det innebär att ytbehovet är betydligt större än för resterande fördröjningsanläggningar som erhåller en släntlutning på generellt 1:3. För att erhålla tillräcklig fördröjningsvolym krävs att dikesstråket trappas med 0,75 meter höga trappor med hål under för att släppa igenom normal årsnederbörd. Vid ett skyfall finns ytterligare ytor inom dikesstråket som kan översvämmas utan att skada omgivande bebyggelse. För reningen krävs att delar av torrdammarna utformas som våtmark. Det är lämpligast om den mindre fördröjningsanläggningen i B2b utformas som torrdamm och våtmarkshybrid medan dikesstråket tillåts vara enbart gräsbeklätt.

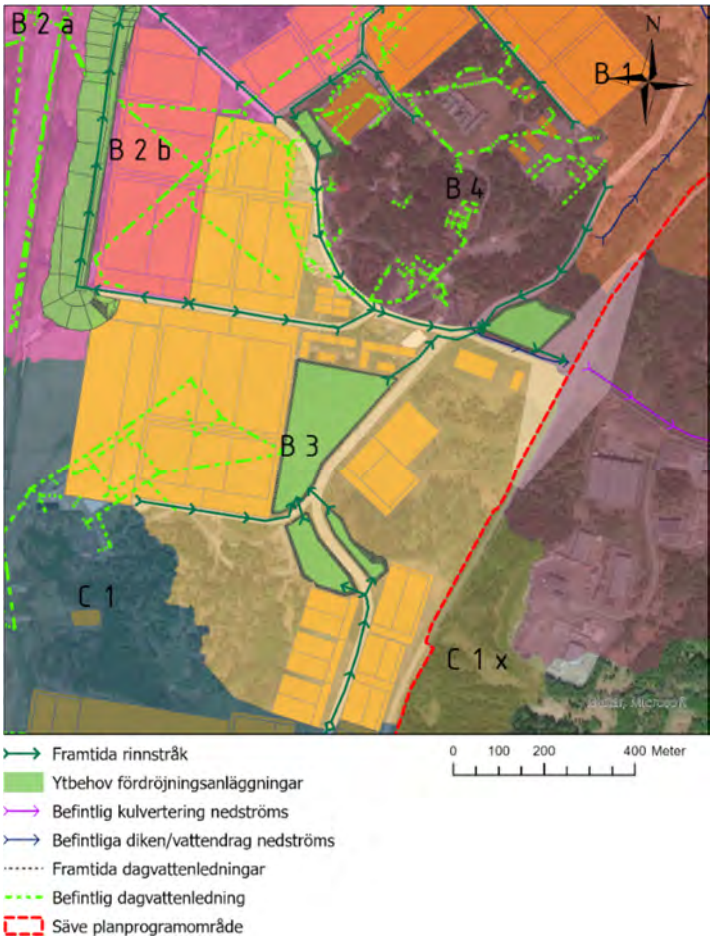
Även inom B2x behövs en torrdamm med våtmarksinslag för att omhänderta dagvattnet från den nya väg som byggs inom det avrinningsområdet. Vägdikena bedöms kunna fördröja ca 25 m³ vilket innebär att ytterligare 517 m³ behöver fördröjas i torrdamm/våtmark. Det finns tillräcklig yta för att åstadkomma det (se Figur 76).

Enligt skyfallsanalysen ansamlas vatten från befintlig högre terräng vid ett 30-årsregn längs med de planerade byggnader västra sidan inom avrinningsområdet B2b norra delar. För att förhindra att bebyggelse tar skada bör detta tas i beaktande vid byggnaders höjdsättning samt ett avskärande dike norr om kvarteren längs med terrängen.

8.5 Avrinningsområde B3 och B4

Att få till utformning och fördröjning inom avrinningsområdena B3 och B4 har varit en iterativ process. För att klara fördröjningsbehovet inom B3 krävs att delar av det ursprungliga avrinningsområdet leds om till C1. Även inom B4 har det varit utmaningar gällande ytbehovet. Bland annat undersöktes möjligheten att försöka minska avrinningsområde för B4 genom att leda vattnet norrut mot B1. Men med befintliga höjdnivåer visades det ej vara möjligt eftersom dikesbotten vid väg i B4 ligger lägre än vad dikesbotten/vattendragsbotten vid B1 gör.

Med föreslagen höjdsättning och fördröjningsytor skapas tillräcklig fördröjningsvolym för att erhålla markavvattningsföretagens utflöde inom både B3 och B4 (se Figur 77). Diken inom B3 och B4 beräknas kunna fördröja ca 550 m³ respektive 130 m³. Tillsammans med föreslagna torrdammar längs med flödesvägar kan då fördröjningsbehoven om ca 38 320 m³ inom B3 och 9540 m³ inom B4 erhållas. För reningens skull krävs inom B3 endast torrdamm medan det i B4 krävs inslag av våtmark. Lämpligen utformas fördröjningsytan vid Hisingsleden som en hybrid mellan torrdamm och våtmark.



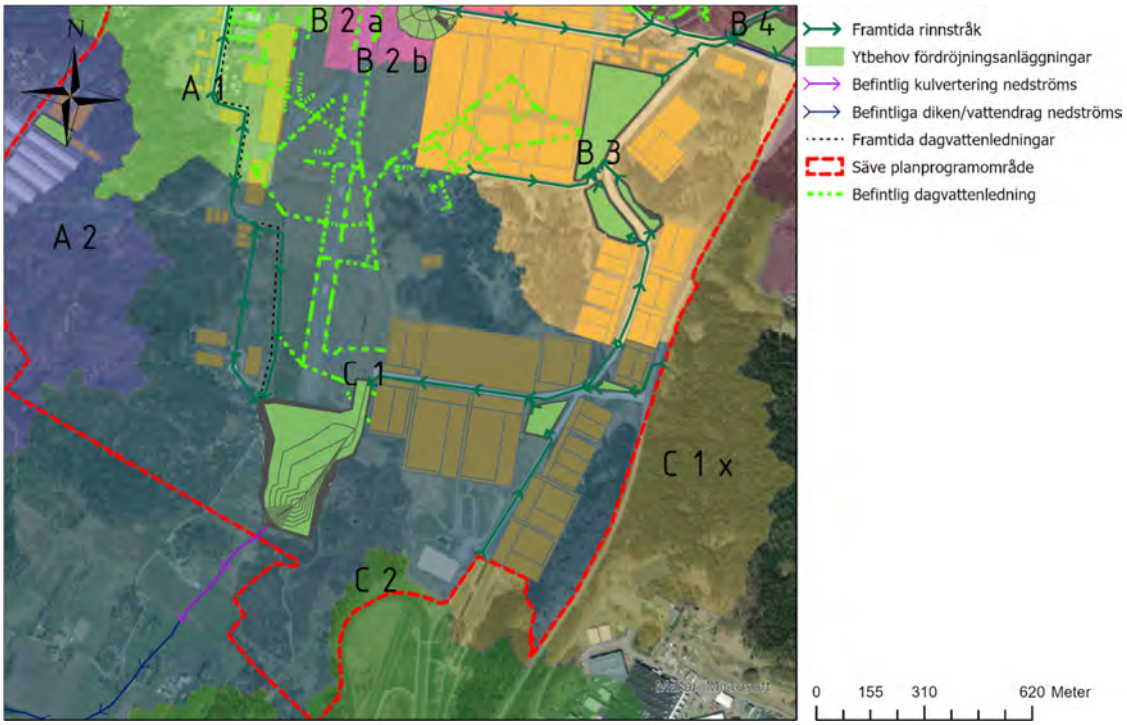
Figur 77. Fördröjningsanläggningar i avrinningsområde B3 och B4.

8.6 Avrinningsområde C1 och C1x

Avrinningsområde C1 är idag områdets flackaste område, men innehåller även stora ytor som ej skall bebyggas i framtiden. Därför var det önskvärt att försöka få avrinningsområde C1x (tidigare benämnt B3x) att rinna till C1. I en grov höjdsättning bedöms detta möjligt, men trumman under Hisingsleden som leder vatten in i programområdet från C1x behöver studeras närmare och mätas in, då denna ligger till grund för höjdsättningen i resten av C1. Närmare undersökning av denna trumma har efterfrågats i denna utredning, men ej varit möjlig utan en TA-plan.

Inom delavrinningsområde C1 är fördröjningsbehovet 54 550 m³ varav ca 340 m³ bedöms kunna fördröjas i diken längst allmänna vägar medan resterande får plats att fördröjas i torrdammar med våtmarksinslag (se ytor i Figur 78). Då anläggningsytorna är stora krävs mer detaljerad dimensionering av torrdamm/våtmark med tydligt rinnstråk för mindre flöden till utloppspunkt i söder.

Inom delavrinningsområde C1x sker ingen exploatering och därför planeras heller ingen fördröjningsanläggning.



Figur 78. Fördröjningsanläggningar i avrinningsområde C1.

8.7 Dagvattenhantering på typkvarter

För att kunna rena dagvattnet till acceptabla nivåer krävs att dagvattnet hanteras i regnbäddar eller likvärdig lösning. Enligt reningsberäkningarna krävs ca 435 m² regnbädd per reducerad hektar typkvarter. Dessa klarar med god marginal fördröjningsbehovet som är ca 83 m³/ha typkvarter. Regnbäddarna behöver anläggas med biokol för att utöka reningskapaciteten. Biokolet ska *inte* vara näringsberikat eftersom biokolet i stället ska berikas med näring från dagvattnet över tid. Behovet av både rening och fördröjning minskar om andelen hårdgjorda ytor reduceras. Hårdgjordheten kan exempelvis minskas genom att öka andelen grönyta, använda permeabel asfalt eller gröna tak.

8.7.1 Regnbädd

En regnbädd kan se ut på olika sätt, se exempel i Figur 79 nedan. För platta regnbäddar är det viktigt att tänka på framkomlighet. En kant runt regnbädden gör det exempelvis lättare för synskadade att upptäcka bädden med käpp (SVOA, 2017a). För att vattnet ska kunna rinna in till växtbädden behövs då antingen öppningar i nedre delen av kanten eller lokala delar utan kant.

Regnbäddar efterliknar naturens sätt att fördröja och rena dagvatten. Vatten rinner antingen direkt ner i regnbädden via ytlig avrinning, via öppning i kantsten eller via brunn med sandfång. I regnbädden kan sedan dagvattnet renas genom växtupptag och infiltration genom sandbaserad växtjord till underliggande lager av makadam (Lindfors, et al., 2014;

SVOA, 2017a). I detta makadammagasin anläggs dräneringsledning, vilket är extra viktigt i detta område där lera innebär att infiltrationsmöjligheterna är låga.

Beroende på hur vattnet leds in till regnbäddarna kan det i vissa fall finnas behov av erosionsskydd intill inloppet. De bör även förses med bräddavlopp. Ett genomtänkt växtval är viktigt då det finns stora möjligheter att skapa ökad biologisk mångfald samtidigt som växterna bör trivas med periodvis torka om vattning mellan regn ska minimeras. Underhåll består i att vattna regelbundet när växtligheten etableras och därefter vid behov (SVOA, 2017a). Liksom en vanlig rabatt kräver regnbäddar tillsyn för att avgöra behov av ogräsrensning eller ytterligare plantering men även kontroll av inlopp och bräddavlopp som ska hållas fria från växtmaterial/snö och is som annars kan stoppa flödet.

Figur 79. Till vänster: Regnbädd i kombination med refug, Helsingborg. (Foto: Anna Larsson, COWI). Till höger: Regnbäddar intill parkering i Köpenhamn. (Foto: Mikaela Nordenberg, COWI).

8.8 Dagvattenhantering för gata

Föreslagen utformning av diken längs med gata beskrevs i avsnitt 5.3. Samma utformning rekommenderas på såväl gator på kvartersmark som på allmän platsmark. Generellt rekommenderas att det bör finnas diken på båda sidor av vägen. Detta för att säkerställa avledning av både dagvatten och skyfallsvatten. Vid skyfall förutsätts att även vägar ska agera avledningsstråk dock med ett maximalt vattendjup på 0,2 m. För reningens skull krävs att delar av dikena utformas som biodiken. Lämpligen läggs ett biodikesstråk i anslutning till trappning, så att dagvattnet fångas upp ordentligt och mer tid fås till reningsprocesser.

8.8.1 Svackdike och biodike

Svackdiken är gräsklädda diken som normalt har en släntlutning på 1:3 eller flackare. Biodiken kan ses som regnbäddar med en viss skålning och lutning för att även erhålla en avledande funktion (se Figur 80). För att erhålla en fördröjning ska dikena trappas, se exempel på hur det kan se ut i Figur 80. Det är viktigt att "väggen" inte sätts hela vägen upp i diket utan att det finns möjlighet vid stora flöden för vattnet att rinna över. Det är även

lämpligt att "väggen" inte är helt tät utan att det antingen finns möjlighet för små flöden att rinna under eller igenom väggen.

Figur 80. Till vänster: Foto på biodike vid väg (foto: Milford). Till höger: exempel på hur ett dike kan "trappas" (Boverket, 2019).

8.9 Gemensam dagvattenhantering

För att säkerställa tillräcklig fördröjning inom varje delavrinningsområde föreslås att torrdammar med inslag av våtmark anläggs. Båda dessa är att föredra framför tillexempel dagvattendammar eftersom de inte kräver lika stort djup och därmed är lämpligare i områden med höga grundvattenyta. Ytbehovet ur fördröjningssynpunkt redovisades i avsnitt 5.4.4 och i avsnitt 9 ses hur stor yta av totalen som behöver utformas som våtmark för att klara reningen.

Diken längst vägarna leder dagvattnet in till torrdamm och diken leder även vatten ut från torrdammarna och ut mot respektive delavrinningsområdes utloppspunkt. För att skapa en fördröjning föreslås att ett skibord anläggs mellan torrdamm och utloppsdike (se exempel i Figur 81). Skibord utformning vid detaljprojektering bör utföras med höga noggrannhet för att kunna reglera flödet och behålla dimensionerade vattennivåerna i dammen.

Figur 81. Exempel på hur utlopp från torrdamm till dike kan se ut (Skogbergadammens utlopp i Täby). Foto: VA-Guiden[8].

8.9.1 Torrdamm

Torrdammar, även kallade översvämningsytor, är nedsänkta grönytor som tillfälligt tillåts översvämmas för att skapa en fördröjning av dagvattenflöden (SVOA, 2017b se Figur 82). En tillfällig vattenspegel bildas genom att utloppet stryps. Dessa ytor kan bidra med rening av framför allt partikelbundna föroreningar. Det är viktigt att marken vid torrdammen täcks med vegetation så att erosion inte uppstår (SVOA, 2017b). Skötsel av gräsklädda torra dammar innefattar att gräs slås minst en gång per säsong och att skrymmande växtlighet (träd och buskar) inte tillåts växa på ytan (detta för att säkerställa att tillräcklig fördröjningsvolym för vatten finns).

Figur 82. Två foton på torrdammar: till vänster en vattenfylld (Boverket, 2019) och till höger en tom damm (Uppsala Vatten, u.å).

8.9.2 Våtmarker

Våtmarker är mycket bra på att rena dagvatten, särskilt med hänsyn till näringsämnen. Därtill kan våtmarker bidra med biologisk mångfald i ett område som annars förväntas bli hårdgjort (se illustration i Figur 83). Reningen i en våtmark sker bland annat genom sedimentation, växtupptag och nedbrytning av mikroorganismer (SVU, 2019). Vattenväxter kan uppta mellan 50-100% av ytan (SVU, 2019).

[8] http://godaexempel.dagvattenguiden.se/project/skogbergadammen/

Figur 83. Illustration av våtmark.

Våtmarker kan anläggas delvis under grundvattennivån då det kan underlätta att behålla en permanent vattennivå även under torrperioder (SVU, 2019), men då är det viktigt att risk för grundvattenförorening utreds. Detta är särskilt viktigt i detta område då det finns PFAS i delar av området (se avsnitt 3.8).

Några tumregler som anges för våtmarker är (SVU, 2019):

- Permanent vattendjup på ca 0,5 m
- Minsta yta 150 m²
- Längd:bredd förhållande ca 2,5:1 eller mer
- Släntlutning <1:3, men det beror även på markens stabilitet
- Utloppet rekommenderas dimensioneras för en tömningstid på 12-24 h

8.10 Särskild dag- och dränvattenhantering på förorenad mark

I områden där det finns PFAS kan det bli aktuellt med rening av dränerings- och eller dagvattnet. För att få en kostnadseffektiv behandling behöver inflödet till en PFAS-reningsanläggning vara ca 5 l/s. Det innebär att sådana insatser behöver göras nära källan så att fördröjningsbehovet innan reningen inte kräver för stor yta. Insatser nära källan är också lämpligt eftersom förorenat vatten då inte blandas med rent vatten från andra områden.

Dagvatten som inte kommer i kontakt med förorenade massor bör avledas separat från dräneringsvatten som har haft kontakt med PFAS-förorening. Det kan alltså inom vissa kvarter och områden behövas två parallella system.

I dagsläget finns inom delar av planområdet befintliga dagvatten- och dräneringsledningar. Det rekommenderas att detta grävs bort och ersätts i takt med att området exploateras. Men tills det att ledningsnätet proppats/grävts bort och ersatts så kan delar av ledningsnätet utgöra spridningsvägar för PFAS-förorenat vatten. Observera att det inte bara är ledningarna utan även ledningsgravarna som kan sprida det förorenade vattnet. Det kan därför krävas

mer eller mindre tillfälliga fördröjnings- och reningsanläggningar i anslutning till ledningsnätet.

9. Föroreningsbelastning

Föroreningsberäkningar har utförts för planområdet med hjälp av StormTac (version v22.2.2), ett webbaserat verktyg för beräkning av föroreningstransport och dimensionering av dagvattenanläggningar.

Som indata kräver StormTac årsnederbörd och markanvändning för det studerade området. Till de olika markanvändningarna finns schablonhalter för föroreningsinnehållet i dagvatten.

Årsmedelnederbörden 1049 mm/år har använts som indata för nederbörden baserat på normalvärde för perioden 1991–2020 för station Göteborg A från SMHI, inklusive korrektionsfaktor på 1,15 (SMHI, 2003). Antagen markanvändning för befintlig och framtida situation ses i avsnitt 16.4.1 i appendix.

Först beräknades föroreningsbelastningen för typkvarter och gata. För gata antogs ha ÅDT 5000 eller 12000[9]. Rening på typkvarter har antagits ske i regnbäddar, motsvarande den yta som krävs för att uppnå riktvärdena. Rening på gata har antagits bestå av svackdiken följt av biodike för att uppnå riktvärdena för rening. Storleken på svackdike har gjorts så stor att dess tekniska gräns har nåtts för det begränsande ämnet fosfor, dvs. så att den maximala reningseffekten i svackdike är nådd[10]. Därefter har tillräckligt biodike lagts till för att uppnå riktvärdet för fosfor. Observera att storleken svackdike och biodike som krävs alltid är mindre än den planerade ytan dike enligt föreslagna sektioner (se avsnitt 4.2).

Antagen storlek på regnbädd för ett 8,06 ha stort typkvarter samt svackdike och biodike för 1 ha gata ses i Tabell 24. Observera att ytorna är *minsta möjliga yta för att uppnå rening* och inte motsvarar ytorna som finns tillgängliga enligt gatusektionerna eller vad som behövs för att ha en rimlig slänt, bottenbredd och flödeskapacitet.

Föroreningsbelastningen för varje delavrinningsområde beräknades sedan baserat på halter från typkvarter, gata och övrig markanvändning enligt avsnitt 16.4.1 i appendix. Beräkningarna utfördes så att:

1. Om det går att ha torrdamm för att klara fosfor-riktvärdet, hur stor ska den minst vara?
2. Om det inte går med torrdamm, hur stor våtmarksdel behöver finnas i torrdammen för att klara riktvärdena?
3. Mängderna till recipient ska inte öka.

[9] Observera att endast en väg i området förväntas ha ÅDT nära 12000; vägen som ansluter till Hisingsleden.

[10] Mer yta svackdike ger alltså inte bättre rening. Det kan dock vara motiverat med mer yta i praktiken för att uppnå en bra form på diket och få till en god avvattning.

Resulterande "minimikrav" för reningen ses i Tabell 24 och Tabell 25. Observera att ytbehovet för fördröjning alltid är större.

Tabell 24. Reningsanläggningar som modellerats i StormTac för typkvarter och vägar. Ytorna motsvarar minimistorlek för att klara reningskraven.

Område	**Typkvarter**	**Väg - hög belastning**	**Väg - låg belastning**
Anläggningstyp 1	Biofilter med biokol	Svackdike	Svackdike
Storlek (m²)	2 900	1 620	700
Storlek (m²/reducerad ha)	435	2700	1170
Anläggningstyp 2		Biodike utan biokol	Biodike utan biokol
Storlek (m²)		140	140
Storlek (m²/reducerad ha)		230	230

Tabell 25. Sammanställning av ytbehov för fördröjning respektive rening, per delavrinningsområde. För B2a har rening tills vidare antagits ske via B2b men B2a bör i praktiken få sin egen anläggning. Ytbehovet för rening motsvarar minimistorlek för att klara reningskraven.

Delavrinningsområde	**Ungefärligt ytbehov för fördröjning (m²)**	**Ytbehov för rening (m²)**	**Anläggning för rening**
A1	23300	920	våtmark
A2	4600	890	våtmark
B1	27600	11000	torrdamm
B2a	*32669*	Se nedan	våtmark
B2b	78686	2300	Se ovan
B2_x	1773	240	våtmark
B3	64226	5600	torrdamm
B4	19653	400	våtmark
C1 och C1x	99690	42000	våtmark

9.2 Resultat

Samtliga resultat jämförs med befintliga mängder och halter samt mot riktvärden för mycket känslig recipient. Osbäcken räknas endast som "känslig" recipient, men efter diskussion med KoV togs beslutet att jämföra även dagvatten till Osbäcken med riktvärden för mycket känslig recipient då vattnet slutligen når havet som är en mycket känslig recipient. I avsnitt 16.4.2 och 16.4.3 i appendix ses alla resultat från föroreningsberäkningarna: befintliga och framtida föroreningsbelastningar både i presenterat i halter (µg/l) och mängder (kg/år). Nedan redovisas föroreningshalter dels för gata och typkvarter, dels uppdelat baserat på slutlig recipient.

9.2.1 Typkvarter

I Tabell 26 ses resulterande föroreningshalter från ett typkvarter både innan och efter rening i 2900 m² regnbädd med biokol. Resultaten visar att det är viktigt att rening införs inom kvarteren eftersom nästan alla studerade föroreningshalter förväntas överskrida riktvärdena annars. Beräkningarna indikerar att det är möjligt att rena ner till acceptabla nivåer om

regnbäddar med biokol används som reningsanläggning. Begränsande ämne för typkvarter är zink.

Tabell 26. Föroreningshalter (µg/l) från ett typkvarter, med och utan rening i 2900 m² regnbädd. Orange cell indikerar att riktvärdet överskrids.

Ämne	Typkvarter - utan rening (µg/l)	Typkvarter - med rening (µg/l)	Riktvärde (µg/l)
P	280	42	50
N	1800	530	1250
Pb	27	2,9	28
Cu	42	6,7	10
Zn	250	30	30
Cd	1,4	0,14	0,9
Cr	13	5	7
Ni	15	2,1	68
Hg	0,066	0,028	0,07
SS	92000	14000	25000
Oil	2300	680	1000
As	3,6	1,6	16

9.2.2 Gata

I Tabell 27 ses förväntad föroreningshalt från de flesta gator i planområdet. För majoriteten av vägarna väntas ÅDT nämligen vara 5000 fordon/dygn eller mindre. Med rening i svackdike följt av biodike går det att reducera föroreningshalterna till acceptabla nivåer. Samma gäller för gata med högre ÅDT, se Tabell 28. Begränsande ämne för gata är fosfor.

Tabell 27. Föroreningshalter (µg/l) från gata med ÅDT 5000, med och utan rening i svackdike och biodike. Orange cell indikerar att riktvärdet överskrids.

Ämne	Väg ÅDT 5000 - utan rening (µg/l)	Väg ÅDT 5000 - med rening (µg/l)	Riktvärde (µg/l)
P	120	50	50
N	1700	700	1250
Pb	8,4	0,95	28
Cu	21	5,8	10
Zn	76	7,6	30
Cd	0,36	0,05	0,9
Cr	14	2,6	7
Ni	8,6	0,92	68
Hg	0,074	0,033	0,07
SS	62000	8200	25000
Oil	850	64	1000
As	3,1	0,97	16

Tabell 28. Föroreningshalter (µg/l) från gata med ÅDT 12 000, med och utan rening i svackdike och biodike. Orange cell indikerar att riktvärdet överskrids.

Ämne	Väg ÅDT 12 000 - utan rening (µg/l)	Väg ÅDT 12 000 - med rening (µg/l)	Riktvärde (µg/l)
P	140	50	50
N	1800	500	1250
Pb	13	1	28
Cu	30	5,9	10
Zn	140	8,6	30
Cd	0,39	0,05	0,9
Cr	17	1,9	7
Ni	10	0,74	68
Hg	0,08	0,032	0,07
SS	71000	6100	25000
Oil	870	43	1000
As	3,1	0,77	16

9.2.1 Föroreningsbelastning till Nordre Älvs fjord

I Tabell 29 presenteras beräknade föroreningshalter som når Nordre Älvs fjord från planområdet i dagsläget samt efter exploatering och rening i jämförelse med riktvärden. I Tabell 30 ses föroreningsmängderna till recipienten. De enskilda föroreningshalterna- och mängderna för delavrinningsområde A1 och A2 kan ses i tabell Tabell 65 och Tabell 72 i appendixavsnitt 16.3.2 och 16.4.3.

Tabell 29. Föroreningshalter (µg/l) som når recipienten Nordre Älvs fjord (från delavrinningsområde A1 och A2) dels i dagsläget, dels efter exploatering inklusive reningsinsatser. Orange cell indikerar att riktvärdet överskrids.

Ämne	Total halt som når recipient i dagsläget (µg/l)	Total halt som når recipient efter exploatering med rening (µg/l)	Riktvärde (µg/l)
P	91	50	*50*
N	1100	710	*1300*
Pb	2,6	1,2	*28*
Cu	10	5,6	*10*
Zn	20	9,9	*30*
Cd	0,21	0,11	*0,9*
Cr	3,6	1,5	*7*
Ni	2,6	1,3	*68*
Hg	0,021	0,014	*0,07*
SS	21000	8900	*25 000*
Oil	270	40	*1000*
As	1,8	0,96	*16*

Tabell 30. Föroreningsmängder (kg/år) som når recipienten Nordre Älvs fjord (från delavrinningsområde A1 och A2) i dagsläget och efter exploatering med föreslagen rening. Orange cell indikerar en ökning i mängd.

Ämne	Total mängd som når recipient i dagsläget (kg/år)	Total mängd som når recipient efter exploatering med rening (kg/år)
P	44	26
N	510	370
Pb	1,2	0,62
Cu	4,9	2,9
Zn	9,4	5,1
Cd	0,098	0,055
Cr	1,7	0,76
Ni	1,3	0,69
Hg	0,01	0,0075
SS	10000	4600
Oil	130	21
As	0,85	0,5

Beräkningarna indikerar att reningen enligt Tabell 13, med torrdamm med inslag av våtmark samt uppströms rening inom kvartersmark ger acceptabla halter (Tabell 29). Även mängderna till recipienten förväntas minska med föreslagen rening (Tabell 30).

9.2.2 Föroreningsbelastning till Nordre Älv

I Tabell 31 och Tabell 32 presenteras beräknade föroreningshalter och -mängder som når recipienten Norde Älv i dagsläget och efter exploatering med rening. Resultaten för de enskilda delavrinningsområdena B1, B2, B3 (inklusive B3x i befintligt) och B4 ses i Tabell 66, Tabell 64, Tabell 73 och Tabell 75 i appendixavsnitt 16.4.2 och 16.4.3.

Tabell 31. Föroreningshalter (µg/l) som når recipienten Nordre Älv (från delavrinningsområde B1, B1x, B2, B3, B3x samt B4) dels i dagsläget, dels efter exploatering inklusive reningsinsatser. Orange cell indikerar att riktvärdet överskrids.

Ämne	Total halt som når recipient i dagsläget (µg/l)	Total halt som når recipient efter exploatering med rening (µg/l)	Riktvärde (µg/l)
P	85	55	*50*
N	1000	680	*1300*
Pb	2,4	1,5	*28*
Cu	9,3	5,8	*10*
Zn	20	15	*30*
Cd	0,15	0,11	*0,9*
Cr	3,3	2,1	*7*
Ni	2,5	1,7	*68*
Hg	0,023	0,021	*0,07*
SS	26000	15000	*25000*
Oil	230	89	*1000*
As	1,7	1,2	*16*

Tabell 32. Föroreningsmängder (kg/år) som når recipienten Nordre Älv (från delavrinningsområde B1, B1x, B2, B3, B3x samt B4) i dagsläget och efter exploatering med föreslagen rening. Orange cell indikerar en ökning i mängd.

Ämne	Total mängd som når recipient i dagsläget (kg/år)	Total mängd som når recipient efter exploatering med rening (kg/år)
P	190	110
N	2300	1400
Pb	5,5	3,2
Cu	21	12
Zn	44	31
Cd	0,34	0,23
Cr	7,3	4,5
Ni	5,5	3,6
Hg	0,051	0,043
SS	57000	30000
Oil	520	190
As	3,8	2,5

Beräkningarna indikerar att föroreningsmängderna till recipienten kommer att minska trots att det kan bli en viss överskridning av fosforhalten jämfört med riktvärdet (se Tabell 32 och Tabell 31). Att fosforhalten överskrids beror på delavrinningsområde B1x, som inte ska exploateras och det därför inte planeras någon reningsanläggning (se Tabell 66 i appendix, avsnitt 16.4.2).

9.2.3 Föroreningsbelastning till Osbäcken

I

Tabell 33 och Tabell 34 presenteras beräknade föroreningshalter och -mängder som förväntas nå recipienten Osbäcken. Resultaten för de enskilda delavrinningsområdena C1 (inklusive C1x efter exploatering) och C2 ses i Tabell 63, Tabell 64, Tabell 74 och Tabell 75 i Appendix, avsnitt 16.4.2 och 16.4.3.

Eftersom avrinningsområdet till Osbäcken ökar i storlek efter exploatering ökar finns en risk för ökade föroreningsmängder då mer dagvatten totalt kommer att nå recipienten på årsbasis. Därmed krävs mer omfattande rening i C1 för att inte riskera en ökning i föroreningsmängder. Genom att ha en ca 4,2 ha stor våtmarkdels inom C1 fås tillräcklig rening för att minska eller behålla befintliga mängder till reicpienten. Undantaget är arsenik som inte går att reducera ytterligare även om våtmarksdelen ökas i yta.

Tabell 33. Föroreningshalter (µg/l) som når recipienten Osbäcken (från delavrinningsområde C1 och C2) dels i dagsläget, dels efter exploatering inklusive reningsinsatser. Orange cell indikerar att riktvärdet överskrids.

Ämne	Total halt som når recipient i dagsläget (µg/l)	Total halt som når recipient efter exploatering med rening (µg/l)	Riktvärde (µg/l)
P	90	32	*50*
N	1100	650	*1300*
Pb	2	1,1	*28*
Cu	8,2	4,4	*10*
Zn	21	8,8	*30*
Cd	0,13	0,068	*0,9*
Cr	2,6	1,2	*7*
Ni	2,3	1,2	*68*
Hg	0,025	0,013	*0,07*
SS	35000	9700	*25000*
Oil	160	82	*1000*
As	1,7	1,1	*16*

Tabell 34. Föroreningsmängder (kg/år) som når recipienten Osbäcken (från delavrinningsområde C1, C2 samt C1x i framtida situation) i dagsläget och efter exploatering med föreslagen rening. Orange cell indikerar en ökning i mängd.

Ämne	Total mängd som når recipient i dagsläget (kg/år)	Total mängd som når recipient efter exploatering med rening (kg/år)
P	75	45
N	920	920
Pb	1,6	1,5
Cu	6,8	6,3
Zn	18	12
Cd	0,11	0,096
Cr	2,2	1,7
Ni	1,9	1,7
Hg	0,021	0,019
SS	29000	14000
Oil	130	120
As	1,4	1,5

Eftersom det blir mängderna som styr reningsbehovet fås föroreningshalter som är mycket lägre än vad riktvärdena kräver (

Tabell 33). Observera att dagvatten från C1x kommer att ledas in i C1 och sannolikt renas där, vilket inte ses i dessa beräkningar på grund av uppbygganden av analysmodellen. Resultaten är därför i överkant eftersom C1x egentligen också renas.

9.3 Påverkan på recipient och ytterligare åtgärder

Sammantaget så förväntas exploateringen inte påverka Nordre Älvs fjord, Norde Älv eller Osbäcken negativt eftersom beräkningarna indikerar att både halter och mängder kommer att minska jämfört med i dagsläget. Detta förutsätter dock att reningsanläggningar enligt Tabell 24 och Tabell 25 anläggs. Det blir viktigt att säkerställa dessa reningsanläggningar tidigt i utbyggnadsprocessen eftersom föroreningshalter utan rening riskerar att överskrida riktvärdena.

För Osbäcken kan det potentiellt bli en ökning i mängd av arsenik men det går inte att reducera mängden genom att utöka reningsanläggningen i C1. Observera dock att resultaten enbart ger en fingervisning då de baseras på typiska värden för antagen markanvändning och inte säger något om faktiskt värden. Läs mer om osäkerheter i kap 12.3. Men om det antas att det finns en risk för förhöjda arsenikhalter så kan konstateras att reducering av arsenik i dagvattnet är en uppströmsarbetes fråga. De främsta föroreningskällorna vad gäller arsenik i dagvatten är (StormTac, 2022):

- Grundvatten
- Bekämpningsmedel inom jordbruket
- Atmosfärisk deposition
- Avloppsvatten
- Impregneringsmedel för trä
- Metallvaruindustrin
- Färgindustrin

Beroende på vilka verksamheter som etableras i området blir åtgärder mer eller mindre aktuella. Möjligen kan åtgärder kopplat till källorna i den vänstra listan bli aktuella. Men generellt kan sägas att det är svårt att reducera mängderna av arsenik, vilket återspeglas i det faktum att halterna överskrids nationellt i alla våra vattenförekomster.

10. Rekommendationer för utbyggnadsordning

Eftersom planområdet är stort och har flera delavrinningsområden är det viktigt att hålla koll på och ta hänsyn till behoven av dagvattenhantering som exploateringen skapar både inom delavrinningsområden och mellan dem. Generellt gäller följande:

1) Berörs ett delavrinningsområde av exploatering måste de fördröjnings- och reningsanläggningar och diken som är föreslagna för delavrinningsområdet byggas. Om endast delar av exploateringen av delavrinningsområdet utförs kan även delar av torrdammar byggas, men diken bör byggas i sin ”slutliga” form.
2) Befintligt ledningssystem ska rivas och proppas allt eftersom utbyggnation sker.
3) Diken bör utformas med en bottenbredd på maximalt 2,2 m för att säkerställa att skyfallsvolym kan tas hand om i dessa och inte översvämma vägar.

Punkt 1 innebär att höjdsättningen för området också behöver förändras. För att föreslagen dagvattenhantering ska fungera är höjdsättningen av marken såväl som diken och torrdammar (inklusive våtmarksdelar) avgörande. Det betyder att även om exploatering inte sker i hela delavrinningsområdet behöver marknivåer justeras i hela delavrinningsområdet för att säkerställa att allt dagvatten rinner som det ska och att exploateringen inte skapar instängda områden. Detta sker automatiskt om exploatering sker högt uppströms i ett delavrinningsområde eftersom dagvattnets väg till fördröjnings- och reningsanläggningar då måste skapas. Men det är lika viktigt även om exploatering sker längre nedströms att se till att uppströmsliggande mark kan avvattnas på ett bra sätt: antingen genom att leda vattnet som det är tänkt när allt är färdigexploaterat, eller genom att skapa en temporär lösning.

Vad gäller delavrinningsområdena A1, A2, B1 och B2x så kan exploatering ske inom dessa områden utan att det krävs någon insats i något annat delavrinningsområde (se avrinningsområdena nedan i Figur 84). Av dessa är det endast A1 som har befintligt ledningssystem som behöver rivas, men inte heller ledningssystemet berör några andra delavrinningsområden. Inom A2 rekommenderas att befintlig damm undersöks så att påverkan på denna eller eventuell utnyttjande av denna kan klargöras. Inom B1x och C2 förväntas ingen exploatering och de påverkas heller inte av några andra delavrinningsområden.

För delavrinningsområdena B2a, B2b, B3, B4, C1 och B3x/B1x finns det däremot kopplingar till andra delavrinningsområden att ta hänsyn till. I Tabell 35 sammanfattas dessa kopplingar.

Tabell 35. Sammanställning av kopplingar mellan delavrinningsområden.

Om exploatering sker i:	Så krävs åtgärder även i:
B2b	B2a, B3 och B4
B3	B4, C1 och B3x/C1x
B4	Inga, blir bara påverkad av andra
C1	A1

Om exploatering ska ske inom B2b krävs att fördröjningsåtgärder för B2a byggs samtidigt eller innan eftersom dessa delavrinningsområden har samma utloppspunkt. Om inte fördröjningen ordnas inom B2a så ökar riskerna för översvämnings vid befintlig trumma. B2b är även beroende av B3 och B4 eftersom dessa två delavrinningsområden ”tagit” en del av B2:s ursprungliga avrinningsområde genom den nya höjdsättningen. Det innebär att fördröjningsåtgärder behöver byggas i B4 och B3 när B2b exploateras eftersom flödet österut ökar. Exakt hur mycket fördröjning som krävs har inte beräknats utan behöver kontrolleras, men det kommer sannolikt be aktuellt att åtminstone bygga den lilla torrdammen vid Hisingsleden (inom B4). När ledningssystem rivs inom B2b krävs dessutom rivning/åtgärder även i B3 och B4 eftersom dessa system sitter ihop.

Om exploatering ska ske inom B3 behöver torrdammen vid Hisingsleden inom B4 byggas eftersom B3:s torrdammar har utlopp till denna innan dagvattnet lämnar planområdet via trumman under Hisingsleden. Det krävs även hänsyn till B3x/C1x, antingen genom att området leds om till C1 i samband med att B3 exploateras eller så får B3 avvakta med viss exploatering tills denna omledning kan göras. Annars kommer fördröjningen som skapas inom B3 inte att räcka till. När B3x/C1x leds om så krävs då såklart delar av fördröjningen inom C1. När ledningssystem rivs inom B3 krävs dessutom rivning/åtgärder även i B4 och C1 eftersom dessa system sitter ihop.

Om exploatering ska ske i B4 krävs ingen åtgärd i andra delavrinningsområden. B4 blir enbart påverkad av andra och är därmed en kandidat för att exploateras tidigt.

Om C1 exploateras krävs att höjdsättning och fördröjning i A1 också byggs, detta eftersom A1 ”tar” lite av det ursprungliga avrinningsområdet.

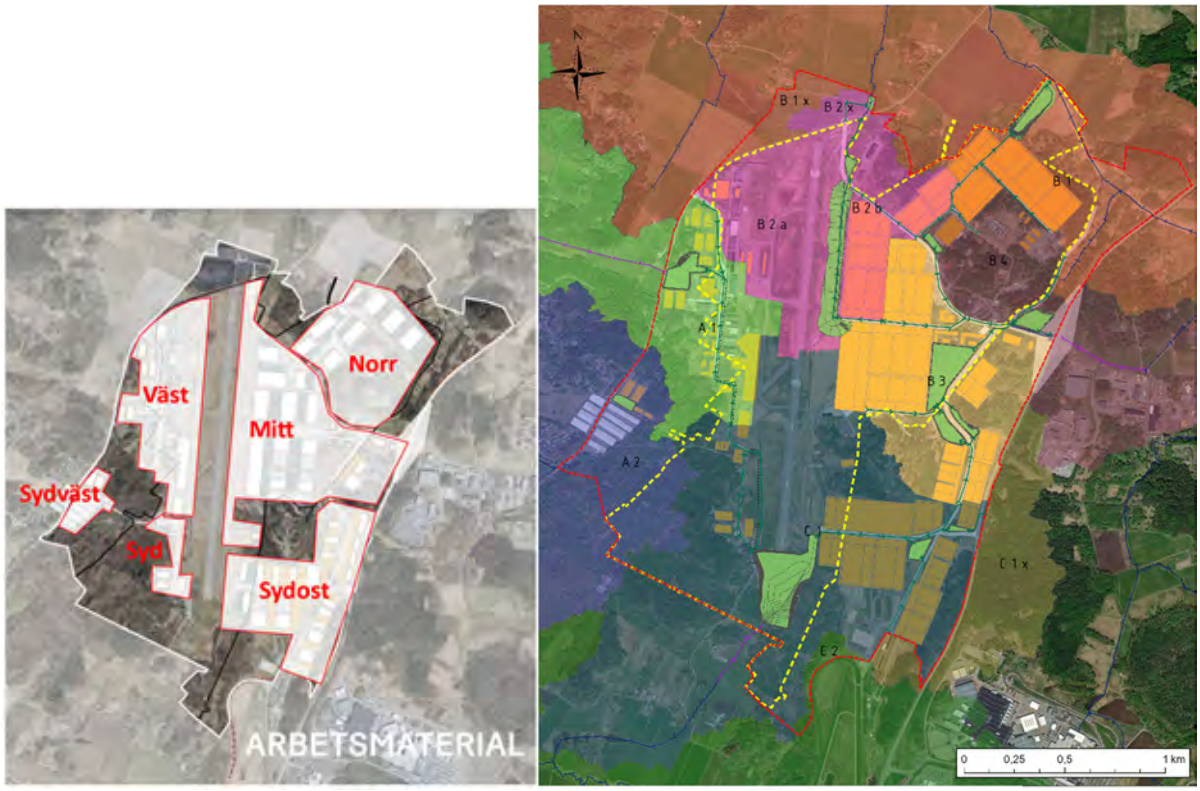
Baserat på resonemangen ovan finns ett par rekommendationer kring utbyggnadsordningen från ett dagvattenperspektiv. Dessa sammanfattas nedan tillsammans med kommentar om aktuell etappindelning där det i dagsläget är känt att etapp Mitt kommer att initieras först (se etapperna i Figur 84).

- B4, B3, B2a, B2b, C1x och C1 är kopplade till varandra och åtgärder krävs inom samtliga när etapp Mitt exploateras. Inom B2a sker ingen exploatering men åtgärder för fördröjning och rening är nödvändiga att få till. C1x behöver ledas om till C1. Detta innebär att exploatering i etapp Mitt kräver åtgärder inom etapperna: Norr och Sydost.

- Efter etapp Mitt är det lämpligast att antingen påbörja etapp Norr, Väst eller Sydväst.
    - Etapp Norr och etapp Sydväst är båda helt oberoende av de andra etapperna och kan exploateras när som helst
    - Etapp Väst är lämpligt att genomföra innan etapp Sydost och Syd eftersom delavrinningsområdet A1 ökar i storlek till fördel för C1 vilket alltså minskar fördröjningsbehovet i C1.

- Av etapp Sydost och Syd finns det ingen särskild anledning att bygga ut den ena före den andra. Men eftersom de båda ligger i delavrinningsområde C1 så innebär det att

fördröjningsanläggningarna i C1 kan byggas ut i ”etapper” också. Innan de båda etapperna är exploaterade kommer fördröjningsbehovet att vara mindre än beräknad för hela C1.



Figur 84. Etappindelning och framtida avrinningsområden, rinnvägar och fördröjningsanläggningar.

11. Osäkerheter

11.1 Osäkerheter i flöden och fördröjning

På grund av att delavrinningsområdena är så stora så får uppskattningen av rinntid stor betydelse för resulterande dimensionerande flöde. För framtida förhållanden blir uppskattningen svårare än för befintligt eftersom det endast finns en grov höjdsättning och för att föreslagen hantering skapar ett mer hydrauliskt komplext system än det befintliga. I beräkningarna har inte trögheten i systemet från fördröjning på kvartersmark och i diken räknats med, vilket gör att rinntiderna sannolikt är underskattade. Det innebär att flödena och fördröjningsberäkningarna i denna rapport sannolikt är i överkant. Detta kan ses som en inbyggd säkerhetsmarginal. Beräknade flöden och fördröjningsvolymer bedöms ha lämplig noggrannhetsgrad för detta tidiga skede.

11.2 Osäkerheter MIKE 21-modellering

Skyfallsmodellen för Säve har inte kalibrerats eftersom kalibreringsdata saknas. Extrema väderhändelser som skyfall uppträder mycket sällan och ofta saknas observationer och mätningar från de regnevent som faktiskt har förekommit.

Modellens trovärdighet baseras på att de processer som styr avrinningsförloppet på markytan vid ett skyfall är inkluderade i modellen. De största osäkerheterna i skyfallsmodelleringar är ansatt infiltrationskapacitet. Desto lägre regnintensitet som simuleras desto större effekt har infiltrationen på resultatet. Dessutom kan markens infiltrationskapacitet variera mycket från plats till plats. En grönyta kan tex vara mer eller mindre kompakterad/packad vilket påverkar möjligheten för vattnet att infiltrera och därmed hur stor avrinningen blir. Detta är svårt att mäta och särskilt i ett stort område. Parametrarna är valda efter generaliseringar gjorda i modelldokumentation av strukturplansmodeller (DHI, 2020). Det påverkar också om det exempelvis har regnat närmsta tiden innan skyfallet inträffar, då kan marken vara mer mättad än de antaganden som gjorts i denna analys.

Skyfallsmodellen visar enbart marköversvämningar inom området och inte översvämningar till följd av överbelastade ledningssystem.

Höjdsättningen av planområdet är viktigt för att undvika skador på bebyggelse inom aktuellt område samt omkringliggande områden. Det är viktigt att inga instängda områden, lågpunkter eller barriärer skapas. Den höjdsättningen som erhållits för framtida förhållanden har behövt justeras då interpolationen av höjderna i vissa fall medförde gropar. Även vissa höjder har behövt sänkas, detta påverkar inte åt vilket håll vatten rinner men möjligtvis hastigheten i området där sluttningen är stor. Detta bedöms inte påverka resultatet nämnvärt men modellen blir stabil och simuleringen går att genomföra. Även manningstal i områden med lutning över 45 grader har satts till 1 oavsett markanvändning för att öka stabiliteten i modellen för framtida förhållanden. Även detta påverkar vattenhastigheter i dessa områden något, men bedöms inte påverka resultatet nämnvärt.

Meshen inom intresseområdet har satts till 4 m vilket innebär en relativt grov vilket innebär att inte alla detaljer kommer med. Även höjdsättningen som tagits fram är relativt grov vilket ger att en för fin mesh inte hade tillfört mer i noggrannhet.

Det är svårt att jämföra modellvolymerna med de beräknade volymerna. Det är två olika regn som används. I modellen är det ett CDS-regn medan handberäkningarna utgår ifrån blockregn. För att kunna jämföra fördröjningsvolym från modellberäkningar med fördröjningsvolym från handberäkningar, bör båda beräknas vid samma regntyp. Eftersom handberäkningar kan göras med blockregn, bör modellen köras med samma regnintensitet och vid samma varaktighet, tömningstiden för fördröjningen bör tas i beaktning.

Regnet belastar hela avrinningsområdet uniformt över tid. Detta kan innebära en överskattning i flödesberäkningen i den mån att 100-årsregnet inte behöver sträcka sig över

och belasta hela avrinningsområdet samtidigt. Det kan också innebära en underskattning jämfört med scenariot där ett 100-årsregn förflyttar sig i nedströms riktning, från nordväst till sydost, vilket bör göra att höga flöden i uppströms delar av avrinningsområdet i större mån sammanfaller med lokala höga flöden i nedströms delar till följd av varierande rinntider.

11.3 Osäkerheter i föroreningsberäkningar

De osäkerheter som finns i föroreningsberäkningarna kommer främst ifrån antagen markanvändning och ifrån antagen ÅDT på vägarna. Om området bebyggs med mer kontor snarare än logistik kan trafikbelastningen tänkas öka då mer personal krävs. Samtidigt finns en osäkerhet i hur stor andel som kommer att välja bil framför kollektivtrafik. Högre ÅDT ger högre föroreningsbelastning. Beroende på vilken typ av verksamhet som etableras i området kan föroreningsbelastningen från typkvarteren variera. För att försöka att approximera ett värstafallscenario valdes markanvändningen "Industriområde". Totalt sätt bedöms att föroreningsbelastningen som beräknats är ett värstafallscenario.

Det finns dessutom osäkerheter i StormTac:s typvärden. Programmet beräknar föroreningsbelastningen baserat på typiska föroreningshalter från exempelvis Industrimark. Det innebär att halterna aldrig bör tolkas som exakta eller faktiskt värden eftersom olika verksamheter kan ge upphov till olika föroreningar i dagvattnet.

12. Diskussion, slutsatser och rekommendationer

Denna utredning har utgått ifrån att fördröjning behöver ske inom planområdet för att ta hänsyn till markavvattningsföretagen i och omkring området. Markavvattningsföretagen kommer dock att omprövas vilket skulle kunna öppna upp möjligheten att dimensionera upp nedströmsliggande diken och minska fördröjningsbehovet. Den tidigare undersökningen om nedströmsliggande diken (DHI, 2022) visade att de redan idag har en begränsad kapacitet och att det finns översvämningsrisker nedströms på grund av detta. En uppdimensionering kan potentiellt avhjälpa dessa risker och dessutom ge möjlighet att på ett säkert sätt släppa mer dagvatten från planområdet. En av fördelarna med en uppdimensionering är alltså att fördröjningsanläggningarna kan minska i storlek vilket sannolikt gör det lättare att underhålla anläggningarna. Minskat ytbehov skulle, eventuellt, kunna leda till att mer mark går att bebygga men det beror mycket på hur stor uppdimensionering som kan göras. För att uppdimensioneringen ska hjälpa planområdet bör uppdimensionering ske hela vägen ut till havet och en nackdel är därför att det handlar om relativt stora insatser på mark som inte alltid ägs av staden vilket försvårar utförandet. Därtill kan det finnas fysiska hinder som försvårar eller omöjliggör uppdimensionering, exempelvis går diket från B3 och B4 vissa sträckor kulverterad och igenom befintlig bebyggelse. Innan dessa förutsättningar är klara är det en klar fördel att planera för fördröjning inom planområdet eftersom ytor då avsätts för att hantera dagvattnet om en uppdimensionering inte är möjlig. Utan tillräcklig fördröjning inom planområdet kan det blir problem med översvämningar även vid mindre regn eftersom nästan alla utlopp ifrån planområdet (alla utom C1) sker igenom trummor vilka kommer att begränsa utflödet. Något av alternativen: uppdimensionering eller fördröjning inom planområdet, är sannolikt billigare avseende antingen investeringskostnad och/eller driftkostnad.

Denna utredning mynnar i följande slutsatser och rekommendationer:

- Planområdet har en rad utmaningar kopplat till dagvattenhantering: flack topografi, geologi som försvårar/fördyrar höjning av mark, markavvattningsföretag samt PFAS-förorening.

- För att hantera de ökade flöden som uppstår på grund av exploateringen av planområdet krävs omfattande fördröjningsanläggningar om flödena ska begränsas till det som markavvattningsföretagen är dimensionerade för. Denna utredning föreslås att de anläggs som torrdammar med inslag av våtmarksdelar för rening.

- Inom kvartersmark föreslås att regnbäddar med biokol anläggs för att rena dagvattnet till acceptabla nivåer. Biokolet ska inte vara näringsberikat.

- Längs gator föreslås svackdiken med inslag av biodiken (regnbäddar i dikesform) samt trappning av dikena för att få till en fördröjning.

- Föroreningsberäkningar indikerar att det går att rena dagvattnet till acceptabla nivåer med föreslagna regnbäddar, svackdiken, biodiken, torrdammar och våtmarker. Men det är också tydligt att dessa anläggningar är nödvändiga och att utan dem förväntas en höjning av

föroreningshalter i dagvattnet från planområdet.

- Föroreningsberäkningarna kan inte ta hänsyn till PFAS-förorenad mark och hur den kan påverka dagvattenkvaliteten. På grund av planområdets planerade karaktär förväntas dock stor andel hårdgjorda ytor, vilket bör minimera kontakten som dagvattnet har med förorenad mark.

- Skyfallsanalysen har visat att inom vissa områden bör dikessektionen breddas för att ta hand om skyfallsflöden och därmed undvika att vägar översvämmas. Dikesbredden blir maximalt 6,4 m per dike. Längs de flesta vägsträckor är det diken på båda sidor om vägen. Det finns även andra möjligheter att säkerställa att vägar inte översvämmas. Vägbanan kan höjas upp, det är dock viktigt att säkerställa att detta är möjligt med tanke på geotekniska förutsättningar. Genom att använda exempelvis parkeringsplatser som tillåts översvämma till viss del eller grönytor som är skålade kan dikeskapaciteten minskas från den förslagna efter skyfallsmodellering. Diken ha en kapacitet att ta hand om ett 30-årsregn, men skyfall kan fördröjas inom kvartersmark.

- Utflödet från programområdet minskar för alla utloppspunkter förutom till Osbäcken vid skyfall då befintliga och framtida förhållanden jämförs. Flödet till Osbäcken ökar då större avrinningsområde leds hit.

- För de flesta omkringliggande områden förbättras situationen vid skyfall, det finns några få byggnader där motsatt effekt visas. Situationen för dessa kan förbättras genom åtgärder såsom bredare dikessektion och fördröjning inom kvartersmark. I nästa skede är det viktigt att beakta dessa byggnader samt studera skyfallsvägar för att föreslå lösningar på rätt plats.

- Skyfallsanalysen har hållit en övergripande nivå med fokus på att åskådliggöra möjlig ytlig vattenavledning för programområdet för att säkerställa att stadens riktlinjer för skyfall uppfylls. Föreslagen klimatanpassad höjdsättning av programområdet Säve samt förändrad gatusektion och profil inom området, kommer att minska risken för översvämning av byggnader inom programområdet vid ett 100-årsregn. Detta innebär att konsekvensen för översvämningsskador både på befintliga och planerade byggnader inom planområdet kommer att minska. Det är dock viktigt att vid detaljprojektering höjdsätta byggnader med en marginal som säkerställer att stadens riktlinjer uppfylls och att de inte påverkas av skyfall vid ett 100-årsregn med klimatfaktor.

13. Fortsatt arbete

I det fortsatta arbetet finns ett antal punkter som behöver behandlas och undersökas vidare:

- Den kombinerade spill- och dagvattenledningen som går tvärs igenom programområdets norra del behöver inventeras för att förstå dess funktion, sträckning och skick.

- Inom respektive detaljplan där det finns befintlig bebyggelse som idag avvattnas med ledningar kommer det behöva utredas hur dessa befintliga byggnader ska anslutas mot den nya avvattningen och införlivas i verksamhetsområde. Det finns risk att avledningen från befintlig bebyggelse ligger för lågt i förhållande till planerade diken eftersom den befintliga avvattningen bygger på ledningssystem.

- Grundvattennivåerna behöver undersökas i de områden där dagvattenanläggningar föreslås för att kunna utforma anläggningarna på lämpligt sätt i senare skede.

- Möjligheten att dimensionera upp nedströmsliggande diken och kulvertar (genom omprövning av markavvattningsföretag) ska utredas för att kunna välja lämpligast strategi avseende dagvattenhantering. Kan det vara bättre att dimensionera upp nedströmsliggande system och anlägga mindre anläggningar inom planområdet?

- En utbyggnadsstrategi för dagvattenhantering bör tas fram för att säkerställa att dagvattnet omhändertas i takt med den etappvisa utbyggnaden av området. Strategin ska bygga vidare på de rekommendationer som togs fram i avsnitt 1 i denna utredning.

- Eftersom beräkningar på gata i denna utredning inte baseras på de senaste beslutade dikessektionerna så finns ett behov av att i senare skeden uppdatera såväl fördröjnings- som reningsberäkningar. Bedömningen är dock att det i föreslagna diken finns möjlighet att hantera såväl ökat fördröjnings- som reningsbehov. Sannolikt ökar behovet av biodiken för rening. Men, samtidigt har skyfallsanalysen visat att det på vissa ställen krävs större diken och/eller högre vägar vilket bör ge en minskning i både fördröjnings- och reningsbehov. Förändringen i fördröjnings- och reningsbehov kan därför tänkas ta ut varandra i vissa områden.

- Till detaljprojektering bör de områden som översvämmas trots ny höjdsättning ses över. Även vägarnas höjdsättning samt dikenas bredd måste säkerställas med avseende på stadens riktlinjer om framkomlighet. Denna utredning har gett förslag på hur det kan åstadkommas. En uppdaterad skyfallsmodellering bör göras över detta där diken beskrivs i endimensionell modell, för att säkerställa flödeskapacitet och vattendjup. I vidare höjdsättningsarbete bör det även säkerställas att vatten inte ställer sig på olämpliga platser inom avrinningsområde C1 som är relativt flackt.

14. Referenser

Boverket (2018). *Tillsynsvägledning avseende översvämningsrisker*. ISBN pdf: 978-91-7563-539-2

Boverket (2019). *Ekosystemtjänster för klimatanpassning – dagvattenlösningar och temperaturreglering.* Tillgänglig: Ekosystemtjänster för klimatanpassning – dagvattenlösningar och temperaturreglering - PBL kunskapsbanken - Boverket [2021-03-23]

Castellum (2020). *Castellum Säve*. Tillgänglig: https://www.castellum.se/vara-projekt/save-flygplats-goteborg/ [2020-11-09]

COWI (2021). *Ekosystemtjänster – analys och lösningar för kompensation.*

COWI (2021). Underlag till Planprogram Säve Flygplats. PM Trafik och mobilitet. Arbetsmatreal 2021-04-23.

COWI (2022). Naturvärdesinventering för planprogram Säve.

DHI (2020). *Modelldokumentation av Strukturplansmodeller-Dokumentation av Skyfallsmodeller uppsatta 2020.*

Miljöförvaltningen Göteborgs Stad (2020). *Riktlinjer och riktvärden för utsläpp av förorenat vatten till dagvattennät och recipient.* R2020:13. Tillgänglig: https://goteborg.se/wps/wcm/connect/a227da55-ea58-4410-a00f-ba75014080e4/N800_R_2020_13_Riktlinjer+och+riktv%C3%A4rden+f%C3%B6r+utsl%C3%A4pp+av+f%C3%B6rorenat+vatten.pdf?MOD=AJPERES [2022-06-27]

Lindfors, T., Bodin-Sköld, H., Larm, T., (2014). *Grågröna systemlösningar för hållbara städer: Inventering av dagvattenlösningar för urbana miljöer.*

Livsmedelsverket (2021). *Riskhantering - PFAS i dricksvatten och fisk.*

Länsstyrelsen Stockholm och västra Götalands län (2018). *Rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall*. ISBN/ISSN-nr: 978-91-7281-818-7

Länsstyrelsen Västra Götaland (2022). Vattenverksamhet | Länsstyrelsen Västra Götaland (lansstyrelsen.se). [2022-09-28]

MSB (2017). *Vägledning för skyfallskartering -Tips för genomförande och exempel på användning.*

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) (2013). *Pluviala översvämningar Konsekvenser vid skyfall över tätorter*. Tillgänglig: https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/26609.pdf [2021-01-25]

Naturvårdsverket (2022). *Högfluorerade ämnen i miljön, PFAS*. Tillgänglig: https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/miljofororeningar/organiska-miljogifter/hogfluorerade-amnen-i-miljon-pfas/ [2022-08-23]

Naturvårdsverket (2007). *Fakta: Oljeavskiljare.* Oljeavskiljare Fakta 91-620-8283-3 (naturvardsverket.se). [2022-10-03]

SGI (2015). *Preliminära riktvärden för högfluorerade ämnen (PFAS) i mark och grundvatten.* SGI Publikation 21.

SMHI (2021). Återkomsttider | SMHI [2022-06-21]

SMHI (2003). *Korrektion av nederbörd enligt enkel klimatologisk metodik.*

Stockholm Vatten och Avfall (SVOA) (2017a). *Nedsänkt regnbädd.* Tillgänglig: https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/nvb.pdf [2021-04-01]

Stockholm vatten och Avfall (SVOA) (2017b). *Överdämningsytor/torra dammar.* Tillgänglig: http://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/overdamning_h.pdf [2021-03-19]

StormTac (2022). *Guide StormTac*.

Svenskt Vatten (2016). Avledning av dag-, drän- och spillvatten – Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem, Publikation P110.

Svenskt Vatten (2011). Hållbar dag- och dränvattenhantering: råd vid planering och utformning, Publikation P105.

Svenskt vatten (2010). *Beräkning av regnintensiteter enligt Dahlström 2010* (P110 kap 10.1)

SWECO, (2021), *PM Geoteknik Castellum Säve*

TTÖP (2019). T*ematiskt tillägg för översvämningsrisker för Göteborg.*

VISS (2022a). *Nordre Älv*. Tillgänglig: https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA16775522 [2022-05-05]

VISS (2022b). *Nordre Älvs fjord.* Tillgänglig: https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA69137484 [2022-05-05]

VISS (2021). *Osbäcken*. Tillgänglig: https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA24018573 [2022-05-05]

15. Appendix

15.1 Befintlig markanvändning

I tabellerna nedan presenteras den antagna befintliga markanvändningen per delavrinningsområde (dessa kan ses i Figur 18) för beräkning av dimensionerande flöden. I Tabell 36 och Tabell 37 visas markanvändningen för A1 respektive A2. I Tabell 38, Tabell 39, Tabell 40, Tabell 41, Tabell 42 och Tabell 43 visas markanvändningen för B1, B1x, B2, B3, B3x och B4. I Tabell 55 och Tabell 56 ses markanvändningen för C1 och C2.

Tabell 36. Befintlig markanvändning inom delavrinningsområde A1.

Markanvändning inom A1	**Yta (ha)**	**Avrinnings-koefficient**	**Reducerad area (ha)**
Öppen våtmark	1,00	1	1,0
Åkermark	7,02	0,1	0,7
Övrig öppen mark utan vegetation	0,70	0,8	0,6
Övrig öppen mark med vegetation	11,97	0,15	1,8
Exploaterad mark, byggnad	1,92	0,9	1,7
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg	7,19	0,6	4,3
Exploaterad mark, väg	2,59	0,8	2,1
Flygplatsområde	2,62	0,6	1,6
Tallskog (utanför våtmark)	0,85	0,1	0,1
Lövblandad barrskog (utanför våtmark)	0,13	0,1	0,01
Triviallövskog (utanför våtmark)	3,93	0,1	0,4
Ädellövskog (utanför våtmark)	0,89	0,1	0,1
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	2,66	0,1	0,3
Triviallövskog (på våtmark)	0,25	0,1	0,03
Totalt	**43,71**	**0,3**	**14,6**

Tabell 37. Befintlig markanvändning inom delavrinningsområde A2.

Markanvändning inom A2	**Yta (ha)**	**Avrinnings-koefficient**	**Reducerad area (ha)**
Öppen våtmark	0,08	1	0,1
Övrig öppen mark med vegetation	6,27	0,15	0,9
Exploaterad mark, byggnad	2,15	0,9	1,9
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg	0,63	0,6	0,4
Exploaterad mark, väg	2,05	0,8	1,6
Sjö och vattendrag	0,24	1	0,2
Tallskog (utanför våtmark)	1,18	0,1	0,1
Barrblandskog (utanför våtmark)	0,08	0,1	0,01
Triviallövskog (utanför våtmark)	4,47	0,1	0,4
Ädellövskog (utanför våtmark)	0,91	0,1	0,1
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	3,39	0,1	0,3
Temporärt ej skog (utanför våtmark)	13,68	0,1	1,4
Triviallövskog (på våtmark)	0,25	0,1	0,02
Ädellövskog (på våtmark)	0,20	0,1	0,02
Totalt	**35,57**	**0,2**	**7,6**

Tabell 38. Befintlig markanvändning inom delavrinningsområde B1.

Markanvändning inom B1	**Yta (ha)**	**Avrinnings-koefficient**	**Reducerad area (ha)**
Öppen våtmark	1,80	1	1,8
Åkermark	7,02	0,1	0,7
Övrig öppen mark utan vegetation	0,32	0,8	0,3
Övrig öppen mark med vegetation	16,04	0,15	2,4
Exploaterad mark, byggnad	0,23	0,9	0,2
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg	0,07	0,6	0,04
Exploaterad mark, väg	2,22	0,8	1,8
Sjö och vattendrag	0,04	1	0,04
Tallskog (utanför våtmark)	4,18	0,1	0,4
Granskog (utanför våtmark)	1,03	0,1	0,1
Barrblandskog (utanför våtmark)	2,31	0,1	0,2
Lövblandad barrskog (utanför våtmark)	3,77	0,1	0,4
Triviallövskog (utanför våtmark)	3,93	0,1	0,4
Ädellövskog (utanför våtmark)	2,20	0,1	0,2
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	4,37	0,1	0,4
Triviallövskog (på våtmark)	0,10	0,1	0,01
Totalt	**49,61**	**0,2**	**9,4**

Tabell 39. Befintlig markanvändning inom delavrinningsområde B1x.

Markanvändning inom B1x	Yta (ha)	Avrinnings-koefficient	Reducerad area (ha)
Öppen våtmark	0,65	1	0,7
Åkermark	20,72	0,1	2,1
Övrig öppen mark med vegetation	6,24	0,15	0,9
Exploaterad mark, väg	3,16	0,8	2,5
Tallskog (utanför våtmark)	0,04	0,1	0,004
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	1,00	0,1	0,1
Triviallövskog (på våtmark)	0,08	0,1	0,01
Totalt	**31,88**	**0,2**	**6,3**

Tabell 40. Befintlig markanvändning inom delavrinningsområde B2.

Markanvändning inom B2	Yta (ha)	Avrinnings-koefficient	Reducerad area (ha)
Öppen våtmark	0,07	1	0,1
Åkermark	4,73	0,1	0,5
Övrig öppen mark utan vegetation	0,99	0,8	0,8
Övrig öppen mark med vegetation	56,76	0,15	8,5
Exploaterad mark, byggnad	3,10	0,9	2,8
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg	13,34	0,6	8,0
Exploaterad mark, väg	7,25	0,8	5,8
Flygplatsområde	36,97	0,6	22,2
Sjö och vattendrag	0,08	1	0,1
Tallskog (utanför våtmark)	6,23	0,1	0,6
Granskog (utanför våtmark)	0,06	0,1	0,01
Barrblandskog (utanför våtmark)	0,32	0,1	0,03
Lövblandad barrskog (utanför våtmark)	0,41	0,1	0,04
Triviallövskog (utanför våtmark)	3,50	0,1	0,4
Ädellövskog (utanför våtmark)	1,64	0,1	0,2
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	2,82	0,1	0,3
Totalt	**140,86**	**0,4**	**50,5**

Tabell 41. Befintlig markanvändning inom delavrinningsområde B3.

Markanvändning inom B3	**Yta (ha)**	**Avrinnings-koefficient**	**Reducerad area (ha)**
Öppen våtmark	4,99	1	5,0
Åkermark	17,90	0,1	1,8
Övrig öppen mark utan vegetation	4,83	0,8	3,9
Övrig öppen mark med vegetation	44,01	0,15	6,6
Exploaterad mark, byggnad	0,23	0,9	0,2
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg	1,85	0,6	1,1
Exploaterad mark, väg	5,58	0,8	4,5
Sjö och vattendrag	0,05	1	0,05
Tallskog (utanför våtmark)	3,95	0,1	0,4
Granskog (utanför våtmark)	0,24	0,1	0,02
Barrblandskog (utanför våtmark)	0,32	0,1	0,03
Lövblandad barrskog (utanför våtmark)	2,87	0,1	0,3
Triviallövskog (utanför våtmark)	4,93	0,1	0,5
Ädellövskog (utanför våtmark)	2,44	0,1	0,2
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	7,77	0,1	0,8
Temporärt ej skog (utanför våtmark)	2,30	0,1	0,2
Tallskog (på våtmark)	0,05	0,1	0,005
Triviallövskog (på våtmark)	0,53	0,1	0,1
Totalt	**104,83**	**0,2**	**25,6**

Tabell 42. Befintlig markanvändning inom delavrinningsområde B3x.

Markanvändning inom B3x	**Yta (ha)**	**Avrinnings-koefficient**	**Reducerad area (ha)**
Öppen våtmark	0,83	1	0,8
Åkermark	0,01	0,1	0,001
Övrig öppen mark utan vegetation	1,48	0,8	1,2
Övrig öppen mark med vegetation	7,95	0,15	1,2
Exploaterad mark, byggnad	0,30	0,9	0,3
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg	2,05	0,6	1,2
Exploaterad mark, väg	3,14	0,8	2,5
Sjö och vattendrag	0,17	1	0,2
Tallskog (utanför våtmark)	5,16	0,1	0,5
Barrblandskog (utanför våtmark)	7,84	0,1	0,8
Lövblandad barrskog (utanför våtmark)	11,82	0,1	1,2
Triviallövskog (utanför våtmark)	2,52	0,1	0,3
Ädellövskog (utanför våtmark)	0,60	0,1	0,1
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	4,35	0,1	0,4
Temporärt ej skog (utanför våtmark)	0,03	0,1	0,003
Lövblandad barrskog (på våtmark)	0,15	0,1	0,01
Triviallövskog (på våtmark)	0,25	0,1	0,02
Totalt	**48,65**	**0,2**	**10,7**

Tabell 43. Befintlig markanvändning inom delavrinningsområde B4.

Markanvändning inom B4	**Yta (ha)**	**Avrinnings-koefficient**	**Reducerad area (ha)**
Öppen våtmark	0,06	1	0,1
Övrig öppen mark med vegetation	3,27	0,15	0,5
Exploaterad mark, byggnad	0,01	0,9	0,01
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg	0,07	0,6	0,04
Exploaterad mark, väg	0,82	0,8	0,7
Tallskog (utanför våtmark)	1,42	0,1	0,1
Lövblandad barrskog (utanför våtmark)	0,64	0,1	0,1
Triviallövskog (utanför våtmark)	0,78	0,1	0,1
Ädellövskog (utanför våtmark)	0,21	0,1	0,02
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	0,14	0,1	0,01
Temporärt ej skog (utanför våtmark)	0,08	0,1	0,01
Totalt	**7,49**	**0,2**	**1,6**

Tabell 44. Befintlig markanvändning inom delavrinningsområde C1.

Markanvändning inom C1	Yta (ha)	Avrinnings-koefficient	Reducerad area (ha)
Öppen våtmark	2,95	1	3,0
Åkermark	0,68	0,1	0,1
Övrig öppen mark utan vegetation	2,42	0,8	1,9
Övrig öppen mark med vegetation	47,85	0,15	7,2
Exploaterad mark, byggnad	0,57	0,9	0,5
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg	2,40	0,6	1,4
Exploaterad mark, väg	2,78	0,8	2,2
Flygplatsområde	36,45	0,6	21,9
Sjö och vattendrag	0,34	1	0,3
Tallskog (utanför våtmark)	3,28	0,1	0,3
Lövblandad barrskog (utanför våtmark)	1,32	0,1	0,1
Triviallövskog (utanför våtmark)	3,37	0,1	0,3
Ädellövskog (utanför våtmark)	1,72	0,1	0,2
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	3,59	0,1	0,4
Temporärt ej skog (utanför våtmark)	21,37	0,1	2,1
Triviallövskog (på våtmark)	0,03	0,1	0,003
Totalt	**131,14**	**0,3**	**42,0**

Tabell 45. Befintlig markanvändning inom delavrinningsområde C2.

Markanvändning inom C2	Yta (ha)	Avrinnings-koefficient	Reducerad area (ha)
Övrig öppen mark med vegetation	2,03	0,15	0,3
Exploaterad mark, väg	0,35	0,8	0,3
Triviallövskog (utanför våtmark)	0,04	0,1	0,004
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	0,51	0,1	0,1
Temporärt ej skog (utanför våtmark)	0,88	0,1	0,1
Totalt	**3,81**	**0,2**	**0,7**

15.2 Framtida markanvändning

I tabellerna nedan presenteras den antagna framtida markanvändningen per delavrinningsområde (dessa kan ses i Figur 42) för beräkning av dimensionerande flöden. I Tabell 46 och Tabell 47 visas markanvändningen för A1 respektive A2. I Tabell 48, Tabell 49, Tabell 50, Tabell 51, Tabell 52, Tabell 53 och Tabell 54 visas markanvändningen för B1, B1x, B2a, B2b, B2x, B3 och B4. I Tabell 55, Tabell 56 och Tabell 56 ses markanvändningen för C1, C1x och C2.

Tabell 46. Framtida markanvändning inom delavrinningsområde A1.

Markanvändning inom A1	**Yta (ha)**	**Avrinnings-koefficient**	**Reducerad area (ha)**
Öppen våtmark	0,50	1	0,5
Åkermark	4,95	0,1	0,5
Övrig öppen mark utan vegetation	0,47	0,8	0,4
Övrig öppen mark med vegetation	10,92	0,15	1,6
Exploaterad mark, byggnad	1,74	0,9	1,6
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg	5,77	0,6	3,5
Exploaterad mark, väg	1,79	0,8	1,4
Kvartersmark	7,69	0,83	6,4
Gator	2,46	0,6	1,5
Flygplatsområde	1,73	0,6	1,0
Tallskog (utanför våtmark)	0,86	0,1	0,1
Lövblandad barrskog (utanför våtmark)	0,13	0,1	0,01
Triviallövskog (utanför våtmark)	4,13	0,1	0,4
Ädellövskog (utanför våtmark)	1,08	0,1	0,1
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	2,83	0,1	0,3
Triviallövskog (på våtmark)	0,24	0,1	0,02
Totalt	**47,28**	**0,41**	**19,3**

Tabell 47. Framtida markanvändning inom delavrinningsområde A2.

Markanvändning inom A2	**Yta (ha)**	**Avrinnings-koefficient**	**Reducerad area (ha)**
Öppen våtmark	0,08	1	0,1
Övrig öppen mark med vegetation	5,37	0,15	0,8
Exploaterad mark, byggnad	2,11	0,9	1,9
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg	0,62	0,6	0,4
Exploaterad mark, väg	2,34	0,8	1,9
Kvartersmark	0,99	0,83	0,8
Sjö och vattendrag	0,24	1	0,2
Tallskog (utanför våtmark)	1,21	0,1	0,1
Barrblandskog (utanför våtmark)	0,08	0,1	0,01
Triviallövskog (utanför våtmark)	4,37	0,1	0,4
Ädellövskog (utanför våtmark)	0,91	0,1	0,1
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	3,32	0,1	0,3
Temporärt ej skog (utanför våtmark)	13,49	0,1	1,3
Triviallövskog (på våtmark)	0,25	0,1	0,02
Ädellövskog (på våtmark)	0,20	0,1	0,02
Totalt	**35,57**	**0,2**	**8,5**

Tabell 48. Framtida markanvändning inom delavrinningsområde B1.

Markanvändning inom B1	**Yta (ha)**	**Avrinnings-koefficient**	**Reducerad area (ha)**
Öppen våtmark	1,39	1	1,4
Åkermark	6,66	0,1	0,7
Övrig öppen mark utan vegetation	0,30	0,8	0,2
Övrig öppen mark med vegetation	12,26	0,15	1,8
Exploaterad mark, byggnad	0,26	0,9	0,2
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg	0,07	0,6	0,04
Exploaterad mark, väg	1,37	0,8	1,1
Kvartersmark	17,46	0,83	14,5
Gator	1,30	0,6	0,8
Tallskog (utanför våtmark)	2,82	0,1	0,3
Granskog (utanför våtmark)	0,48	0,1	0,05
Barrblandskog (utanför våtmark)	0,56	0,1	0,1
Lövblandad barrskog (utanför våtmark)	2,54	0,1	0,3
Triviallövskog (utanför våtmark)	3,35	0,1	0,3
Ädellövskog (utanför våtmark)	2,04	0,1	0,2
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	3,48	0,1	0,3
Triviallövskog (på våtmark)	0,08	0,1	0,01
Totalt	**56,42**	**0,4**	**22,3**

Tabell 49. Framtida markanvändning inom delavrinningsområde B1x.

Markanvändning inom B1x	Yta (ha)	Avrinnings-koefficient	Reducerad area (ha)
Öppen våtmark	0,65	1	0,7
Åkermark	20,72	0,1	2,1
Övrig öppen mark med vegetation	6,24	0,15	0,9
Exploaterad mark, väg	3,16	0,8	2,5
Tallskog (utanför våtmark)	0,04	0,1	0,004
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	1,00	0,1	0,1
Triviallövskog (på våtmark)	0,08	0,1	0,01
Totalt	**31,88**	**0,2**	**6,3**

Tabell 50. Framtida markanvändning inom delavrinningsområde B2a.

Markanvändning inom B2a	Yta (ha)	Avrinnings-koefficient	Reducerad area (ha)
Öppen våtmark	0,01	1	0,01
Åkermark	0,81	0,1	0,1
Övrig öppen mark med vegetation	10,51	0,15	1,6
Exploaterad mark, byggnad	0,74	0,9	0,7
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg	5,18	0,6	3,1
Exploaterad mark, väg	0,71	0,8	0,6
Kvartersmark	1,58	0,83	1,3
Gator	0,67	0,6	0,4
Flygplatsområde	21,05	0,6	12,6
Tallskog (utanför våtmark)	0,01	0,1	0,001
Ädellövskog (utanför våtmark)	0,01	0,1	0,001
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	0,11	0,1	0,01
Totalt	**41,40**	**0,5**	**20,4**

Tabell 51. Framtida markanvändning inom delavrinningsområde B2b.

Markanvändning inom B2b	Yta (ha)	Avrinnings-koefficient	Reducerad area (ha)
Åkermark	3,03	0,1	0,3
Övrig öppen mark med vegetation	3,99	0,15	0,6
Exploaterad mark, byggnad	0,01	0,9	0,01
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg	0,02	0,6	0,01
Exploaterad mark, väg	0,66	0,8	0,5
Kvartersmark	16,43	0,83	13,6
Gator	1,41	0,6	0,8
Flygplatsområde	14,01	0,6	8,4
Tallskog (utanför våtmark)	0,72	0,1	0,1
Lövblandad barrskog (utanför våtmark)	0,02	0,1	0,002
Triviallövskog (utanför våtmark)	1,02	0,1	0,1
Ädellövskog (utanför våtmark)	0,73	0,1	0,1
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	0,51	0,1	0,1
Temporärt ej skog (utanför våtmark)	2,65	0,1	0,3
Totalt	**45,20**	**0,6**	**24,9**

Tabell 52. Framtida markanvändning inom delavrinningsområde B2x

Markanvändning inom B2x	Yta (ha)	Avrinnings-koefficient	Reducerad area (ha)
Öppen våtmark	0,06	1	0,1
Åkermark	0,89	0,1	0,1
Övrig öppen mark med vegetation	3,92	0,15	0,6
Exploaterad mark, väg	0,51	0,8	0,4
Gator	0,17	0,6	0,1
Totalt	**5,54**	**0,2**	**1,2**

Tabell 53. Framtida markanvändning inom delavrinningsområde B3.

Markanvändning inom B3	**Yta (ha)**	**Avrinnings-koefficient**	**Reducerad area (ha)**
Öppen våtmark	2,18	1	2,2
Åkermark	2,95	0,1	0,3
Övrig öppen mark utan vegetation	0,58	0,8	0,5
Övrig öppen mark med vegetation	11,26	0,15	1,7
Exploaterad mark, byggnad	0,20	0,9	0,2
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg	0,86	0,6	0,5
Exploaterad mark, väg	1,78	0,8	1,4
Kvartersmark	41,56	0,83	34,5
Gator	5,59	0,6	3,4
Flygplatsområde	0,31	0,6	0,2
Sjö och vattendrag	0,05	1	0,05
Tallskog (utanför våtmark)	2,23	0,1	0,2
Granskog (utanför våtmark)	0,11	0,1	0,01
Barrblandskog (utanför våtmark)	0,05	0,1	0,005
Lövblandad barrskog (utanför våtmark)	0,77	0,1	0,1
Triviallövskog (utanför våtmark)	2,67	0,1	0,3
Ädellövskog (utanför våtmark)	1,26	0,1	0,1
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	5,04	0,1	0,5
Temporärt ej skog (utanför våtmark)	0,83	0,1	0,1
Triviallövskog (på våtmark)	0,38	0,1	0,04
Totalt	**80,65**	**0,6**	**46,2**

Tabell 54. Framtida markanvändning inom delavrinningsområde B4.

Markanvändning inom B4	**Yta (ha)**	**Avrinnings-koefficient**	**Reducerad area (ha)**
Övrig öppen mark utan vegetation	0,86	0,8	0,7
Övrig öppen mark med vegetation	9,18	0,15	1,4
Exploaterad mark, byggnad	1,76	0,9	1,6
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg	1,80	0,6	1,1
Exploaterad mark, väg	4,02	0,8	3,2
Kvartersmark	2,54	0,83	2,1
Gator	2,85	0,6	1,7
Sjö och vattendrag	0,08	1	0,1
Tallskog (utanför våtmark)	5,30	0,1	0,5
Granskog (utanför våtmark)	0,06	0,1	0,01
Barrblandskog (utanför våtmark)	0,30	0,1	0,03
Lövblandad barrskog (utanför våtmark)	0,80	0,1	0,1
Triviallövskog (utanför våtmark)	2,51	0,1	0,3
Ädellövskog (utanför våtmark)	1,08	0,1	0,1
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	1,73	0,1	0,2
Temporärt ej skog (utanför våtmark)	0,05	0,1	0,005
Totalt	**34,9**	**0,4**	**13,0**

Tabell 55. Framtida markanvändning inom delavrinningsområde C1.

Markanvändning inom C1	**Yta (ha)**	**Avrinnings-koefficient**	**Reducerad area (ha)**
Öppen våtmark	1,30	1	1,3
Åkermark	2,15	0,1	0,2
Övrig öppen mark utan vegetation	3,23	0,8	2,6
Övrig öppen mark med vegetation	39,65	0,15	5,9
Exploaterad mark, byggnad	0,42	0,9	0,4
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg	1,10	0,6	0,7
Exploaterad mark, väg	2,71	0,8	2,2
Kvartersmark	32,94	0,83	27,3
Gator	3,16	0,6	1,9
Flygplatsområde	37,21	0,6	22,3
Sjö och vattendrag	0,35	1	0,3
Tallskog (utanför våtmark)	4,26	0,1	0,4
Barrblandskog (utanför våtmark)	0,18	0,1	0,02
Lövblandad barrskog (utanför våtmark)	3,01	0,1	0,3
Triviallövskog (utanför våtmark)	5,29	0,1	0,5
Ädellövskog (utanför våtmark)	1,83	0,1	0,2
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	4,38	0,1	0,4
Temporärt ej skog (utanför våtmark)	22,93	0,1	2,3
Triviallövskog (på våtmark)	0,14	0,1	0,01
Temporärt ej skog (på våtmark)	0,02	0,1	0,002
Totalt	**166,2**	**0,4**	**69,4**

Tabell 56. Framtida markanvändning inom delavrinningsområde C1x. Detta område kallas B3x i befintliga avrinningsområden men ändrar namn då dess avrinningsriktning ändras.

Markanvändning inom C1x	**Yta (ha)**	**Avrinnings-koefficient**	**Reducerad area (ha)**
Öppen våtmark	0,83	1	0,8
Åkermark	0,01	0,1	0,001
Övrig öppen mark utan vegetation	1,48	0,8	1,2
Övrig öppen mark med vegetation	7,95	0,15	1,2
Exploaterad mark, byggnad	0,30	0,9	0,3
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg	2,05	0,6	1,2
Exploaterad mark, väg	3,14	0,8	2,5
Sjö och vattendrag	0,17	1	0,2
Tallskog (utanför våtmark)	5,16	0,1	0,5
Barrblandskog (utanför våtmark)	7,84	0,1	0,8
Lövblandad barrskog (utanför våtmark)	11,82	0,1	1,2
Triviallövskog (utanför våtmark)	2,52	0,1	0,3
Ädellövskog (utanför våtmark)	0,60	0,1	0,1
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	4,35	0,1	0,4
Temporärt ej skog (utanför våtmark)	0,03	0,1	0,003
Lövblandad barrskog (på våtmark)	0,15	0,1	0,01
Triviallövskog (på våtmark)	0,25	0,1	0,02
Totalt	**48,65**	**0,2**	**10,7**

Tabell 57. Framtida markanvändning inom delavrinningsområde C2.

Markanvändning inom C2	**Yta (ha)**	**Avrinnings-koefficient**	**Reducerad area (ha)**
Övrig öppen mark med vegetation	2,03	0,15	0,3
Exploaterad mark, väg	0,35	0,8	0,3
Triviallövskog (utanför våtmark)	0,04	0,1	0,004
Triviallövskog med ädellövinslag (utanför våtmark)	0,51	0,1	0,1
Temporärt ej skog (utanför våtmark)	0,88	0,1	0,1
Totalt	**3,81**	**0,2**	**0,7**

15.3 Beräkning av rinntider

Rinntider behövs för att kunna beräkna dimensionerande flöden enligt rationella metoden. Rinntiden är den tid det tar för vatten från hela avrinningsområdet att bidra till flödet i en viss punkt. För beräkning av rinntid enligt Mannings formel krävs en uppskattning av den längsta rinnvägen, marklutning samt Mannings tal för ytan som vattnet rinner över.

Den längsta rinnsträckan för delavrinningsområdena har uppskattats utifrån att studera rinnvägar i SCALGO Live. Därifrån har även marknivåer vid start och slut av rinnsträckan inhämtats för att beräkna en genomsnittlig marklutning. Mannings tal för delavrinningsområdena har beräknats som ett viktat genomsnitt baserat på markanvändningen i respektive område. Delavrinningsområde A1 har därför högre Mannings tal än A2 eftersom det förstnämnda har större andel exploaterade ytor. I Tabell 58 ses antagandena och resulterande rinntid för de befintliga delavrinningsområdena och i Tabell 59 ses motsvarande för de framtida delavrinningsområdena.

Tabell 58. Antaganden och resulterande rinntid för befintliga delavrinningsområden.

Delavrinnings-område	**Mannings tal**	**Vatten-djup**	**Marknivå uppströms**	**Marknivå nedströms**	**Rinn-sträcka**	**Lutning**	**Hastighet**	**Rinntid**
Enhet	-	m	m	m	m	m/m	m/s	min
A1	48	0,005	30,1	14,39	1150	13,6	0,16	116
A2	38	0,005	34,4	19,16	688	22,1	0,17	69
B1	36	0,005	40,3	8,3	319	100,3	0,33	16
B1x	37	0,005	14,9	14,6	233	1,2	0,04	104
B2	55	0,005	28,8	10,52	1790	10,2	0,16	184
B3	40	0,005	18,3	15,17	2150	1,5	0,04	805
B3x	38	0,005	31,2	22,88	380	21,8	0,17	38
B3+B3x	Beräknas som summan av B3 och B3x rinntid							459
B4	40	0,005	18,3	15,21	540	5,8	0,09	101
C1	50	0,005	17,1	14,34	1750	1,6	0,06	495
C2	40	0,005	30,2	18,86	117	96,9	0,36	5

Tabell 59. Antaganden och resulterande rinntid för framtida delavrinningsområden.

Delavrinnings-område	Mannings tal	Vatten-djup	Marknivå uppströms	Marknivå nedströms	Rinn-sträcka	Lutning	Hastighet	Rinntid
Enhet	-	m	m	m	m	m/m	m/s	min
A1	51	0,005	30,05	14,39	1150	14	0,17	111
A2	39	0,005	34,39	19,16	688	22	0,17	67
B1	44	0,005	26	8,3	800	22	0,19	69
B1x	37	0,005	14,88	14,6	233	1	0,04	104
B2a	67	0,005	17	10,52	1350	5	0,14	167
B2b	60	0,005	18	10,52	1200	6	0,14	145
B2x	43	0,005	14,9	9	400	15	0,15	44
B3	43	0,005	20	15,3	1000	5	0,09	193
B4	53	0,005	19	15,21	540	7	0,13	70
C1	50	0,005	18	14,34	1300	3	0,08	277
C1x	53	0,005	31,18	22,88	380	22	0,23	28
C2	49	0,005	30,2	18,86	117	97	0,45	4
C1+C1x	Beräknas som summan av C1 och C1x							305

15.4 Föroreningsberäkningar

15.4.1 Antagen markanvändning

I tabellerna nedan presenteras den antagna markanvändningen i föroreningsberäkningarna för respektive delavrinningsområde (Tabell 60, Tabell 61, Tabell 62, Tabell 63 och Tabell 64). Befintlig exploaterad mark har antagits ha föroreningsbelastning motsvarande Industriområde eller Flygplats. Efter exploatering antas följande för typkvarter och gata:

- Egen 1 motsvarar typkvarter och är Industriområde inklusive rening i regnbäddar för att uppnå riktvärdena. Avrinningskoefficient är satt till 0,83.
- Egen 2 motsvarar gata med låg belastning och är Väg med ÅDT 5 000 inklusive rening i svackdike och biodike för att uppnå riktvärdena[11]. Avrinningskoefficient är satt till 0,6.

Tabell 60. Antagen markanvändning för delavrinningsområde A1 och A2.

Markanvändning	A1 - befintligt	A1 - framtid	A2 - befintligt	A2 - framtid

[11] Egen 2 valdes till väg med låg belastning för att väg med ÅDT 12 000 inklusive rening gav marginellt bättre rening. Eftersom resultaten var snarlika beslutades att endast använda en markanvändning och då använda den med lägre ÅDT.

Takyta	1,9	1,7	2,1	2,1
Flygplats	2,6	1,7	0	0
Skogsmark	8,7	9,3	10,5	10,3
Ytvatten	1	0,5	0,3	0,3
Egen 2 (Vägar)	0	4,2	0	2,3
Egen 1 (Typkvarter)	0	7,7	0	1
Gräsyta	19	15,9	19,9	18,9
Asfaltsyta	7,9	6,2	0,6	0,6
Väg 3 (ÅDT 1000)	2,6	0	2	0
Totalt	***43,7***	***47,2***	***35,4***	***35,5***

Tabell 61. Antagen markanvändning för delavrinningsområde B1 och B1x.

Mark-användning	**B1 - befintligt**	**B1 - framtid**	**B1x – befintligt och framtid**
Takyta	0,2	0,3	0
Flygplats	0	0	0
Skogsmark	21,9	15,3	1,1
Ytvatten	1,8	1,4	0,7
Egen 2 (Vägar)	0	2,7	0
Egen 1 (Typkvarter)	0	17,5	0
Gräsyta	23,1	18,9	27
Asfaltsyta	0,4	0,4	0
Väg 3 (ÅDT 1000)	2,2	0	3,2
Totalt	***49,6***	***56,5***	***32***

Tabell 62. Antagen markanvändning för delavrinningsområde B2, B3 och B4. I framtid har B2 delats upp i mindre delområden. Föroreningsberäkning för B2a och B2b sker dock tillsammans eftersom de har gemensam rening.

Mark-användning	**B2 - befintligt**	**B2a - framtid**	**B2b - framtid**	**B2x - framtid**	**Hela B2 - framtid**	**B3 befintligt**	**B3 - framtid**	**B4 befintligt**	**B4 - framtid**
Takyta	3,1	0,7	0	0	0,7	0,2	0,2	0	1,8
Flygplats	37	21,1	14,0	0	35,1	0	0,3	0	0

Skogsmark	15	1,6	3,0	0	3,1	23,1	12,5	3,2	11,8
Ytvatten	0,1	0	0	0,06	0,1	5	2,2	0,1	0,08
Egen 2 (Vägar)	0	1,4	2,1	0,67	4,1	0	7,4	0	6,9
Egen 1 (Typkvarter)	0	1,6	16,4	0	18,0	0	41,6	0	2,5
Gräsyta	64,1	11,3	9,7	4,8	25,8	64,2	15	3,3	9,2
Asfaltsyta	14,3	5,2	0	0	5,2	6,7	1,4	0,1	2,7
Väg 3 (ÅDT 1000)	7,2	0	0	0	0	5,6	0	0,8	0
Totalt	***140***	***41,4***	***45,2***	***5,5***	***92,1***	***100***	***80,6***	***7,5***	***34,9***

Tabell 63. Antagen markanvändning för delavrinningsområde C1 och C2.

Markanvändning	**C1 - befintligt**	**C1 - framtid**	**C2 – befintligt och framtida**
Takyta	0,6	0,42	0
Flygplats	36,5	37,2	0
Skogsmark	13,3	19,1	0,55
Ytvatten	3,3	1,7	0
Egen 2 (Vägar)	0	5,9	0
Egen 1 (Typkvarter)	0	32,9	0
Gräsyta	69,9	64,7	2,9
Asfaltsyta	4,8	4,3	0
Väg 3 (ÅDT 1000)	2,8	0	0,35
Totalt	***130***	***170***	***3,8***

Tabell 64. Antagen markanvändning för delavrinningsområde B3x. Avrinningsområdet kallas i framtida situation C1x då avrinningen leds om söderut.

Markanvändning	**B3x befintligt = C1x framtida**
Takyta	0,3
Skogsmark	32,7
Ytvatten	1
Väg 3 (ÅDT 1000)	3,1

Gräsyta	8
Asfaltsyta	3,5
Flygplats	0
Totalt	***48,6***

15.4.2 Resulterande halter

I nedanstående tabeller presenteras föroreningshalter från alla delområden där exploatering planeras, både med befintlig och framtida markanvändning (Tabell 65, Tabell 66, Tabell 67 och Tabell 68).

Tabell 65. Föroreningshalter (µg/l) från delavrinningsområde A1 och A2 vid befintlig och framtida situation (med och utan rening).

Ämne	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Oil	As
A1 - befintligt	89	1200	2,6	11	20	0,21	4	2,8	0,026	21000	320	1,8
A1 - framtida utan rening	72	920	2,3	9,1	20	0,16	3,4	2,1	0,023	15000	330	1,6
A1 - framtid med rening	50	760	1,3	6,1	11	0,11	1,8	1,5	0,018	9300	49	0,99
A2 - befintligt	95	940	2,6	8,8	19	0,2	3	2,4	0,015	21000	190	1,7
A2 - framtid utan rening	86	830	2,1	7,6	17	0,17	2,1	1,7	0,011	16000	130	1,5
A2 - framtid med rening	50	650	1,1	4,6	8,1	0,1	0,97	1,1	0,0079	8300	25	0,92

Tabell 66. Föroreningshalter (µg/l) från delavrinningsområde B1, B2, B3 och B4 vid befintlig och framtida situation (med och utan rening).

Ämne	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Oil	As
B1 - befintligt	72	800	2,4	7,6	16	0,12	2,4	2	0,014	17000	160	1,4
B1 - framtida utan rening	58	660	2,4	6,8	21	0,12	3,1	1,7	0,019	13000	360	1,4
B1 - framtida med rening	50	490	1,5	5,2	15	0,12	1,7	1,7	0,015	11000	44	1,3
B1x befintligt och framtida	110	1100	3,1	10	21	0,16	3,6	2,3	0,02	26000	260	1,7

B2 - befintligt	92	1200	2,2	9,8	23	0,17	3,6	2,8	0,03	35000	250	1,9
B2a och B2b - framtid utan rening	73	1000	1,9	7,6	25	0,13	3,4	2,5	0,032	36000	290	1,7
B2a och B2b - framtid med rening	50	830	1,1	5,2	14	0,086	1,7	1,7	0,026	19000	43	1,1
B2x - framtid utan rening	100	970	2,2	8,6	16	0,11	1,7	1,1	0,013	17000	110	1,3
B2x - framtid med rening	50	720	0,9	4,3	6,2	0,055	0,7	0,61	0,0075	7300	25	0,83
Hela B2 - framtid med rening	50	830	1,1	5,2	13	0,085	1,7	1,7	0,025	18000	42	1,1
B3 befintligt	88	1000	2,6	9,5	18	0,15	3	2,1	0,018	19000	230	1,5
B3 - framtid utan rening	50	630	2,5	6,8	24	0,12	3,9	1,9	0,024	13000	470	1,4
B3 - framtid med rening	50	520	1,8	5,6	18	0,12	2,7	1,8	0,022	11000	140	1,3
B4 befintligt	76	880	2,9	8,9	19	0,15	3,8	2,7	0,021	23000	260	1,7
B4 - framtid utan rening	67	800	2	7,9	16	0,15	2,8	1,9	0,02	12000	210	1,4
B4 - framtid med rening	50	670	1,2	5,6	9,5	0,11	1,6	1,4	0,016	8200	31	0,9

Tabell 67. Föroreningshalter (µg/l) från delavrinningsområde C1 och C2 vid befintlig och framtida situation (med och utan rening).

Ämne	**P**	**N**	**Pb**	**Cu**	**Zn**	**Cd**	**Cr**	**Ni**	**Hg**	**SS**	**Oil**	**As**
C1 - befintligt	90	1100	1,9	8,2	21	0,13	2,6	2,3	0,025	35000	160	1,7
C - framtida utan rening	73	910	2,1	7,4	23	0,12	3	2,1	0,025	28000	280	1,6
C1 - framtida med rening	50	740	1,2	5,1	13	0,08	1,6	1,4	0,02	16000	42	0,99
C2 – befintligt och framtida	100	1000	3	10	21	0,16	3,5	2,3	0,019	25000	250	1,7

Tabell 68. Föroreningshalter (µg/l) från delavrinningsområde B3x vid befintlig situation. Avrinningsområdet kallas i framtida situation C1x då avrinningen leds om söderut.

Ämne	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Oil	As
B3x – befintligt (=C1x framtid)	51	760	2,4	8,2	16	0,14	3,3	2,6	0,019	16000	240	1,5

15.4.3 Resulterande mängder

I nedanstående tabeller presenteras föroreningsmängder från typkvarter, gata samt alla delområden där exploatering planeras, både med befintlig och framtida markanvändning (Tabell 69, Tabell 70, Tabell 71, Tabell 72, Tabell 73 och Tabell 74).

Tabell 69. Föroreningsmängder (kg/år) från Egen 1=Typkvarter, med och utan rening.

Ämne	Typkvarter utan rening (kg/år)	Typkvarter med rening (kg/år)
P	22	3,3
N	140	41
Pb	2,1	0,23
Cu	3,2	0,52
Zn	20	2,3
Cd	0,11	0,011
Cr	1	0,39
Ni	1,2	0,17
Hg	0,0051	0,0022
SS	7100	1100
Oil	180	53
As	0,28	0,12

Tabell 70. Föroreningsmängder (kg/år) från Gata hög belastning, med och utan rening.

Ämne	Gata ÅDT 12 000 utan rening (kg/år)	Gata ÅDT 12 000 - med rening (kg/år)
P	1,1	0,4
N	14	4
Pb	0,1	0,0084
Cu	0,24	0,047
Zn	1,1	0,069
Cd	0,0031	0,0004
Cr	0,14	0,015
Ni	0,083	0,006

Hg	0,00064	0,00026
SS	570	49
Oil	7	0,35
As	0,025	0,0062

Tabell 71. Föroreningsmängder (kg/år) från Egen 2=Gata låg belastning, med och utan rening.

Ämne	Gata ÅDT 5000 - utan rening (kg/år)	Gata ÅDT 5000 - med rening (kg/år)
P	0,93	0,4
N	13	5,6
Pb	0,067	0,0077
Cu	0,17	0,046
Zn	0,61	0,061
Cd	0,0029	0,0004
Cr	0,11	0,021
Ni	0,069	0,0074
Hg	0,0006	0,00026
SS	500	66
Oil	6,8	0,52
As	0,025	0,0078

Tabell 72. Föroreningsmängder (kg/år) från delavrinningsområde A1 och A2 vid befintlig och framtida situation (med och utan rening).

Ämne	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Oil	As
A1 - befintligt	25	330	0,74	3,2	5,7	0,059	1,1	0,8	0,0073	6000	90	0,52
A1 - framtida innan rening	23	300	0,73	2,9	6,3	0,052	1,1	0,69	0,0074	4900	110	0,51
A1 - framtid efter rening	16	240	0,41	2	3,5	0,035	0,57	0,48	0,0059	3000	16	0,32
A2 - befintligt	18	180	0,51	1,7	3,7	0,04	0,58	0,46	0,0029	4100	37	0,33
A2 - framtid innan rening	17	160	0,42	1,5	3,4	0,034	0,41	0,34	0,0023	3100	26	0,29

A2 - framtid efter rening	9,9	130	0,21	0,91	1,6	0,02	0,19	0,21	0,0016	1600	4,9	0,18

Tabell 73. Föroreningsmängder (kg/år) från delavrinningsområde B1, B2 och B3 vid befintlig och framtida situation (med och utan rening).

Ämne	**P**	**N**	**Pb**	**Cu**	**Zn**	**Cd**	**Cr**	**Ni**	**Hg**	**SS**	**Oil**	**As**
B1 - befintligt	18	210	0,62	2	4,3	0,032	0,62	0,5	0,0035	4500	42	0,36
B1 - framtida innan rening	21	240	0,89	2,5	7,9	0,044	1,2	0,64	0,007	5000	130	0,51
B1 - framtida efter rening	18	180	0,56	1,9	5,5	0,044	0,61	0,64	0,0054	4300	16	0,48
B1x – befintligt och framtid	19	190	0,54	1,8	3,7	0,029	0,63	0,4	0,0035	4500	45	0,3
B2 - befintligt	84	1100	2	8,9	21	0,15	3,3	2,6	0,027	32000	220	1,7

B2a och B2b - framtid utan rening	48	670	1,2	5	16	0,083	2,2	1,7	0,021	24000	190	1,1
B2a och B2b - framtid med rening	33	540	0,7	3,4	9	0,056	1,1	1,1	0,017	12000	28	0,71
B2x - framtid utan rening	3,1	29	0,064	0,25	0,48	0,0032	0,049	0,031	0,00038	510	3,2	0,039
B2x - framtid med rening	1,5	21	0,026	0,13	0,18	0,0016	0,021	0,018	0,00022	220	0,74	0,025
Hela B2 - framtid med rening	34	570	0,73	3,5	9,1	0,058	1,2	1,1	0,017	13000	29	0,73
B3 befintligt	52	600	1,5	5,6	11	0,087	1,8	1,2	0,011	11000	140	0,91
B3 - framtid innan rening	31	390	1,6	4,2	15	0,076	2,4	1,2	0,015	8100	290	0,89
B3 - framtid efter rening	31	330	1,1	3,5	11	0,076	1,7	1,1	0,014	7200	88	0,81
B4 befintligt	3,1	35	0,12	0,36	0,77	0,0061	0,15	0,11	0,00084	920	11	0,068
B4 - framtid utan rening	15	180	0,44	1,7	3,5	0,034	0,62	0,42	0,0043	2700	46	0,32
B4 - framtid med rening	11	150	0,26	1,2	2,1	0,024	0,36	0,31	0,0037	1800	6,9	0,2

Tabell 74. Föroreningsmängder (kg/år) från delavrinningsområde C1 vid befintlig och framtida situation (med och utan rening).

Ämne	**P**	**N**	**Pb**	**Cu**	**Zn**	**Cd**	**Cr**	**Ni**	**Hg**	**SS**	**Oil**	**As**
C1 - befintligt	73	900	1,6	6,6	17	0,1	2,1	1,9	0,021	29000	130	1,3
C - framtida utan rening	82	1000	2,3	8,3	26	0,13	3,4	2,4	0,029	32000	310	1,8
C1 - framtida med rening	56	830	1,3	5,7	14	0,09	1,8	1,6	0,023	17000	47	1,1
C2 - befintligt och framtida	2,1	21	0,06	0,2	0,41	0,0032	0,071	0,046	0,00038	510	5	0,035

Tabell 75. Föroreningsmängder (kg/år) från delavrinningsområde B3x vid befintlig situation. Avrinningsområdet kallas i framtida situation C1x då avrinningen leds om söderut.

Ämne	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Oil	As
B3x – befintligt (=C1x framtid)	14	200	0,64	2,2	4,3	0,037	0,87	0,69	0,005	4200	64	0,4

16. Bilagor

Bilaga 1–5: Grov höjdsättning inom programområdet

Bilaga 6: Föreslagen dagvattenhantering

ANMÄRKNINGAR

KOORDINATSYSTEM I PLAN: SWEREF 99 12 00
KOORDINATSYSTEM I HÖJD: RH2000

FÖRKLARINGAR

- PLANGRÄNS
- GRÄNS CASTELLUM
- DRÄNERINGSLEDNING
- DAGVATTENLEDNING
- 0.00 BEF. MARKHÖJD
- + 0.00 NY FÖRESLAGEN MARKHÖJD
- + 0.00 NY MARKNIVÅ VID VÄGAR AVSER DIKESBOTTENNIVÅ
- NYTT KVARTER
- NY VÄG
- SLÄNTER

ANMÄRKNINGAR:

Framtagen terrängmodell bygger på att all avledning av dagvatten och skyfall inom programområdet ska hanteras på markytan och dikesstråk med en långslutning i största möjliga mån 5%. Terrängmodellen har utgått från Lantmäteriets höjdmodell 2x2 m.

Nivåer på vägar bygger på principiell gatusektion som presenterades 2021 (Figur 45 i rapporten). Grunden till höjdsättningen är dikesbottennivåer som höjdsatts utifrån att vattnet ska kunna ledas ut via befintliga dikesutlopp från programområdet.
I kommande detaljprojektering behöver höjdsättningen förfinas med hänseende av geoteknik och vägprojektering, då finns möjlighet att göra förändringar och förbättringar. Därför ska inte de höjder som presenteras ses som slutgiltiga då de enbart redovisar möjliga alternativ utifrån givna förutsättningar att få en fungerande dagvatten- och skyfallshantering.

BET	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

Säve planprogram

COWI
COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076 Göteborg
010-850 10 00
www.cowi.se

UPPDRAG NR	RITAD/KONSTR AV	HANDLÄGGARE
DATUM	ANSVARIG	

Höjdsättning

SKALA	NUMMER	BET
1:2000	Bilaga 1	

M-30-1-101.dwg
14.10.2003

KONNEKTION Bilaga 1
KONNEKTION Bilaga 2

KONNEKTION Bilaga 3
KONNEKTION Bilaga 4

SKALA 1:2000
0 10 20 50 100 150 200
METER

ANMÄRKNINGAR

KOORDINATSYSTEM I PLAN: SWEREF 99 12 00
KOORDINATSYSTEM I HÖJD: RH2000

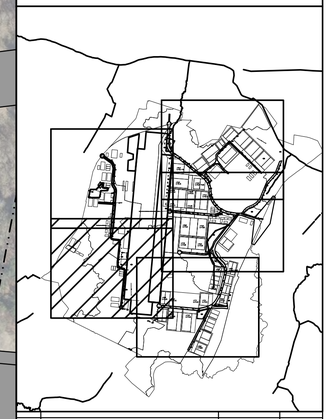
FÖRKLARINGAR

- PLANGRÄNS
- GRÄNS CASTELLUM
- DRÄNERINGSLEDNING
- DAGVATTENLEDNING
- 0.00 BEF. MARKHÖJD
- + 0.00 NY FÖRESLAGEN MARKHÖJD
- + 0.00 NY MARKNIVÅ VID VÄGAR AVSER DIKESBOTTENNIVÅ
- NYTT KVARTER
- NY VÄG
- SLÄNTER

ANMÄRKNINGAR:

Framtagen terrängmodell bygger på att all avledning av dagvatten och skyfall inom programområdet ska hanteras på markytan och dikesstråk med en långslutning i största möjliga mån 5%. Terrängmodellen har utgått från Lantmäteriets höjdmodell 2x2 m.

Nivåer på vägar bygger på principiell gatusektion som presenterades 2021 (Figur 45 i rapporten). Grunden till höjdsättningen är dikesbottennivåer som höjdsatts utifrån att vattnet ska kunna ledas ut via befintliga dikesutlopp från programområdet.
I kommande detaljprojektering behöver höjdsättningen förfinas med hänseende av geoteknik och vägprojektering, då finns möjlighet att göra förändringar och förbättringar. Därför ska inte de höjder som presenteras ses som slutgiltiga då de enbart redovisar möjliga alternativ utifrån givna förutsättningar att få en fungerande dagvatten- och skyfallshantering.



BET	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

Säve planprogram

COWI
COWI AB
Skärgårdsgatan 1 010-850 10 00
Box 12076 Göteborg www.cowi.se

UPPDRAG NR	RITAD/KONSTR AV	HANDLÄGGARE
DATUM	ANSVARIG	

Höjdsättning

SKALA	NUMMER	BET
1:2000	Bilaga 2	

M-30-1-101.dwg
14.10.2003

KONNEKTION Bilaga 2
KONNEKTION Bilaga 4
KONNEKTION Bilaga 4
KONNEKTION Bilaga 3

SKALA 1:2000
0 10 20 50 100 150 200
METER

ANMÄRKNINGAR

KOORDINATSYSTEM I PLAN: SWEREF 99 12 00
KOORDINATSYSTEM I HÖJD: RH2000

FÖRKLARINGAR

- PLANGRÄNS
- GRÄNS CASTELLUM
- DRÄNERINGSLEDNING
- DAGVATTENLEDNING
- + 0.00 BEF. MARKHÖJD
- + 0.00 NY FÖRESLAGEN MARKHÖJD
- + 0.00 NY MARKNIVÅ VID VÄGAR AVSER DIKESBOTTENNIVÅ
- NYTT KVARTER
- NY VÄG
- SLÄNTER

ANMÄRKNINGAR:

Framtagen terrängmodell bygger på att all avledning av dagvatten och skyfall inom programområdet ska hanteras på markytan och dikessträk med en längslutning i största möjliga mån 5%. Terrängmodellen har utgått från Lantmäteriets höjdmodell 2x2 m.

Nivåer på vägar bygger på principiell gatusektion som presenterades 2021 (Figur 45 i rapporten). Grunden till höjdsättningen är dikesbottennivåer som höjdsatts utifrån att vattnet ska kunna ledas ut via befintliga dikesutlopp från programområdet.
I kommande detaljprojektering behöver höjdsättningen förfinas med hänseende av geoteknik och vägprojektering, då finns möjlighet att göra förändringar och förbättringar. Därför ska inte de höjder som presenteras ses som slutgiltiga då de enbart redovisar möjliga alternativ utifrån givna förutsättningar att få en fungerande dagvatten- och skyfallshantering.

BET	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

Säve planprogram

COWI
COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076 Göteborg
010-850 10 00
www.cowi.se

UPPDRAG NR	RITAD/KONSTR AV	HANDLÄGGARE
DATUM	ANSVARIG	

Höjdsättning

SKALA	NUMMER	BET
1:2000	Bilaga 3	

M-30-1-101.dwg
14.10.2003

KONNEKTION Bilaga 5
KONNEKTION Bilaga 4
KONNEKTION Bilaga 2
KONNEKTION Bilaga 4
KONNEKTION Bilaga 4
KONNEKTION Bilaga 3

SKALA 1:2000
0 10 20 50 100 150 200
METER

ANMÄRKNINGAR

KOORDINATSYSTEM I PLAN: SWEREF 99 12 00
KOORDINATSYSTEM I HÖJD: RH2000

FÖRKLARINGAR

- PLANGRÄNS
- GRÄNS CASTELLUM
- DRÄNERINGSLEDNING
- DAGVATTENLEDNING
- 0.00 BEF. MARKHÖJD
- + 0.00 NY FÖRESLAGEN MARKHÖJD
- + 0.00 NY MARKNIVÅ VID VÄGAR AVSER DIKESBOTTENNIVÅ
- NYTT KVARTER
- NY VÄG
- SLÄNTER

ANMÄRKNINGAR:

Framtagen terrängmodell bygger på att all avledning av dagvatten och skyfall inom programområdet ska hanteras på markytan och dikesstråk med en längslutning i största möjliga mån 5‰. Terrängmodellen har utgått från Lantmäteriets höjdmodell 2x2 m.

Nivåer på vägar bygger på principiell gatusektion som presenterades 2021 (Figur 45 i rapporten). Grunden till höjdsättningen är dikesbottennivåer som höjdsatts utifrån att vattnet ska kunna ledas ut via befintliga dikesutlopp från programområdet.
I kommande detaljprojektering behöver höjdsättningen förfinas med hänseende av geoteknik och vägprojektering, då finns möjlighet att göra förändringar och förbättringar. Därför ska inte de höjder som presenteras ses som slutgiltiga då de enbart redovisar möjliga alternativ utifrån givna förutsättningar att få en fungerande dagvatten- och skyfallshantering.

BET	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

Säve planprogram

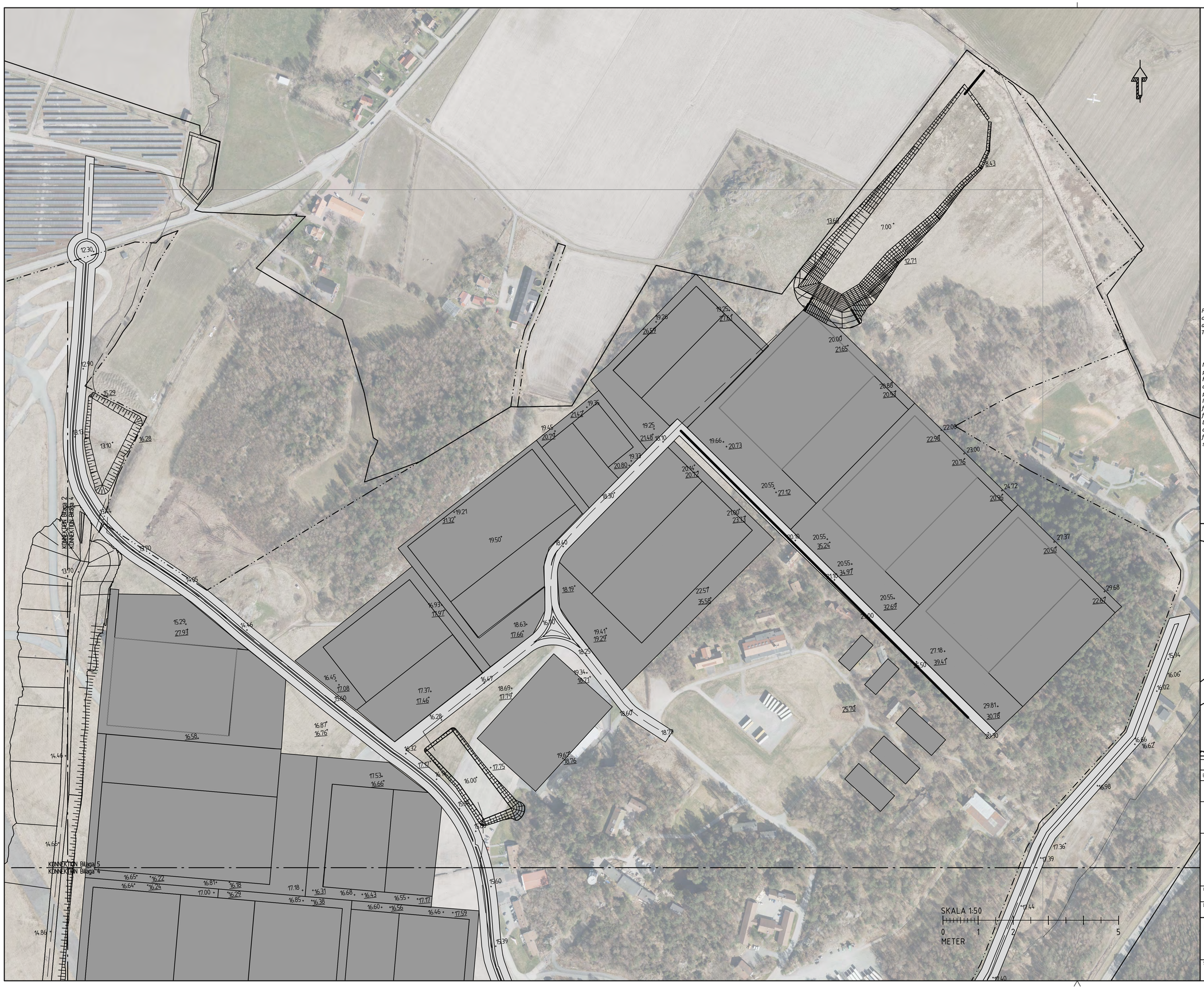
COWI AB
Skärgårdsgatan 1 010-850 10 00
Box 12076 Göteborg www.cowi.se

UPPDRAG NR	RITAD/KONSTR AV	HANDLÄGGARE
DATUM	ANSVARIG	

Höjdsättning

SKALA	NUMMER	BET
1:2000	Bilaga 4	

M-30-1-101.dwg
14.10.2003



ANMÄRKNINGAR

KOORDINATSYSTEM I PLAN: SWEREF 99 12 00
KOORDINATSYSTEM I HÖJD: RH2000

FÖRKLARINGAR

- PLANGRÄNS
- GRÄNS CASTELLUM
- DRÄNERINGSLEDNING
- DAGVATTENLEDNING
- + 0.00 BEF. MARKHÖJD
- + 0.00 NY FÖRESLAGEN MARKHÖJD
- + 0.00 NY MARKNIVÅ VID VÄGAR AVSER DIKESBOTTENNIVÅ
- NYTT KVARTER
- NY VÄG
- SLÄNTER

ANMÄRKNINGAR:

Framtagen terrängmodell bygger på att all avledning av dagvatten och skyfall inom programområdet ska hanteras på markytan och dikessträk med en längslutning i största möjliga mån 5%. Terrängmodellen har utgått från Lantmäteriets höjdmodell 2x2 m.

Nivåer på vägar bygger på principiell gatusektion som presenterades 2021 (Figur 45 i rapporten). Grunden till höjdsättningen är dikesbottennivåer som höjdsatts utifrån att vattnet ska kunna ledas ut via befintliga dikesutlopp från programområdet.
I kommande detaljprojektering behöver höjdsättningen förfinas med hänseende av geoteknik och vägprojektering, då finns möjlighet att göra förändringar och förbättringar. Därför ska inte de höjder som presenteras ses som slutgiltiga då de enbart redovisar möjliga alternativ utifrån givna förutsättningar att få en fungerande dagvatten- och skyfallshantering.

BET	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

Säve planprogram

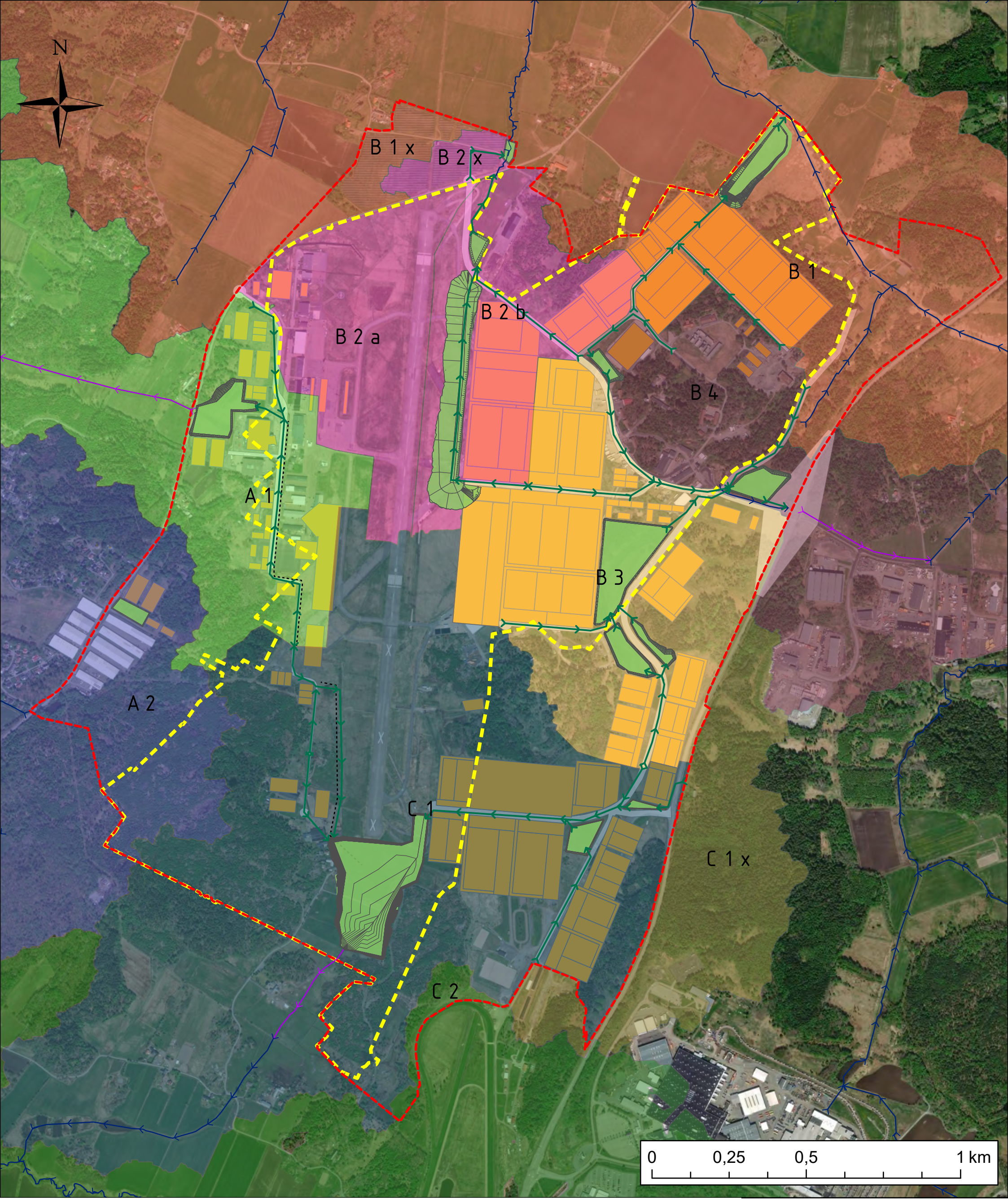
COWI
COWI AB
Skärgårdsgatan 1 010-850 10 00
Box 12076 Göteborg www.cowi.se

UPPDRAG NR	RITAD/KONSTR AV	HANDLÄGGARE
DATUM	ANSVARIG	

Höjdsättning

SKALA	NUMMER	BET
1:2000	Bilaga 5	

M-30-1-101.dwg
14.10.2003



PLANPROGRAM SÄVE
FÖRESLAGEN DAGVATTEN- OCH SKYFALLSHANTERING

- Säve planprogramområde
- Castellum område
- Ytbehov fördröjningsanläggningar
- Befintliga diken/vattendrag nedströms
- Befintlig kulvertering nedströms
- Framtida dagvattenledningar

Avrinningsområden är baserad på lantmäterietshöjddata 1x1m samt planerad bebyggelse och grov höjdsättning för avledning av dagvatten och skyfall