

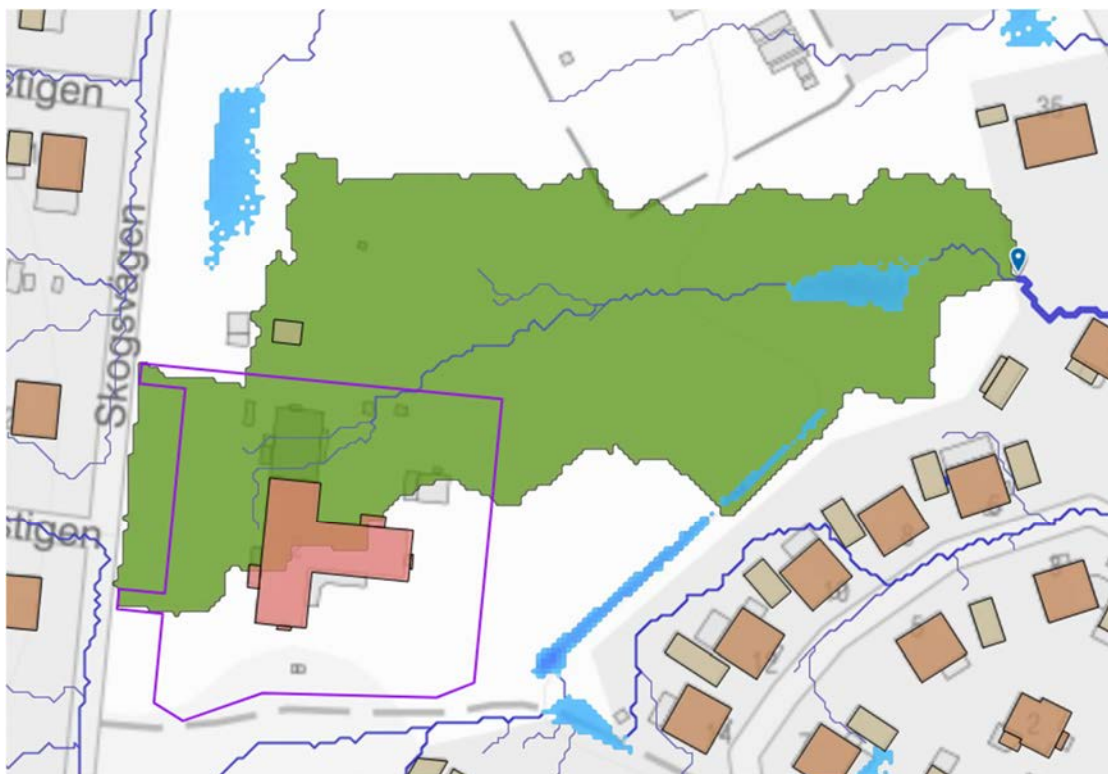
HJO KOMMUN

DAGVATTENUTREDNING

SKOGSHYDDAN - HAMMARDAL

2024-04-05

REVIDERAD 2024-05-07



wsp

DAGVATTENUTREDNING

Skogshyddan - Hammardal

Hjo kommun

KONSULT

WSP Transport & Infrastructure

Box 130 33

412 50 Göteborg

Besök: Fabrikstorget 1

Tel: +46 10-722 50 00

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

wsp.com

KONTAKTPERSONER

Matilda Åslin, matilda.aslin@hjo.se

Per Norberg, per.norberg@wsp.com

UPPDRAGSNAMN
Skogshyddan-Hammardal, Hjo

UPPDRAGSNUMMER
10365051

FÖRFATTARE
Per Norberg

DATUM
2024-04-05

ÄNDRINGSDATUM
2024-05-07

GRANSKAD AV

GODKÄND AV

INNEHÅLL

1	SAMMANFATTNING	5
2	BAKGRUND	5
3	BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN	6
3.1	ÖVERGRIPANDE BESKRIVNING	6
3.2	MARKFÖRHÅLLANDEN	7
3.3	TOPOGRAFI	8
3.4	AVRINNINGSOMRÅDEN OCH RINNVÄGAR	8
3.4.1	Delområde 1	9
3.4.2	Delområde 2	11
3.4.3	Delområde 3	12
3.4.4	Delområde 3B	13
3.4.5	Tekniska avrinningsområden	13
3.5	RECIPIENT	14
3.6	BEFINTLIG DAGVATTENHANTERING	16
3.7	INSTÄNGDA OMRÅDEN, RISK FÖR ÖVERSVÄMNING	17
3.7.1	Framkomlighet	19
4	FRAMTIDA FÖRHÅLLANDEN	20
5	FLÖDESBERÄKNINGAR	20
5.1	BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR	21
5.2	BERÄKNING AV DIMENSIONERANDE FLÖDEN	22
5.2.1	Delområde 1, Skogshyddan	22
5.2.2	Delområde 2, Älgen	23
5.2.3	Delområde 3, Almen	23
5.2.4	Delområde 4, Hammardal södra delen	24
5.2.5	Lågpunkt vid mekanisk verkstad, Hammardal norra delen	25
6	FÖRDRÖJNINGSBEHÖV	26
6.1	DELOMRÅDE 1, SKOGSHYDDAN	26
6.2	DELOMRÅDE 2, ÄLGEN	27
6.3	DELOMRÅDE 3, ALMEN	28
6.4	DELOMRÅDE 4, HAMMARDAL	28
6.4.1	Delområde 4b, Hammardal - verkstadsområdet	29
7	FÖRORENINGAR I DAGVATTEN	29
7.1	SKOGSHYDDAN	30
7.2	ÄLGEN	31
7.3	ALMEN, INKL. FRAMTIDA VÄG OCH GC	32
7.4	HAMMARDAL	33
8	FRAMTIDA KLIMAT OCH SKYFALLSPÅVERKAN	34

8.1	FÖRESLAGNA SKYFALLSÅTGÄRDER	35
8.1.1	Skogshyddan	35
8.1.2	Älgen	35
8.1.3	Almen	36
8.1.4	Hammdal	37
9	FÖRSLAG TILL DAGVATTENHANTERING	39
9.1	ÖVERGRIPANDE PRINCIPER	39
9.2	FÖRSLAG PÅ DAGVATTENHANTERING	39
9.2.1	Makadammagasin	39
9.2.2	Sedimentationsmagasin	39
9.2.3	Andra tänkbara alternativ	40
9.2.4	Förslag inom utvecklingsområdet	44
10	KONSEKVENSER AV FÖRESLAGNA ÅTGÄRDER	45
10.1	DELOMRÅDE 1 SKOGSHYDDAN	46
10.2	DELOMRÅDE 2 ÄLGEN	47
10.3	DELOMRÅDE 3 ALMEN	49
10.4	DELOMRÅDE 4 HAMMDAL	50
10.5	KONSEKVENSER AV PLANFÖRSLAGET PÅ MILJÖKVALITETSNORMERNA FÖR YTVATTEN	52
11	SLUTSATSER - DISKUSSION	52
12	REFERENSER	54
13	BILAGOR	54

1 SAMMANFATTNING

Hjo Kommun utreder förutsättningarna för utbyggnad och nybyggnation i fyra närliggande områden. Det gäller utbyggnad av en förskola vid Skogsvägen, bostäder mellan Harstigen och Falköpingsvägen, bostäder mellan Skogsvägen och Strömsdalsvägen, samt att bebygga mark för bostäder öster om Strömsdalsvägen. Planarbetet befinner sig i tidigt skede för området. I denna utredning kallas hela området, inklusive alla etapper för "utvecklingsområdet".

Syftet med denna utredning är att ta ett helhetsgrepp gällande dagvattensituationen i området för att därigenom kunna anpassa framtida utbyggnadsplaner till de förutsättningar som gäller för hantering av dagvatten och för skyfallshantering. WSP har i uppdrag att utföra en dagvattenutredning som beskriver områdets naturliga förutsättningar för dagvattenhantering. Beräknade flöden presenteras för regn med återkomsttid av 10 år.

Rapporten beaktar även flödesvägar och vattenansamlingar i händelse av skyfall, motsvarande ett 100-års regn inklusive klimatfaktor (1,25).

Lämpliga lösningar för att omhänderta dagvatten efter exploateringen beskrivs och visas med bilder och kartor.

Huvudsakliga förslag till dagvatten- och skyfallshantering är fördröjning i underjordiska anläggningar samt anläggande av skyfallsleder och avskärande diken. Till största delen föreslås att befintliga vattenvägar och befintligt ledningsnät fortsatt används. Fördröjningsanläggningarna säkerställer att nedströms ledningsnät inte överbelastas till följd av ökade dagvattenflöden. Då flera delar av utvecklingsområdet befinner sig i ett tidigt skede är det svårt att föreslå en detaljerad lösning; för tre av delområdena är förslagen därför mer av övergripande karaktär. I utredningen beskrivs emellertid flera olika anläggningstyper som kan bli aktuellt att applicera i det fortsatta arbetet med planen.

Recipient för dagvattnet är Hjoån. Föroreningsberäkningarna visar att när delområdena bebyggs kommer andelen föroreningar som följer med dagvattnet att öka något. För att inte försämra tillståndet i Hjoån krävs därmed rening av dagvattnet. Simuleringar visar att de föreslagna fördröjningsanläggningarna även bidrar till rening så att statusen i Hjoån inte försämras.

Genom det undersökta området finns s.k. skyfallsstråk. Det stråk som har störst inverkan på det undersökta området kommer från Älgstigen i väster. Här föreslås att ett lågstråk skapas som säkerställer att ny bebyggelse inte tar skada vid skyfall. Detta skyfallstråk berör befintliga fastigheter vid kvarteret Älgen, och en samordning mellan fastighetsägarna och Hjo kommun behöver komma till stånd för att kunna skapa en skyfallshantering som gynnar alla parter.

2 BAKGRUND

Dagvattenutredningen avser belysa förtätningssamverkanerna inom nuvarande obebyggda markområden utmed Harstigen, Skogsvägen samt Strömsdalsvägen inom Hjo stads västra stadsdelar, angränsande till Hjoån och naturreservatet för Hjoåns dalgång. Delar av utvecklingsområdet är beläget inom industriområdet för Hjo mekaniska, kallat Hammardal.

Inom utvecklingsområdet föreslås utbyggnad av befintlig förskola (Skogshyddan) samt tre delområden för bostadsbebyggelse. Tillsammans med framtida omvandlingsprojekt av delar av industriområdet kan mellan 150 och 200 bostäder komma att möjliggöras, huvudsakligen i form av en tät, men relativt låg flerbostadshusstruktur. Även andra bostadsformer kan bli aktuella bl.a. finns tankar om koncept med så kallade tiny house-enheter. Samtliga bebyggelseområden är belägna nära det skyfallsstråk som löper från Falköpingsvägens anslutning till väg 195 i östlig riktning mot Hjoån.

Dagvattenutredningen syftar till att studera exploateringarnas behov av dagvattenhantering, samt skydd mot översvämning, som kan komma att behöva regleras i kommande detaljplaneprojekt. Stora delar av utvecklingsområdet utgörs av befintlig grönstruktur, närmiljön innehåller även koloniträdgårdsområde, varför resultatet av dagvattenutredningen inte bara utgör underlag för omfattningen av bebyggelseområden, utan även för hur grön- och blåstrukturer lokalt bör formas och länkas samman.

3 BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN

3.1 ÖVERGRIPANDE BESKRIVNING

Staden Hjo är belägen i en sluttning mot sjön Vättern och utvecklingsområdet sluttar mot Vättern och Hjoån. Ytstorlek på det område som utgör utvecklingsområdet är ca 6,7 hektar. Nuvarande storlek på fastigheten Skogshyddan 1 är 0,43 hektar.



Figur 1 Översiktskarta över områdets lokalisering. Svart markering anger nuvarande fastighetsgränser för Skogshyddan 1. Bildkälla: Hitta.se, Scalgo Live.

Området är beläget ca 1 km väster om Stora torget i Hjo, och norr om Falköpingsvägen. Markanvändningen utgörs till stor del av gräsytor/ öppen mark med lokala inslag av skogsmark samt en förskola vid Skogsvägen och befintliga bostadskvarter vid Bokgatan.

Planprocessen gällande förskolan Skogshyddan befinner sig inför samgranskningsskedet. Planläggningen gällande övriga ytor befinner sig i tidigare skede. Området utreds gällande dagvattensituationen för att få ett helhetsgrepp om förhållanden gällande "normal" dagvattenhantering samt hur området drabbas vid extrem nederbörd i storleksordningen 100-årsregn inklusive klimatfaktor.

Industriområdet "Hjo mekaniska" innehåller idag ett flertal verksamheter, bland annat lager och småindustri, men ingen tung eller kraftigt störande industri. I ett långt tidsperspektiv kan området komma att omvandlas till ett kombinerat verksamhets- och bostadsområde.

3.2 MARKFÖRHÅLLANDEN

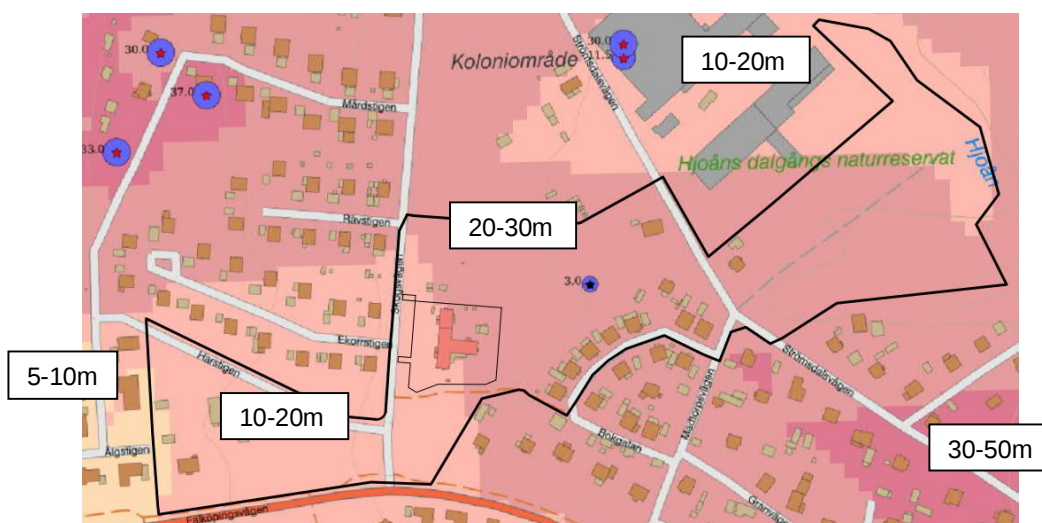
Större delen av utvecklingsområdet har morän som jordart. Öster om Skogshyddan 1 finns det områden med postglacial sand, se figur 2. På basis av detta gör SGU bedömningen att det råder medelhög genomsläpplighet i områden med morän och hög genomsläpplighet i områden med postglacial sand.

Jorddjup till fast berg varierar från 5-10 meter i den västligaste delen ned till 20-30 meter i den centrala och östra delen, se figur 3.

Inga uppgifter om grundvattennivåer för utvecklingsområdet har erhållits.



Figur 2. Jordarter enligt SGU:s jordartskarta. Brunt område: Postglacial sand, Blått område: Morän. Bildkälla: Scalgo Live.

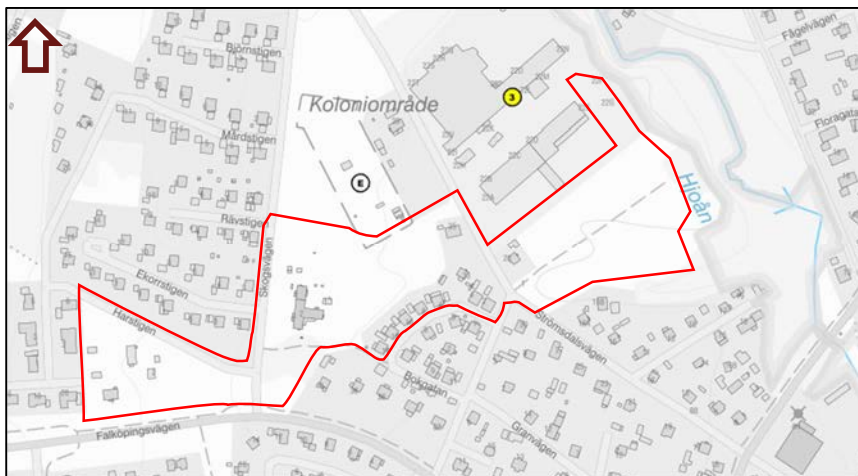


Figur 3. Jorddjupskarta SGU.

Enligt Länsstyrelsens EBH-karta innehåller utvecklingsområdet inga potentiellt förorenade områden. *Måttlig risk* för föroreningar finns i verkstadsområdet norr om området och *ej klassad risk* för föroreningar finns i koloniområdet norr om det aktuella området, se figur 4.

En miljöteknisk markundersökning har utförts för fastigheten Söder 3:43 (centralt i undersökningsområdet) i september 2021 (*Relement Miljö Väst AB*). Syftet med undersökningen var att klargöra om fastigheten har kontaminerats av tidigare verksamhet (Handelsträdgård). Resultaten från undersökningen visar på lätt förhöjda halter av några metaller och bekämpningsmedel i yttlig mulljord där det tidigare fanns växthus. Påvisade föroreningar innebär ingen oacceptabel risk vid nuvarande

markanvändning. Vid eventuella framtida markarbeten i området så bör yttlig mulljord i områdets centrala tidigare bebyggda del separeras från resterande massor.



Figur 4. EBH-kartan, Länsstyrelsen. Ungefärliga områdesgränser i rött.

3.3 TOPOGRAFI

Det höjdsystem som används i detta PM är RH2000. Hela utvecklingsområdet slutar generellt från västlig till öst-nordöstlig riktning, mot Hjoån. Områdets högst belägna delar finns i väst, vid Harstigen där markhöjden ligger på nivån ca +118,5 m ö h. I de lägsta partierna närmast Hjoån är markhöjden ca +93 m ö h.

Det finns även diken i anslutning till vissa vägar och ett större dike som leder ned till Hjoån från öster om Strömsdalsvägen i den östra delen.

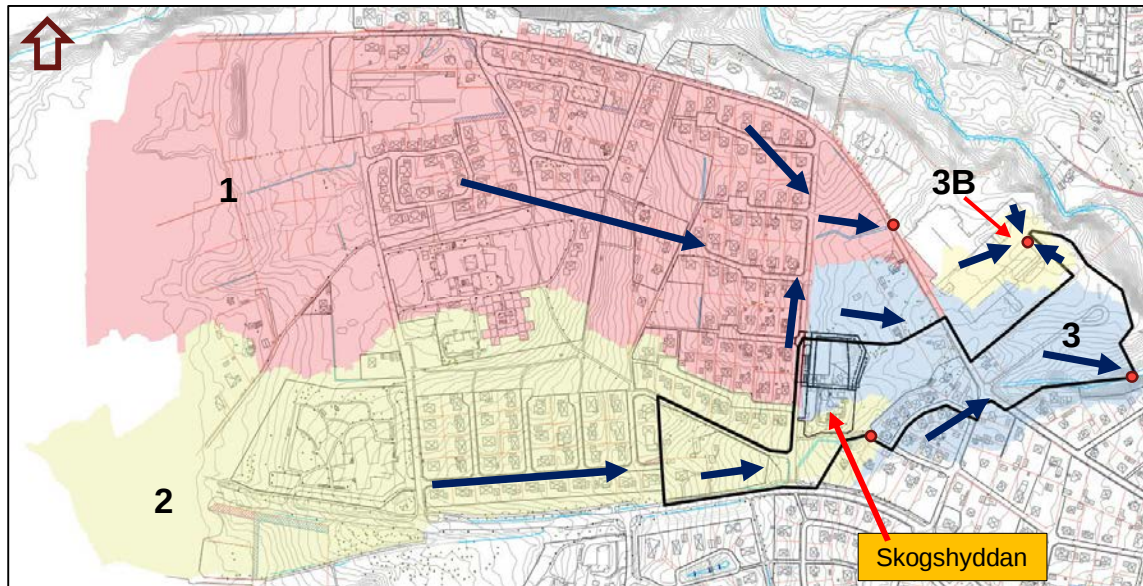
3.4 AVRINNINGSSOMRÅDEN OCH RINNVÄGAR

När avrinningsområden definieras gör man med fördel skillnad på topografiska och tekniska avrinningsområden. De topografiska avrinningsområdena baseras på markens lutning medan de tekniska avgörs av lutning mot dagvattenbrunnar kopplade till ledningsnät. Normalt anger man att i ett topografiskt avrinningsområde sker *avrinning*, medan i ett tekniskt avrinningsområde sker *avledning* av dagvatten.

För att få en uppfattning om hur avrinningen i området ser ut har den webbaserade mjukvaran Scalgo Live använts. Avrinningsområden och lågpunkter som skapas i Scalgo baseras på Lantmäteriets höjddata med 1*1 meters noggrannhet. I Scalgo kan därmed mindre höjdskillnader, typ kantsten (som kan påverka rinnvägarna) missas. I Scalgo kan ett *schablonmässigt avdrag* för infiltration och ledningsnät göras; detta har använts och det som framgår av figurer hämtade från Scalgo i detta PM samt bilaga 3 är de topografiska avrinningsområdena *med* schablonmässigt avdrag för ledningsnät och infiltration.

Flödet inom utvecklingsområdet sker i huvudsakligen i tre delavrinningsområden enligt figur 5. Område 2 och 3 samt en del av område 1 leds samman i delområde 3. För delavrinningsområde 1 har en beräkningspunkt satts vid den punkt där flödet når fram till Strömsdalsvägen. För avrinningsområde 2 har en beräkningspunkt satts vid Bokgatan, och för avrinningsområde 3 har beräkningspunkt satts där flödet lämnar undersökningsområdet i öster, vid det dike som sedan ansluter till Hjoån. I delområde 3B sker avrinning mot en lågpunkt i verkstadsområdet. När lågpunkten går full fortsätter avrinningen mot Hjoån. Eftersom vatten från del av delområde 1 och från delområde 2 rinner via delområde 3 ingår således delområde 1 och 2 i avrinningsområde 3. Uppdelning har gjorts för att undersöka hur

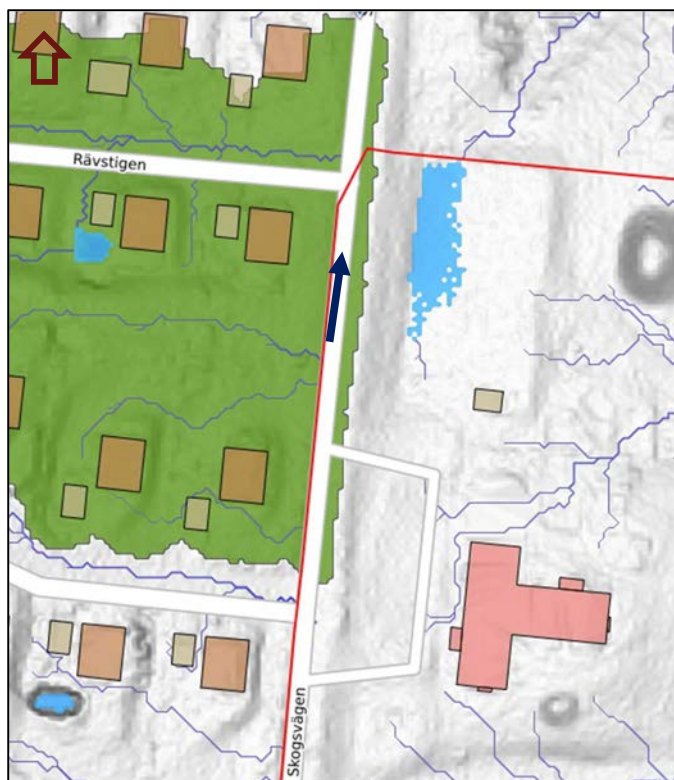
avrinningen till förskolan Skogshyddan fördelas samt för att undersöka hur stor del av uppströms avrinning som berör Bokgatan.



Figur 5. Avrinningsområden som berör utvecklingsområdet. Huvudsakliga rinnvägar med blå pilar. Ljusblå linjer visar diken/åar. Röda punkter är beräkningspunkter.

3.4.1 Delområde 1

Av figur 5 framgår att Skogsvägen delvis fungerar som en barriär för avrinningen västerifrån. När flöden i avrinningsområde 1 når ned till Skogsvägen följer vattnet Skogsvägen norrut innan det fortsatt avleds österut via ett dike. Om flödet maximeras i Scalgo kvarstår denna vattendelare, se även figur 6 och 7.



Figur 6. Vattendelare vid Skogsvägen. Del som avrinner norrut. Bildkälla: Scalgo Live



Figur 7. Vattendelare vid Skogsvägen. Del som avrinner mot Bokgatan i öster. Bildkälla: Scalgo Live.

Vid platsbesök i januari 2024 görs bedömningen att denna vattendelare visas korrekt i Scalgo. Skogsvägen har en tvärgående lutning som innebär att vägens lägsta nivå ligger på vägens västra sida. De rännstensbrunnar som finns längs Skogsvägen är således placerade på västra sidan. När vatten från delområde 1 har runnit ca 200 m norrut längs Skogsvägen når det ett dike som ligger i låglinje mellan Skogsvägen och Strömsdalsvägen. Diket mynnar sedan i ett inlopp till ledning, dimension 600 mm under Strömsdalsvägen, se figur 8. Utlopp från ledning sker ca 115 m norrut i erosionsskyddad slänt mot Hjoån. Det ytavrinnande dagvatten som *inte* leds via dike och utloppsledning (bidragande, ca 4 ha) följer Strömsdalsvägen i sydostlig riktning och vattnet rinner in i utvecklingsområdet norr om korsningen Madtorpsvägen-Strömsdalsvägen (delområde 3). Storleken på delområde 1 uppgår till ca 36 hektar och utgörs ungefär till hälften av bebyggda tomter. Utöver ovanstående beskrivning har delavrinningsområde 1 inte närmare utretts i detta PM.



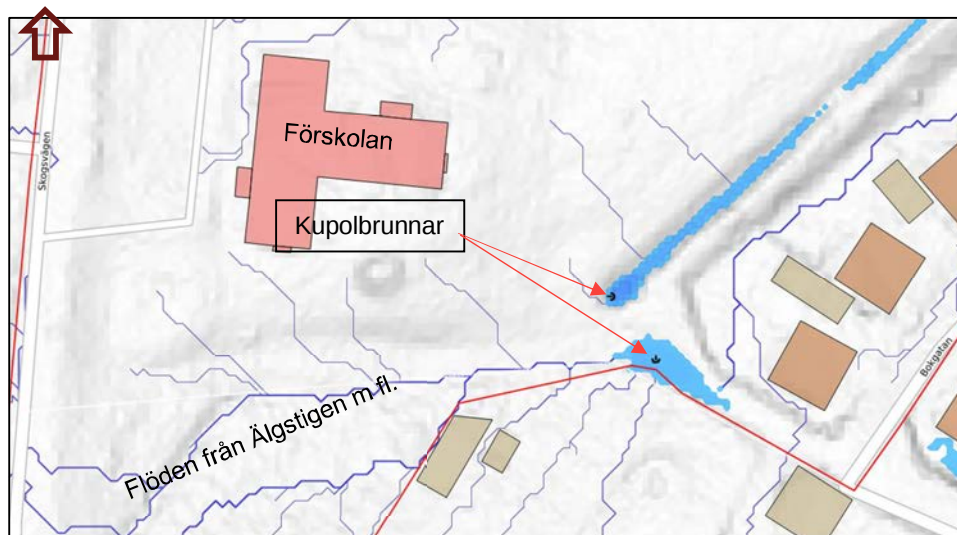
Figur 8. inlopp till dagvattenledning från delområde 1. I bakgrunden Strömsdalsvägen och Hjo mekaniska verkstad.

3.4.2 Delområde 2

Från delområdets östligaste del (längst nedströms) ser dagvattenhanteringen ut enligt följande: Vid bebyggda tomter väster om Bokgatan och öster om förskolan har ett avskärande dike skapats, se figur 9 och 10. De flöden som når diket samlas upp där och när diket går fullt antas avledning ske via två större kupolbrunnar som noterades vid platsbesök. Det ledningsnät som kupolbrunnarna är anslutet till är betongledning som i denna del har dimensionen 800 mm.

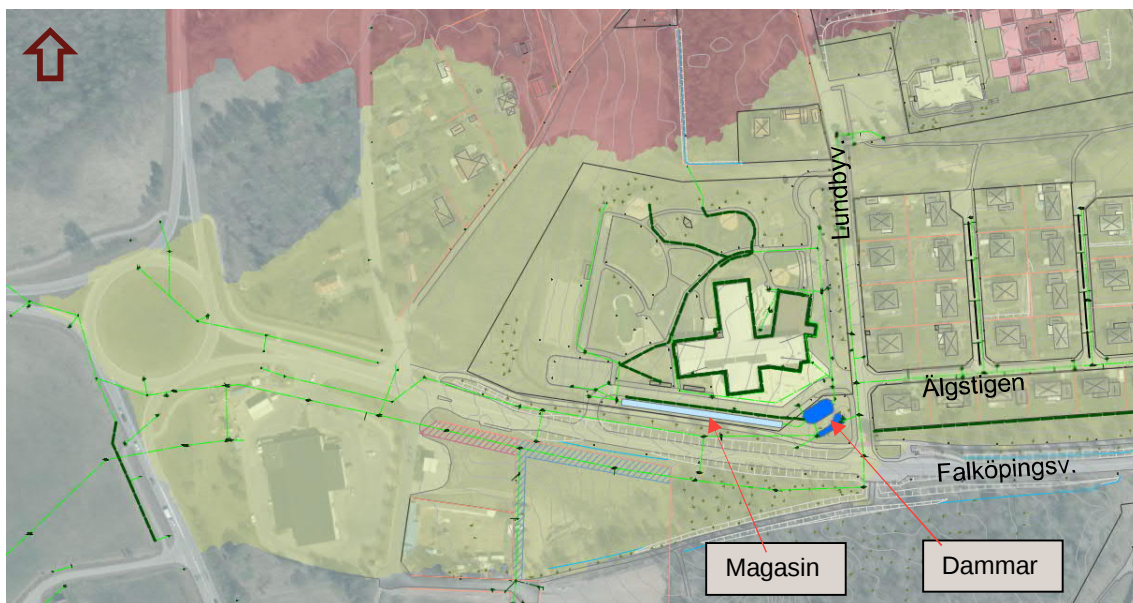


Figur 9. Dike nordväst om fastigheter vid Bokgatan, samt kupolbrunn i sydvästra delen av diket.



Figur 10. Rinnvägar och diken vid Bokgatan, öster om förskolan. Bildkälla: Scalgo Live. Svarta markeringar visar kupolbrunnar.

Från närområdet är det således dagvatten från en del av förskoletomten som når diken och kupolbrunnar vid Bokgatan. Den största tillrinnande ytan till dessa två kupolbrunnar sker från Ekorstigen, Harstigen och Älgstigen som ligger väster om Skogsvägen, se delområde 2, figur 5. Vatten samlas till största delen upp via ledningsnät och brunnar, men vatten rinner även yttledes. Delområde 2 är ca 22,3 hektar till storleken och avgränsas i väster av cirkulationsplatsen vid väg 195, se även figur 11. Inom delområdet finns bl a två fördröjningsanläggningar (magasin och dammar) i hörnet Lundbyvägen-Falköpingsvägen, se figur 11. I Scalgo Live finns dammarna inlagda, och de visas som skålade fördjupningar. Dessa uppges i Scalgo vara 1 respektive 1,3 meter djupa. Om dammarna skulle bräddas sker avrinningen över Lundbyvägen och längs Älgstigen.



Figur 11. Västra delen av delområde 2 med magasin och dammar i hörnet Lundbyvägen-Falköpingsvägen. I figuren syns även ledningsnät för dagvatten.

3.4.3 Delområde 3

I västra delen av delområde 3 sker avrinning från Skogsvägens östra vägslänt och ungefär halva tomten där förskolan ligger, se figur 5. Delområdet uppgår till drygt 7,8 hektar. Avrinning sker mot det större dike som går i östlig riktning, från korsningen Strömsdalsvägen-Madtorpsvägen, ned mot Hjoån, se figur 12. Eftersom intilliggande ledningsnät har utlopp i samma dike är diket således huvudväg för både ytavrinnande dagvatten och vatten som kommer via avledning från den del av det kommunala ledningsnätet som berör utvecklingsområdet (ledningsnät i en mindre del av delområde 1 och i delområde 2).



Figur 12. Utlopp från ledningsnät till dike vid Madtorpsvägen.

Avrinning i delområde 3 sker från ett 20-tal bebyggda fastigheter, varav 10 av dessa ligger inom utvecklingsområdet. Från delområde 1 bidrar avrinning från ca 4 hektar och utgörs av de flöden som inte når diket och utloppsledning för delområde 1. Från delområde 2 bidrar hela flödet där delflöden fångats upp i ledningsnätet för dagvatten vid Bokgatan. Utloppet från Bokgatans ledningsnät sker till detta dike och syns i figur 12.

3.4.4 Delområde 3B

I den del av utvecklingsområdet som ligger öster om verkstadsområdet är marken förhållandevis plan. Det finns emellertid en mindre lågpunkt vid en av byggnaderna, och den totala bidragande arean uppgår till 1,22 hektar, se figur 13. Från utvecklingsområdet bidrar ca 0,12 hektar yta till lågpunkten. Enligt muntlig uppgift finns brunnar och ledningsnät för dagvatten i fabriksområdet; detta har förbättrats efter tidigare översvåmningsproblem.

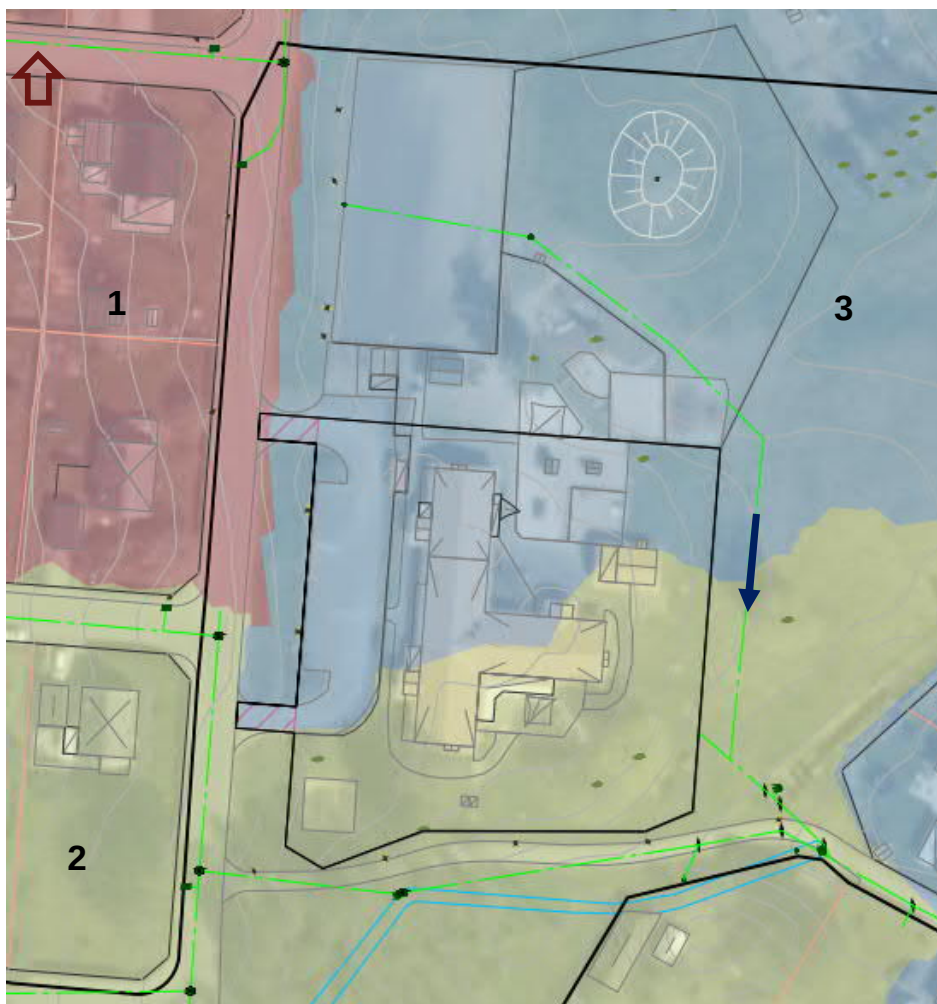


Figur 13. Lågpunkt i verkstadsområdet, och bidragande yta (grönt) till denna. Röd linje utgör utvecklingsområdets gränser.

3.4.5 Tekniska avrinningsområden

De tekniska delavrinningsområdena bedöms i stort sett motsvara de topografiska. Norr om Skogshyddan 1 (grusyta) finns ett ledningsstråk där avledningen sker från delområde 3 till delområde 2, se figur 14. Vid platsbesök kunde ingen kupol- eller gallerbrunn lokaliseras i grusytan på grund av snö. Enligt uppgift har det funnits en barackbyggnad på platsen som i så fall har avvattnats mot Bokgatan. Inlopp till denna dagvattenledning kan därmed vara pluggat. I figur 14 kan man se att ledningsnät från Harstigen (samt Älgstigen) och Ekorrstigen går söder om förskolan och ned mot Bokvägen.

Uppströms i delavrinningsområdena har inte eventuella skillnader mellan tekniska och topografiska avrinningsområdena utretts närmare.



Figur 14. Avrinningsområden och befintligt ledningsnät för dagvatten kring förskolan Skogshyddan.

3.5 RECIPIENT

Recipient för dagvattnet från hela utvecklingsområdet är Hjoån. Vattendraget är 4 km långt och rinner från Mullsjön till Vättern. Status avseende Hjoån har hämtats från databasen VISS (VattenInformationsSystem Sverige) I VISS finns klassningar och kartor över alla Sveriges större sjöar, vattendrag, grundvatten och kustvatten.

Hjoåns ekologiska status är klassad som *Måttlig* och kemisk status *Uppnår ej god*. Utslagsgivande för ekologisk status är att Hjoån utsätts för näringsämnen och vattenförekomsten är därmed övergödd. Bedömningen av övergödningspåverkan är dock något osäker. Jordbruk, urban markanvändning och enskilda avlopp bedöms vara källan till höjda fosforhalter. Status för fisk bedöms som god i VISS. Avseende ekologisk status anges även att svämplanens strukturer och funktion är dålig, då dessa till stor del utgörs av anlagda ytor och/eller aktivt brukad mark (jordbruk, skogsbruk mm).

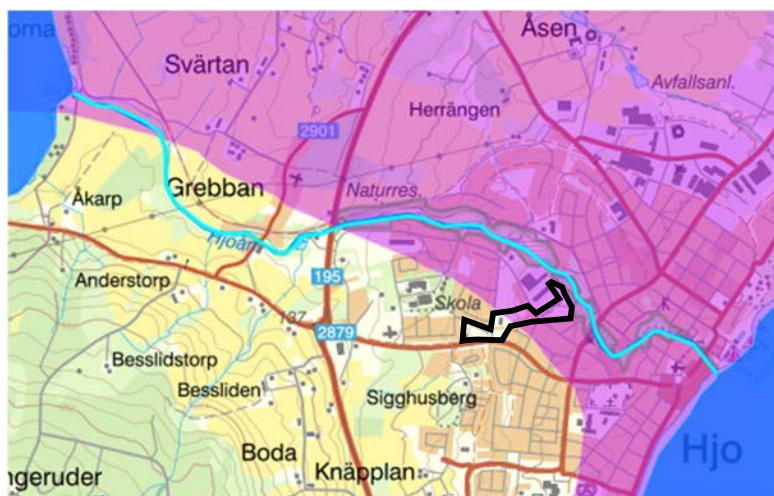
Utslagsgivande avseende kemisk status är baserat på gränsvärdena för kvicksilver (Hg) och bromerade difenyletrar (PBDE). Gränsvärdena för dessa två ämnen överskrider i Sveriges alla vattenförekomster, och utsläpp av ämnena har under lång tid skett i både Sverige och utomlands vilket lett till långväga luftburen spridning och storskalig atmosfärisk deposition av dessa ämnen. I VISS görs undantag för kravet att minska koncentrationerna från dessa två ämnen, då det påpekas att det saknas förutsättningar att åtgärda ämnena. Spridning har skett under lång tid samt via atmosfärisk deposition. Lokala

påverkanskällor som bidrar till dålig status för dessa två ämnen ska dock åtgärdas oavsett det mindre stränga kravet som härrör från atmosfärisk deposition.

Beslutade kvalitetskrav för Hjoån är *God ekologisk status* (senast 2027) och *God kemisk ytvattenstatus*.



Figur 15. Hjoån i januari 2024.



Figur 16. Hjoåns sträckning från Mulsjön till Vättern. Ungefärliga gränser för utvecklingsområdet i svart. Violettmärkad yta anger grundvattenförekomsten Karlsborg- S Fågelås. Bildkälla: VISS.

På Naturvårdsverkets hemsida [//skyddadnatur.naturvardsverket.se/](https://skyddadnatur.naturvardsverket.se/) framgår det att Hjoåns dalgång är ett naturreservat och område skyddat under Art- och habitatdirektivet (Natura 2000), se figur 17. Dalgången är även ett vattenskyddsområde. Ån utgör ett mycket viktigt lek- och uppväxtområde för bl a Vätterns öring, harr och flodnejonögon. Tidigare vandringshinder och föroreningskällor har under de senaste 30-tal åren byggts bort.

För utvecklingsområdet är det därmed prioriterat att den exploatering som görs inte innebär en försämring av ekologisk och kemisk status i Hjoån.



Figur 17. Illustration från Naturvårdsverket. Tunn blå skrafferad yta anger vattenskyddsområde, grönt och tjockare blå skrafferad yta anges som Naturreservat och skydd enligt Art- och habitatdirektivet. Bildkälla: <https://skyddadnatur.naturvardsverket.se/>

3.6 BEFINTLIG DAGVATTENHANTERING

Längs vägar och i bebyggda delar av utvecklingsområdet finns kommunalt ledningsnät för dagvatten. Förekomst av privata ledningar, dränering och stenkistor inne på kvartersmark är okänd. De två huvudutloppen sker mot Hjoån norr respektive söder om verkstadsområdet vid Strömsdalsvägen 22. Från delområde 1 finns minst ytterligare två utlopp mot Hjoån längre uppströms.

I delområde 2 finns ledningsnät från väster om drivmedelstationen vid väg 195 och merparten av dagvattnet hanteras via en större huvudledning (betong 600 mm) som följer Älgstigen. Dammarna väster om Älgstigen har utlopp till detta ledningsstråk. Ledningen går in vid utvecklingsområdets västra del, korsar en privat fastighet, samt korsar Skogsvägen söder om förskolan. Vid förskolan går dimensionen upp till 800 mm. Denna ledning följer sedan Bokgatan och går vidare längs Madtorpsvägen fram till Strömsdalsvägen. Utlopp till dike sker strax öster om denna korsning, se figur 12. Huvudledningar från Älgstigen, Harstigen och Ekorstigen går via Bokgatans ledningsnät, söder om förskolan.

Enligt VA-underlag har villatomter en dimension på 150 mm på sina servisledningar för dagvatten vilka ansluter till huvudledningarna.

Vid platsbesök noterades en kupolbrunn, belägen i naturmarksyta, ca 80 meter nordost om förskolan, se figur 23. Enligt ledningsunderlag är denna brunn kopplad till ledningsnät i Strömsdalsvägen som har utlopp till diket vid korsningen Madtorpsvägen-Strömsdalsvägen.

Eftersom huvudledningen längs Älgstigen i stort sammanfaller med bidragande ytor i delavrinningsområde 2 är det av intresse att göra en bedömning av denna lednings kapacitet. För att kontrollera detta har Colebrooks diagram använts. Inget beaktande av eventuella kapacitetsförluster i brunnar har beaktats.

Sträckan längs hela Älgstigen är ca 280 meter lång, och ledningen (i betong) har dimension 600 mm och lutar i genomsnitt knappt 19 promille. Enligt Colebrooks diagram uppnås därvid en kapacitet på knappt 860 l/s längs Älgstigen sträckning. Där Älgstigen slutar i öster har en befintlig gallerbrunn utökats för att kunna svälja det ytavrinnande vattnet som kommer västerifrån, se figur 18.



Figur 18. Älgstigens slut i öster och större uppsamlingsbrunn.

Det dagvatten som inte når brunnar och ledningsnät i östra delen av delområde 3 avrinner diffust över naturmarken mot diket (figur 19).

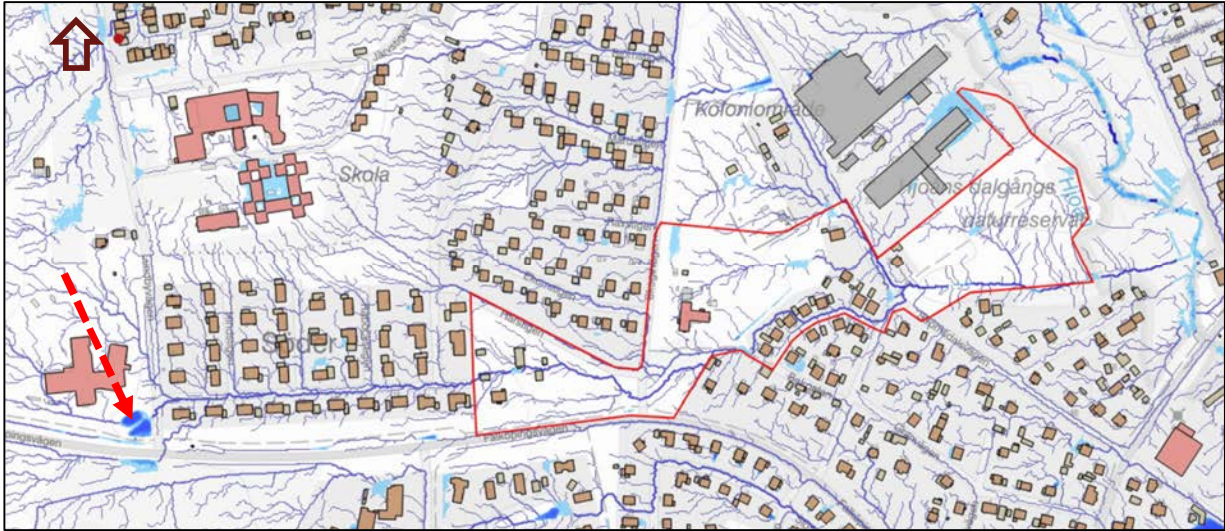
3.7 INSTÄNGDA OMRÅDEN, RISK FÖR ÖVERSVÄMNING

En skyfallsanalys har utförts i Scalgo Live, se figur 19. Analysen, som gör ett schablonmässigt avdrag för ledningsnät och infiltration, visar att undersökningsområdet, i dagsläget, är relativt förskonat från instängda områden som riskerar att svämmas över. Värt att notera är att Älgstigen fungerar som en skyfallsled; skyfallsflöden rinner in till utvecklingsområdet västerifrån. Den fastighet som ligger i slutet av Älgstigen, längst i öster, (Älgen 3) har enligt muntliga uppgifter en historik med återkommande översvämningsproblem. Som nämnts tidigare finns det även två mindre dammar väster om Älgstigen.

I Scalgo läggs simulerad nederbörd på i form av millimeter. Eftersom Scalgo inte har någon tidsfaktor kan man betrakta nederbördssimuleringar i Scalgo som extremt kortvariga och med mycket hög intensitet. Denna typ av regn inträffar i regel sommartid när luftlagren är uppvärmda och fukt ansamlas i de högre luftlagren. Ofta i samband med en kallfront faller nederbörden sedan tvärt till marken. Dessa regn kan således ofta uppstå efter en torrperiod och värmebölja. I följande beskrivningar av kopplingen mellan antal mm och återkomsttider har en klimatfaktor på 1,25 inkluderats. Att räkna med klimatfaktor innebär att beräkningen tar höjd för framtida klimat där intensiteten på regnen ökar. Ett vedertaget sätt att beräkna nederbörd är den sk rationella metoden. Metoden bygger på att regn faller i block och där medelvärden av regnets intensitet under studerat tidsförlopp används. För att omvandla antal millimeter nederbörd till återkomsttider enligt blockregnsprincipen görs följande koppling:

- 50 millimeter nederbörd som faller inom 10 minuter motsvarar ett klimatanpassat regn med 250 års återkomsttid.
- 50 millimeter nederbörd som faller inom 20 minuter motsvarar något mer än ett klimatanpassat 100-årsregn.
- 36,6 mm nederbörd som faller inom 10 minuter motsvarar ett klimatanpassat 100-årsregn.

Mot bakgrund av detta har ett 50 mm regn studerats i Scalgo. Noteras bör att i Scalgo visas rinnvägar men rinnvägens *utbredning* kan vara större än vad som visas.



Figur 19. Nederbördssimulering i Scalgo Live där 50 mm regn simulerats. Streckad pil anger dammars lägen väster om Älgstigen.

Dammarna väster om Älgstigen uppges i Scalgo vara 1 respektive 1,3 meter djupa. Dessa syns som två blå fläckar i figur 19. När nederbörd appliceras anges (i Scalgosimulering) att bräddning från dammarna sker vid 10 mm nederbörd om inget avdrag för ledningsnät görs; om schablonavdrag görs sker bräddning vid ca 35 mm nederbörd.

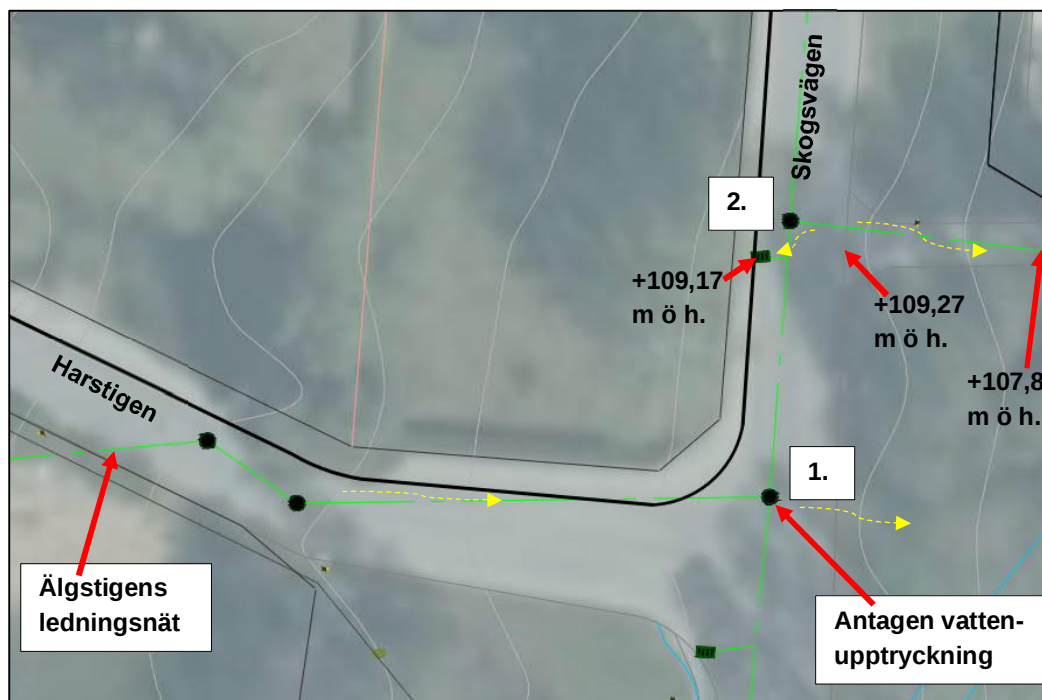
Lågzonen vid verkstadsområdet är den yta där en större mängd vatten breder ut sig. Enligt Scalgo kan en vattennivå på 38 cm uppstå innan lågpunkten börjar avtappas mot Hjoån. Enligt uppgift finns ledningsnät och brunnar i verkstadsområdet; lägen och dimensioner är dock okända. Enligt VA-underlag finns en dagvattenservis i verkstadsområdet som ansluter till ledningsnät i Strömsdalsvägen, och enligt muntlig information avvattnas del av verkstadsområdet direkt mot Hjoån.

Hjo kommun har låtit konsultföretaget Ramböll utföra en översvämningsanalys för hela staden. Analysen utfördes i juni 2023. Simuleringen är ett stöd till kommunens vattentjänstplan och är utförd i programvaran MIKE+. Hela tätorten är simulerad och vägtrummor/kulvertar kopplade till vattendrag är beaktade, dock finns inte övrigt ledningsnät för dagvatten med i simuleringen. Den höjddata som använts har upplösningen 2*2 m (att jämföra med Scalgo-data i detta PM där upplösningen är 1*1 m). Simulerad nederbörd är ett sk CDS-regn; ett 100-årsregn i 6 timmar. Ett schablonavdrag har gjorts för hårdgjorda ytor där det bedöms att ett ledningsnät kan hantera flödet initialt. För det aktuella området visar analysen följande:

- Ytledes flöde längs Älgstigen är betydande. Ca 1 m³/sekund. Här kan det antas att ledningsnät längs Älgstigen *inte* finns med i simuleringen utan bara som ett schablonmässigt avdrag avseende flöde.
- Vattendjupet vid Bokgatan uppgår till ca 1 m. Här kan det noteras att de två kupolbrunnar som avvattnar diket sannolikt inte finns med i Rambölls underlagsdata. Vid ett skyfall finns det emellertid stor risk att grenar och annan bråte som följer med skyfallsflödena riskerar att sätta igen dagvattenbrunnar och kupolbrunnar, helt eller delvis. För detta område är det viktigt att kupolbrunnarna inte sätts igen för att ledningsnätet ska kunna svälja delar av flödena vid extremnederbörd.
- Diket söder om området utgör huvudavvattningsväg och flödet vid simulerad nederbörd överstiger 1 m³/s.

3.7.1 Framkomlighet

VA-enheten i Hjo kommun har via egna iakttagelser noterat hur ett eller flera brunnslöck vid Skogsvägen lyfts upp vid ett tillfälle. Detta har skett i samband med kraftigt skyfall, och det antas ha inträffat vid någon av brunnarna där det sker kraftig riktningsförändring på ledningsnätet som kommer från Älgstigen, se figur 20.



Figur 20. Del av ledningsnät från Älgstigen, via Skogsvägen och vidare mot Bokgatan. Gula streckade pilar visar flödesriktning. Markhöjder (m ö h) visas vid tre punkter.

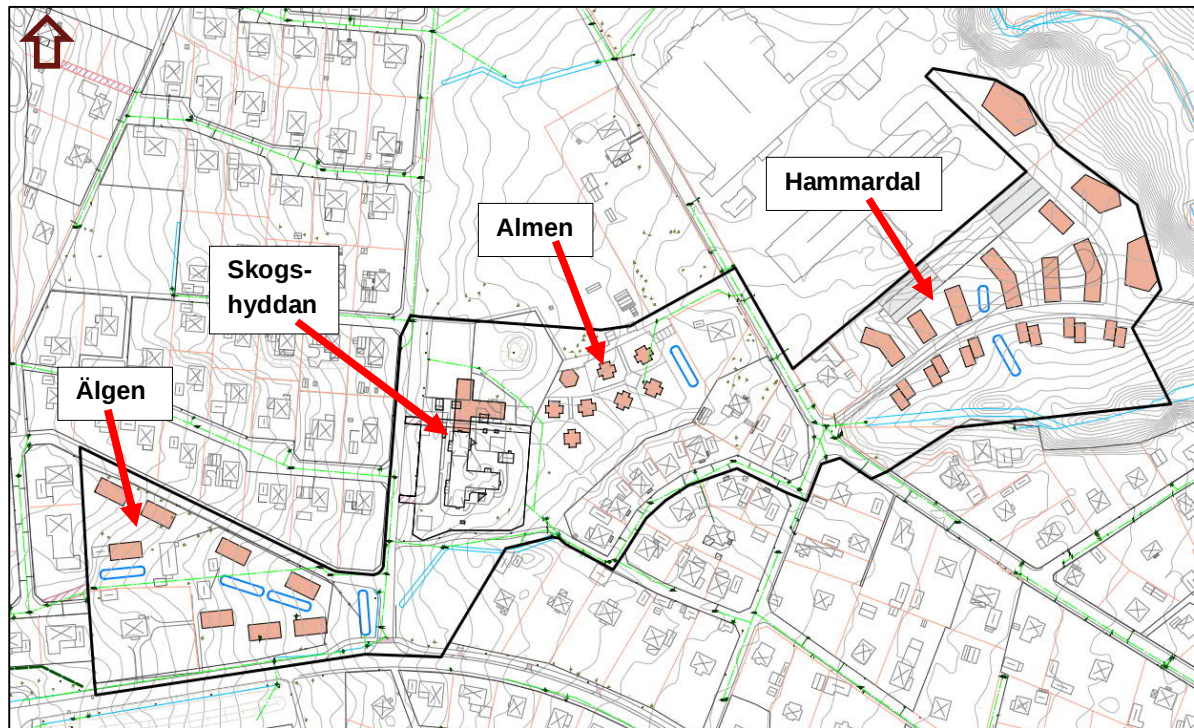
Enligt tillgänglig höjddata kommer upptryckande vatten från brunn 1 att fortsätta österut och ner över gräsyrtorna (gul pil i figur 20). Om vatten trycks upp vid brunn 2 kommer det att ställa sig mot den dagvattenbrunn som ligger närmast brunn 2, på Skogsvägens västra sida. Om denna gallerbrunn är blockerad eller har uppnått max kapacitet kan vatten bli stående vid västra sidan av Skogsvägen. Brunnarnas lockhöjder och vägkanter är inte inmätta, men tillgänglig höjddata visar att höjden vid gallerbrunnen är +109,17 m ö h och vid väggkant där GC-banan börjar är höjden +109,27 m ö h. Vattendjupet kommer därmed att uppgå till ca 10 cm innan det börjar brädda österut mot GC-banan och gräsyrtorna öster därom.

Höjdskillnaden mellan västra och östra väggkanten ligger generellt mellan ca 5 och ca 10 cm längs hela den del av Skogsvägen som finns inom utvecklingsområdet. Detta innebär att de vattenansamlingar som skulle kunna bli stående vid Skogsvägens västra sida inte blir djupare än ca 10 cm. Snarare visar höjddatan att det vatten som kommer västerifrån rinner av i nordlig respektive sydlig riktning längs Skogsvägen.

Baserat på tillgänglig höjddata bedöms att risken för problem med framkomlighet vid skyfall anses som låga i denna del av utvecklingsområdet. För att utföra en mer noggrann analys av de förväntade vattendjupen behöver väggkanter, intilliggande mark och lockhöjder på brunnar mätas in specifikt.

4 FRAMTIDA FÖRHÅLLANDEN

Det aktuella exploateringsförslaget som framgår av figur 21 är en sammanfogning av utkast till plankarta för Skogshyddan 1 samt ett mycket tidigt förslag som avser övriga delar av utvecklingsområdet. Den bebyggelse som föreslås utgörs, fränsett tillbyggnad av förskola uteslutande av bostäder av typ såsom mindre flerbostadshus samt egna bostäder för småhushåll, eventuellt s k tiny houses. Både de föreslagna bostädernas och vägarnas lägen är mycket osäkra.

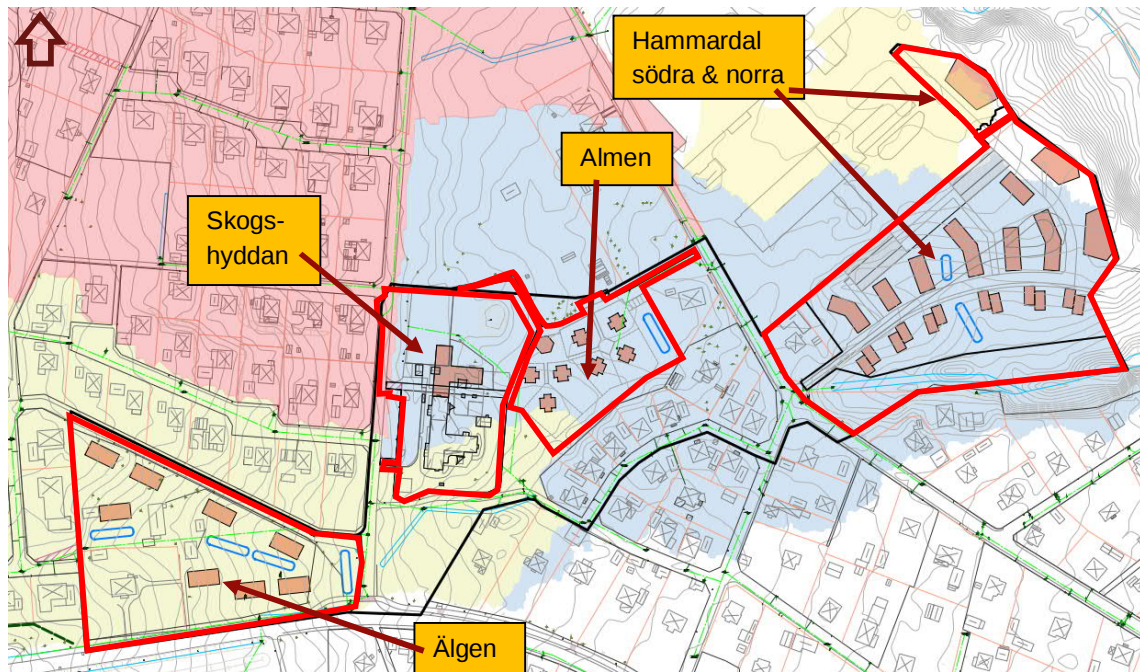


Figur 21 Tidigt förslag på framtida exploatering. Blå ovala symboler är möjliga ytor för dagvattenhantering. Gröna linjer visar befintligt ledningsnät för dagvatten. Utformningen för Skogshyddan är något ändrad.

Denna rapport är ett av de dokument som ska ligga till grund för arbetet med fortsatt utformning av planen. För området kring Skogshyddan 1 har beräkningar utförts mer detaljerat medan övriga delar av utvecklingsområdet beräknats översiktligt.

5 FLÖDESBERÄKNINGAR

För att beräkna befintliga och framtida flöden har området delats in i 4 delar, se figur 22. I delområde Skogshyddan har en noggrannare kartering utförts p g a att detaljgraden avseende föreslagen bebyggelse i övriga områden är lägre. Detta innebär att beräkningar gällande bidragande ytor blir mer översiktlig.



Figur 22. Områdesindelning för flödes- och föroreningsberäkningar.

5.1 BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR

För att beräkna dagvattenflödet från utvecklingsområdet före och efter exploatering enligt föreslagna grovskisser till detaljplan och framtida exploatering har dagvattenflödet beräknats enligt Dahlström (2010)¹ rationella metoden:

$$Q_{dim} = i(t_r) * A * \varphi * k_f$$

där:

Q_{dim} = Dimensionerande dagvattenflöde (l/s)

$i(t_r)$ = Dimensionerande nederbördsintensitet (l/s, ha)

t_r = Regnets varaktighet (min)

A = Area (m², ha)

φ = Avrinningskoefficient (-)

k_f = Klimatfaktor (1,25)

För nederbörd med en återkomsttid av 10 år och med en varaktighet på 10 minuter är den dimensionerande nederbördsintensiteten $i(t_r)$ enligt Dahlström (2010) 228 l/s* ha exklusive klimatkfaktor. Med klimatkfaktor inkluderat blir intensiteten 285 l/s*ha. Om rinntiden uppgår till mer än tio

¹Dahlström (2010) enligt *Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem, Publikation P104, Svenskt Vatten 2011.*

minuter minskar regnintensiteten gradvis var tionde minut enligt principen för blockregn som är en del av beräkningsmetodikerna i rationella metoden.

Avrinningskoefficienterna är beräknade enligt riktlinjer i *Publikation P110, Svenskt Vatten 2016*

Vid en sammanvägning av avrinningskoefficienterna beräknas värdet enligt principen:

$$\varphi = (A_1 * \varphi_1 + A_2 * \varphi_2 + \dots + A_n * \varphi_n) / (A_1 + A_2 + \dots + A_n)$$

Valda avrinningskoefficienter visas i tabell 1. Summan av de sammanvägda avrinningskoefficienterna multiplicerat med arean ger reducerad area. Reducerad area innebär arean för den faktiska avrinnande ytan.

Tabell 1. Markanvändning och dess avrinningskoefficient.

Typ av yta	Avrinningskoefficient
Tak	0,9
Hårdgjord yta (asfalterad väg/gc-bana, parkering)	0,8
Marksten	0,7
Skolorråde, Flerbostadsområde	0,5
Lekytter (Förskola)	0,4
Grusväg/grusyta	0,3
Befintliga bebyggda fastigheter (villatomt)	0,25
Naturmark/skogsmark	0,1

Då denna utredning görs i ett tidigt skede beräknas framtida flöde enligt schablonmässiga avrinningskoefficienter (skolorråde, flerbostadsområde, villaområde). I figur 22 visas vilka ytor/delområden som ligger till grund för beräkning av befintligt dagvattenflöde från utvecklingsområdet. Vid beräkningar där framtida flöden jämförs med befintliga har de ytor som föreslås förändrats jämförts med samma ytor i befintlig situation. Den ökade hårdgjordhetsgraden som blir följden av exploatering innebär att dagvattenflöden som uppkommer i den exploaterade ytan blir dimensionerande för hela delområdet.

Rinntider inom naturmarksområden där det finns flera diken samt eventuella privata ledningar är mycket svåra att exakt bestämma. Rinntiderna baseras på följande vattenhastigheter:

- Naturmark 0,1 m/s
- Dike 0,5 m/s
- Ledning 1,5 m/s

I områden med kombinationer av naturmarksavrinning och diken blir vattenhastigheten och därmed dimensionerande regnintensitet svår att exakt avgöra. Vattenhastigheter mellan 0,1 och 0,5 m/s har valts för de flesta beräkningarna avseende befintliga flöden.

5.2 BERÄKNING AV DIMENSIONERANDE FLÖDEN

5.2.1 Delområde 1, Skogshyddan

Delområdet består av bebyggelse, asfaltytor, uteplatser och lektytor samt naturmark. Rinntiden för befintlig situation uppskattas till 10 minuter. Det finns en befintlig dagvattenservis som ansluter på östra sidan av tomten. Delar av flöden som uppstår i delområdet kan även antas avrinna diffust i ostnordostlig riktning. Den del av delområdet som inbegriper Skogsvägen (ca 490 m²) avleds via befintligt ledningsnät i gatan samt ytledes norrut. Den genomsnittliga avrinningskoefficienten för befintlig situation uppgår till 0,31, och markanvändningen fördelas enligt följande: Tak-9 procent, parkering/asfalt-7 procent, marksten-4 procent, grusyta-19 procent, lektytor-8 procent, gräs/naturmark-53 procent.

Förändringen i delområdet innebär att huvudbyggnaden utökas med ca 680 m². Beräkning av framtida markanvändning är baserad på programskiss daterad 2024-04-24. Befintlig grusyta utgår och ersätts med angöring för transporter och parkeringsyta till den nya delen. I flödesberäkningarna har taken utökats och en något utökad area med asfaltytor (615 m²) har bedömts uppstå. För övriga framtida ytor har en avrinningskoefficient använts som motsvarar hårdgjordhetsgraden för befintlig situation avseende lekytor, marksten och gräsytor. Den ökade framtida regnintensiteten härrör från klimataktorn som används för att ta höjd för framtida flöden.

Tabell 2 visar en jämförelse av flöden före och efter exploatering.

Tabell 2. Beräknat flöde vid 10-årsregn, före och efter exploatering.

	Rinntid vid dim. flöde (min)	Regnintensitet vid dim. flöde (l/s*ha)	Area (ha)	Red. area (ha)	Flöde (l/s)
Före	10	228	0,8861	0,275	63
Efter	10	285	0,8861	0,312	89

Den reducerade arean ökar något. Detta faktum samt klimataktorn leder till ökat dagvattenflöde från delområdet. Hårdgjordhetsgraden/reducerad area behöver kontrolleras i det fortsatta arbetet.

5.2.2 Delområde 2, Älgen

Hela delområdet uppgår till ca 1,43 hektar till storleken. Delområdet består av drygt 0,1 hektar av asfalt, Harstigen (7 %), samt en befintlig villatomt (22%), takytor (2%), grusytor (3%) och gräsytor (66%). Befintlig rinntid bedöms uppgå till 20 minuter där avrinning från Harstigen sker inom 10 minuter. Det största flödet för befintlig situation uppkommer inom 20 minuter.

Exploateringsförslaget innebär att det kommer att byggas flerbostadshus och parkeringsytor längs Harstigen och Falköpingsvägen. Befintlig villatomt vid slutet av Älgstigen finns kvar. Rinntiden för framtida situation beräknas bli 10 minuter då mark hårdgörs för bebyggelse och parkeringsytor. I flödesberäkningarna avseende framtida situation har en avrinningskoefficient på 0,5 valts för all markyta som inte utgör befintlig bebyggd tomt. Avrinningskoefficient 0,5 motsvarar flerbostadsområde. Tabell 3 visar jämförelse mellan befintligt flöde och framtida i delområdet.

Tabell 3. Beräknat flöde vid 10-årsregn, före och efter exploatering i delområde 2.

	Rinntid vid dimensionerande flöde (min)	Regnintensitet vid dim. flöde (l/s*ha)	Area (ha)	Red. area (ha)	Flöde (l/s)
Före	20	151	1,43	0,297	45
Efter	10	285	1,43	0,669	191

Reducerad area och framtida regnintensitet ökar. Om den yta som exploateras inte ska generera ökat flöde jämfört med nuläge krävs fördröjning. Fördröjningsbehov för att befintligt flöde inte ska öka framgår av kapitel 6.

5.2.3 Delområde 3, Almen

Delområdet är knappt 0,49 hektar till storleken. Utöver detta tillkommer angöringsväg (ca 0,05 ha). Befintliga ytor består gräsytor/ängsmark och avrinning sker mot östra delen av delområdet. Utströmning sker mellan fastigheterna Söder 7:9 och Poppeln 1. Mitt i gräsykans lågstråk finns en nyanlagd kupolbrunn, se figur 23. I befintlig situation är rinntiden ca 20 minuter.



Figur 23. Kumpulbrunn i lågstråk, delområde Almen. I bakgrunden, fastighet Söder 7:8.

I skiss till exploateringsförslag finns ett antal s k *tiny houses* och två mindre parkeringsytor. I flödesberäkningarna har en hårdgjordhetsgrad på ca 50 procent valts för hustypen och för tillhörande ytor närmast bebyggelse. Beräknade flöden redovisas i tabell 4.

Tabell 4. Beräknat flöde vid 10-årsregn, före och efter exploatering i delområde 3.

	Rinntid vid dim. flöde (min)	Regnintensitet vid dim. flöde (l/s*ha)	Area (ha)	Red. area (ha)	Flöde (l/s)
Före	20	151	0,56	0,057	9
Efter	10	285	0,56	0,242	69

Flödet ökar från 9 l/s till 69 l/s vid ett 10-årsregn. Ökningen beror på snabbare avrinningsförlopp, ökad reducerad area samt p g a klimatfaktorn som innebär intensivare korttidsnederbörd.

Utbredning av föreslagen väg har uppskattats baserat på en vägbredd på 5 m. Detta innebär att hårdgjord yta som består av väg kan uppskattas bli ca 500 m². Det framtida flöde som uppstår från vägytan uppgår till ca 12 l/s vid ett klimatanpassat 10-årsregn.

Om endast framtida flöde för bebyggelse och tomter beräknas uppgår flödet till ca 57 l/s. Fördröjningsbehov för att befintligt flöde inte ska öka framgår av kapitel 6.

Fastighetsägare för Poppeln 1 samt Söder 7:8 har en historia av återkommande problem med översvämning i källarplan. Det är oklart om dessa fastigheter fått en förbättrad situation efter att den nya kumpulbrunnen anlades uppströms. Oavsett detta så är det viktigt att ny bebyggelse som uppförs i området Almen inte ska medverka till att situationen för de två drabbade fastigheterna förvärras. Om Almen bebyggs måste dagvattenhanteringen på delområdet säkerställas så att ytvattenflöden mot dessa två fastigheter minskar. I detta PM är det emellertid inte helt klarlagt om källaröversvämningarna enbart härrör från ytvattenavrinningen eller om det är fråga om grundvattenpåverkan.

5.2.4 Delområde 4, Hammardal södra delen

Delområdets storlek är 1,664 hektar plus 0,156 hektar närmast befintlig mekanisk verkstad. Ytan närmast verkstadsområdet beräknas separat då avrinning från det området till största delen sker mot

lågpunkten vid befintliga verkstadsbyggnader. Rinntiden för den södra delen är 30 minuter i befintlig situation. Största flöde uppstår emellertid vid varaktigheten 20 minuter. Vatten avrinner mot diket som står i kontakt med Hjoån. Ytan består av gräs/naturmark samt en grusväg (6 % av beräknad yta).

Exploateringen innebär att avrinningen väntas ske snabbare och avrinningen i hela delområdet kommer då att ske inom 10 minuter. Beräknade flöden redovisas i tabell 5.

Tabell 5. Beräknat flöde vid 10-årsregn, före och efter exploatering i Hammardal, södra delen.

	Rinntid vid dim. flöde (min)	Regnintensitet vid dim. flöde (l/s*ha)	Area (ha)	Red. area (ha)	Flöde (l/s)
Före	20	151	1,66	0,146	22
Efter	10	285	1,66	0,75	213

Flödet ökar från 22 l/s till 213 l/s vid ett 10-årsregn. Ökningen beror på snabbare avrinningsförlopp, ökad reducerad area samt p g a klimatfaktorn som innebär intensivare korttidsnederbörd. Fördröjningsbehov för att befintligt flöde inte ska öka framgår av kapitel 6.

5.2.5 Lågpunkt vid mekanisk verkstad, Hammardal norra delen

Den del av nedfallande vatten i delområde 4 som avrinner mot lågpunkten uppgår till ca 0,12 hektar. Hela avrinningsområdet till lågpunkten är ca 1,20 hektar och består av takytor (25%) grusytor (34%) och asfalterade ytor (22%) i verkstadsområdet, se figur 13. I delområdet utgörs ytorna av asfalt 33% och grus 67% procent. Från ca 370 m² av delområdets östra del avrinner dagvatten diffust mot Hjoån.

Befintligt flöde som avrinner mot lågpunkten framgår av tabell 6.

Tabell 6. Befintliga flöden vid 10- och 20-årsregn till lågpunkt i verkstadsområdet (norra delen av Hammardal).

Befintlig situation	Rinntid vid dim. flöde (min)	Regnintensitet vid dim. flöde (l/s*ha)	Area (ha)	Red. area (ha)	Flöde (l/s)
10-årsregn	10	228	1,20	0,62	141
20-årsregn	10	287	1,20	0,62	177

Från den del av utvecklingsområdet som bidrar med dagvatten till lågpunkten är flödet ca 13 l/s vid 10-årsregn och ca 16 l/s vid 20-årsregnet.

I ett framtida scenario görs bedömningen att nya bebyggda ytor och väg bör kunna avvattas i sydostlig riktning, mot övrig ny bebyggelse (södra Hammardal). Flödet ökar från den yta som bebyggs från 13 l/s i befintlig situation till 26 l/s i framtida situation vid ett tioårsregn inklusive klimatfaktor.

6 FÖRDRÖJNINGSBEHOV

Fördröjningsbehovet har beräknats baserat på två olika metoder. För alla delområden utom Skogshyddan baseras fördröjningsbehovet på att det befintliga flöde som uppstår från dessa delområden inte ska öka upp till återkomsttiden 10 år.

För delområdet Skogshyddan har det även undersökts vilka volymer som erfordras där anläggningar ska kunna magasinera 20 mm nederbörd för framtida hårdgjorda ytor. I Stockholms stad ligger åtgärdsnivån på kvartersmark vid ny- och större ombyggnation på 20 mm från framtida reducerad area från hårdgjorda ytor. Det finns två skäl till att denna nivå har valts:

- Reningsperspektivet
- Tillgänglighet i nedströms ledningsnät.

Enligt Stockholms stad kan 70–80 % av föroreningsbelastningen minska genom att de första 20 mm av nederbörden fördröjs och renas (Stockholms stad, 2016).

I fallet Skogshyddan finns det, utöver reningsaspekten, goda skäl att minska den kvantitativa belastningen på nedströms ledningsnät då det ledningsstråk som Skogshyddan ansluter till riskerar att överbelastas vid kraftiga regn. Detta skulle kunna få negativa konsekvenser för ledningsnätet i Bokgatan.

I följande tabeller visas befintliga flöden i kolumnen *Tillåtet utflöde* och kolumnen *Erforderlig volym* visar vilka effektiva volymer som behövs för att fördröja så att skillnaden mellan befintligt flöde och framtida flöde utjämnas.

För Skogshyddan visas även tabeller för erforderlig volym där "20 mm-villkoret" uppfylls.

6.1 DELOMRÅDE 1, SKOGSHYDDAN

I beräkningen ingår ytor inom nuvarande tomtgränser samt ytor inom preliminärt nya planområdesgränser. Ytor inom preliminära plangränser längs Skogsvägen där avrinning sker norrut ingår inte, då ingen större förändring av dessa ytor väntas ske. De infartsvägar som finns till förskolan kommer eventuellt att flyttas något. Beräkningarna tar höjd för utökad andel tak- och asfaltyta enligt beskrivet i kap. 5.2.1. Erforderlig fördröjning baserat på befintligt flöde som begränsande framgår av tabell 7.

Tabell 7. Erforderlig fördröjning för 10-årsflöden, delområde 1 Skogshyddan.

Regnets varaktighet (min)	Deltagande yta (ha)	Reducerad area (ha)	Regn-intensitet (l/s*ha)	Framtida flöde (l/s)	Tillåtet utflöde (l/s)	Erforderlig volym (m ³)
10	0,88	0,31	285	89	63	16
20	0,88	0,31	189	59	63	--

Erforderlig volym uppgår till 16 m³ för hela fastigheten. Om kapaciteten i befintlig servis ska användas som begränsande och tillåtet maxutflöde kommer fördröjningsbehovet att öka. Dimension på servisleddningen är 160mm; lutningen är okänd. En 160 mm plastledning som lutar 10 promille har en kapacitet på ca 20 l/s. Om man sätter ett maxutflöde på 20 l/s skulle erforderlig fördröjning då uppgå till **47 m³** effektiv volym. Ett makadammagasin skulle då kräva en volym om 157 m³ (47/0,3) för hela fastigheten där både befintlig och nybyggda delar fördröjs.

Om fördröjning ska baseras på 20 mm av hårdgjord reducerad area kommer krävs volymer enligt tabell 8.

Tabell 8. Fördröjningsbehov baserat på 20mm av reducerad hårdgjord area. Gäller hela fastigheten.

Fastighetsyta (m ²)	Hårdgjord yta (m ²)	Fördröjningsbehov (m ³)
8 861	1 985	39,7

Man kan konstatera att 20 mm-beräkningen ligger i närheten av den volym som uppstår när servisdimension beaktas. Ett meterdjupt makadammagasin som ska hålla en effektiv volym om 39,7 m³ blir då ca 132 m² stort. (39,7/0,3)

Ett alternativ gällande fördröjning för Skogshyddan är att fördröja för *enbart tillkommande ytor*; de som förändras. En beräkning av vad enbart fördröjning för utbyggda delar innebär i volymer är baserad på skissförslag daterat 2024-04-24. Beräknat framtida flöde vid 10-årsregn från enbart de nybyggda delarna uppgår till drygt 41 l/s. Om servisdimensionens kapacitet (20 l/s) sätts som begränsande uppgår erforderlig volym till **13 m³** för de utbyggda ytorna.

Om erforderlig volym ska baseras på fördröjning av 20 mm från hårdgjord reducerad area uppgår fördröjningsbehovet (enligt skissförslaget) till 22 m³ enligt tabell 9.

Tabell 9. Fördröjningsbehov baserat på 20mm av reducerad hårdgjord area. Gäller enbart tillbyggd del av fastigheten.

Fastighetsyta (m ²)	Hårdgjord yta (m ²)	Fördröjningsbehov (m ³)
≈3 300	1 104	22,1

Ett meterdjupt makadammagasin som ska hålla en effektiv volym på 22,1 m³ får då en totalvolym om ca 73,6 m³ (22,08/0,3). Ett sådant magasin är inritat som ett alternativ i bilaga 4 som visar alternativ för fördröjning för enbart Skogshyddan. Bilaga 4 visar även förslag till lösning om fördröjning enligt tabell 8 fordras.

6.2 DELOMRÅDE 2, ÄLGEN

I beräkningarna ingår de dryga 1000 m² av Harstigen som gränsar till bebyggelseförslaget. Alla ytor som inte utgörs av befintlig bebyggd tomt i västra delen har räknats som flerbostadsområde. Erforderlig fördröjning framgår av tabell 10.

Tabell 10. Erforderlig fördröjning för 10-årsflöden, delområde 2 Älgen.

Regnets varaktighet (min)	Deltagande yta (ha)	Reducerad area (ha)	Regn- intensitet (l/s*ha)	Framtida flöde (l/s)	Tillåtet utflöde (l/s)	Erforderlig volym (m ³)
10	1,43	0,67	285	191	45	88
20	1,43	0,67	189	126	45	98
30	1,43	0,67	145	97	45	94

Erforderlig volym uppgår till 98 m³. Eftersom del av Harstigen ingår i beräkningarna sker en flödesökning p g a klimatfaktorn även för detta vägavsnitt. Om inte dagvattenhanteringen på Harstigen

ändras och det vägvägsnittet inte ändras kan fördröjningsvolymen för kvartersmarken komma att minska något.

6.3 DELOMRÅDE 3, ALMEN

Då delområdet omvandlas från 100 procent naturmark till bostadsområde innebär detta att skillnaderna i flöden blir stora och därav uppstår ett större fördröjningsbehov. Väg som ansluter till delområdet har beräknats separat.

Erforderlig fördröjning framgår av tabell 11.

Tabell 11. Erforderlig fördröjning för 10-årsflöden, delområde 3 Almen.

Regnets varaktighet (min)	Deltagande yta (ha)	Reducerad area (ha)	Regn- intensitet (l/s*ha)	Framtida flöde (l/s)	Tillåtet utflöde (l/s)	Erforderlig volym (m ³)
10	0,48	0,20	285	57	9	29
20	0,48	0,20	189	38	9	35
30	0,48	0,20	145	29	9	37
40	0,48	0,20	119	24	9	37
50	0,48	0,20	102	21	9	36

Erforderlig fördröjningsvolym uppgår till 37 m³.

Ny anslutningsväg antas uppgå till ca 500 m². Denna vägyta beräknas generera ett flöde om ca 12 l/s (kan jämföras mot befintligt flöde från 500 m² gräsyta som genererar knappt 1,5 l/s vid 10-årsregn).

Totalt för kvartersmark och närliggande väg uppgår arean till 0,54 hektar och den reducerade arean blir 0,242 hektar. Detta genererar ett maxflöde på ca 69 l/s vid ett klimatanpassat 10-årsregn. Den fördröjningsvolym som *totalt* krävs uppgår då till **48 m³**.

6.4 DELOMRÅDE 4, HAMMARDAL

I delområdet är föreslagen bebyggelse något tätare än i övriga delområden. Även här utgår mestadels naturmark till förmån för bostadsområde och vägar. I beräkningarna har ett fält på ca 20 meter (0,27 hektar) mellan befintligt dike och föreslagen bebyggelse fått utgöras av gräsytor även i framtiden (inga hårdgjorda ytor antas skapas där). Föreslagen bebyggelse längst i norr, närmast verkstadsområdet, har beräknats separat, se kap. 6.4.1. Vägar inom delområdet ingår i beräkningarna. Erforderlig fördröjning, om flödet i berörd del inte ska öka, framgår av tabell 12.

Tabell 12. Erforderlig fördröjning för 10-årsflöden, delområde 4 Hammardal (södra delen).

Regnets varaktighet (min)	Deltagande yta (ha)	Reducerad area (ha)	Regn- intensitet (l/s*ha)	Framtida flöde (l/s)	Tillåtet utflöde (l/s)	Erforderlig volym (m³)
10	1,66	0,75	285	213	22	115
20	1,66	0,75	189	141	22	143
30	1,66	0,75	145	108	22	155
40	1,66	0,75	119	89	22	160
50	1,66	0,75	102	76	22	162
60	1,66	0,75	89	67	22	161

Erforderlig fördröjningsvolym uppgår till 162 m³.

6.4.1 Delområde 4b, Hammardal - verkstadsområdet

De ytor som enligt grovskissen förändras uppgår till ca 0,16 hektar. Framtida vägar antas uppgå till 26 procent av detta och flerbostadsområde blir resterande 74 procent. Erforderlig fördröjning framgår av tabell 13.

Tabell 13. Erforderlig fördröjning för 10-årsflöden, delområde 4 Hammardal, norra delen.

Regnets varaktighet (min)	Deltagande yta (ha)	Reducerad area (ha)	Regn- intensitet (l/s*ha)	Framtida flöde (l/s)	Tillåtet utflöde (l/s)	Erforderlig volym (m³)
10	0,16	0,09	285	26	13	8
20	0,16	0,09	189	17	13	5

Erforderlig fördröjning uppgår till 8 m³. Om dagvatten fördröjs och leds ned mot det större diket i söder kommer belastningen mot befintlig lågpunkt vid verkstadsbyggnaden att minska.

7 FÖRORENINGAR I DAGVATTEN

Syftet med föroreningsberäkningar är att uppskatta vilken påverkan markanvändningen har på dagvattnets innehåll av föroreningar, samt att bedöma hur mottagande recipient och dess miljö kvalitetsnormer kan komma att påverkas. De mängder och halter av föroreningar som utvecklingsområdet genererar i nuläget, i framtiden utan reningsförslag samt i framtiden med reningsförslag har beräknats med verktyget StormTac version 24.1.2 och redovisas i detta kapitel och med simulerade reningssteg i kapitel 10. Beräkningar i StormTac utgår ifrån schablonhalter för olika marktyper. En viktig notering är att dessa värden endast är uppskattade värden, baserade på en databas med uppmätta värden från ett stort antal olika utredningar och forskningsstudier. Kvaliteten och mängden underlag varierar mellan olika mätningar och för olika ämnen.

Funktionen "faktor" i StormTac är ett sätt att ange om den simulerade ytan kan generera mer eller mindre föroreningar. Man kan i de flesta schabloner välja faktor mellan 1 och 10 där 5 är ett genomsnittsvärde. För schablonen väg motsvarar vald faktor vilken trafikintensitet som råder på vägytan. Faktor 0,5 betyder 500 fordonsrörelser/dygn och faktor 1 innebär 1000 fordonsrörelser osv.

Beräkningarna baseras på en skorrigerad årsnederbörd på 637 mm/år; detta baseras på statistik från SMHI:s mest närliggande mätstation. Beräkningarna har delats upp i de fyra olika delområden som används avseende flödesberäkningar i denna rapport, Skogshyddan, Älgen, Almen och Hammardal, se figur 21-22. Markkarteringen har utgått från satellitbilder, grov illustrationskarta samt efter iakttagelser vid platsbesök.

Då Hjo kommun saknar riktvärden avseende koncentrationer att förhålla sig till har Miljöförvaltningen, Göteborgs stads riktvärden använts som jämförelse. Gällande fosfor och kväve är Miljöförvaltningens värden ett utgångsläge; acceptabla halter sätts platsspecifikt. Värdet 50 µg/l avseende fosfor kan anses vara förhållandevis svårt att understiga. 50 µg/l gällde tidigare *mycket känsliga recipienter* i Göteborgs kommun. I programmet StormTac finns även riktvärden angivna; dessa riktvärden är kopplade till acceptabla halter i Storstockholm och de recipienter som berörs där. Riktvärdet för fosfor är i StormTac 160 µg/l och för kväve 2000 µg/l.

7.1 SKOGSHYDDAN

För befintlig markanvändning har schablonhalter för *skolområde*, *gräsyta* och *grusyta* använts. För framtida situation har *skolområde* med avrinningskoefficient 0,32 valts för hela ytan. Faktor 4 har valts för *skolområde* då förskoleområdet har många gröna inslag och kan anses generera något mindre föroreningar än ett traditionellt skolområde. Tabell 14 visar modellerade föroreningsmängder för delområde Skogshyddan.

Tabell 14. Modellerade föroreningsmängder för delområde Skogshyddan.

Ämnen	Nuläge (kg/år)	Enligt plan utan rening (kg/år)	Ökar/Minskar	Behövd reningseffekt för att uppnå bef. belastning (%)
P	0,27	0,56	Ökar	52
N	2,7	3,6	Ökar	25
Pb	0,010	0,026	Ökar	62
Cu	0,025	0,049	Ökar	49
Zn	0,084	0,19	Ökar	56
Cd	0,00049	0,0012	Ökar	59
Cr	0,0075	0,020	Ökar	63
Ni	0,0065	0,018	Ökar	64
Hg	0,000032	0,000062	Ökar	48
SS	54	130	Ökar	58
Olja	0,47	1,2	Ökar	61
BaP	0,000033	0,000089	Ökar	63

Samtliga studerade ämnen/ämnesgrupper ökar i mängd. Resultat avseende koncentrationer redovisas i tabell 15.

Tabell 15. Modellerade föroreningskoncentrationer för delområde Skogshyddan. Gröna fält visar att riktvärde klaras eller underskrids. Röda siffror visar ett sk. "utgångsvärde"; halter för P och N ska sättas platsspecifikt.

Ämnen	Nuläge (µg/l)	Enligt plan utan rening (µg/l)	Riktvärde Miljöförvaltningen, Göteborgs stad* (µg/l)
P	140	230	50
N	1400	1500	1 250
Pb	5,3	10	28
Cu	13	20	10
Zn	43	78	30
Cd	0,25	0,47	0,9
Cr	3,8	8,3	7
Ni	3,3	7,3	68
Hg	0,017	0,025	0,07
SS	28 000	51 000	25 000
Olja	240	470	1 000
BaP	0,017	0,036	0,05

Samtliga halter ökar. För 6 av de studerade ämnena hamnar halterna under riktvärdena. För att understiga riktvärdena för samtliga ämnen krävs rening av dagvattnet.

7.2 ÄLGEN

För befintlig markanvändning har schablonhalter för *väg, villaområde och gräsyta* använts. För framtida situation har *väg, villaområde samt flerfamiljshusområde* använts. Faktor 0,2 har valts för väg (Harstigen) vilket innebär max 200 fordonsrörelser/dygn. Vägen avser del av Harstigen där det antas att den inte kommer att förändras. Resultat avseende mängder och halter presenteras i tabell 16 och 17.

Tabell 16. Modellerade föroreningsmängder för delområde Älgen.

Ämnen	Nuläge (kg/år)	Enligt plan utan rening (kg/år)	Ökar/Minskar	Behövd reningseffekt för att uppnå bef. belastning (%)
P	0,36	1,1	Ökar	67
N	3,6	9,3	Ökar	61
Pb	0,012	0,057	Ökar	79
Cu	0,031	0,12	Ökar	74
Zn	0,087	0,40	Ökar	78
Cd	0,00067	0,0028	Ökar	76
Cr	0,013	0,050	Ökar	74
Ni	0,0092	0,040	Ökar	77
Hg	0,000067	0,00014	Ökar	52
SS	85	390	Ökar	78
Olja	0,94	3,1	Ökar	70
BaP	0,000062	0,00022	Ökar	72

Samtliga studerade ämnen/ämnesgrupper ökar i mängd. Resultat avseende koncentrationer redovisas i tabell 17.

Tabell 17. Modellerade föroreningskoncentrationer för delområde Älgen. Gröna fält visar att riktvärde klaras eller underskrids. Röda siffror visar ett sk. "utgångsvärde"; halter för P och N ska sättas platsspecifikt.

Ämnen	Nuläge (µg/l)	Enligt plan utan rening (µg/l)	Riktvärde Miljöförvaltningen, Göteborgs stad* (µg/l)
P	120	200	50
N	1 200	1 800	1 250
Pb	4,3	11	28
Cu	11	23	10
Zn	30	77	30
Cd	0,23	0,53	0,9
Cr	4,4	9,7	7
Ni	3,2	7,6	68
Hg	0,023	0,027	0,07
SS	29 000	75 000	25 000
Olja	330	590	1 000
BaP	0,021	0,043	0,05

Samtliga halter ökar. För 6 av de studerade ämnena hamnar halterna under riktvärdena. För att understiga riktvärdena för samtliga studerade ämnen krävs rening av dagvattnet.

7.3 ALMEN, INKL. FRAMTIDA VÄG OCH GC

För befintlig markanvändning har schablonhalter för *gräsyta* använts. För framtida situation har *väg, gång- och cykelväg, gräsyta samt flerfamiljshusområde* använts. Faktor 0,2 har valts för väg vilket innebär max 200 fordonsrörelser/dygn. Resultat avseende mängder och halter presenteras i tabell 18 och 19.

Tabell 18. Modellerade föroreningsmängder för delområde Almen.

Ämnen	Nuläge (kg/år)	Enligt plan utan rening (kg/år)	Ökar/Minskar	Behövd reningseffekt för att uppnå bef. belastning (%)
P	0,11	0,19	Ökar	42
N	0,91	2,1	Ökar	57
Pb	0,0025	0,008	Ökar	69
Cu	0,007	0,019	Ökar	63
Zn	0,017	0,063	Ökar	73
Cd	0,00012	0,00044	Ökar	73
Cr	0,0014	0,0075	Ökar	81
Ni	0,00097	0,0064	Ökar	85
Hg	0,0000078	0,000039	Ökar	80
SS	16	45	Ökar	64
Olja	0,11	0,6	Ökar	82
BaP	0,0000042	0,000045	Ökar	91

Samtliga studerade ämnen/ämnesgrupper ökar i mängd. Detta är förväntat då en gräsyta tas i anspråk för bebyggelse och väg. Resultat avseende koncentrationer redovisas i tabell 19.

Tabell 19. Modellerade föroreningskoncentrationer för delområde Almen. Gröna fält visar att riktvärde klaras eller underskrids. Röda siffror visar ett sk. "utgångsvärde"; halter för P och N ska sättas platsspecifikt.

Ämnen	Nuläge (µg/l)	Enligt plan utan rening (µg/l)	Riktvärde Miljöförvaltningen, Göteborgs stad* (µg/l)
P	120	130	50
N	1 100	1 400	1 250
Pb	2,9	5,4	28
Cu	8,1	13	10
Zn	20	43	30
Cd	0,14	0,3	0,9
Cr	1,6	5,1	7
Ni	1,1	4,4	68
Hg	0,009	0,027	0,07
SS	19 000	31 000	25 000
Olja	130	410	1 000
BaP	0,0048	0,031	0,05

Samtliga halter ökar. För 6 av de studerade ämnena hamnar halterna under riktvärdena. För att understiga riktvärdena för samtliga ämnen krävs rening av dagvattnet.

7.4 HAMMARDAL

För befintlig markanvändning har schablonhalter för *gräsyta*, *grusyta* och *asfaltyta* använts. För framtida situation har *flerfamiljshusområde* samt *gräsyta* använts. Resultat avseende mängder och halter presenteras i tabell 20 och 21.

Tabell 20. Modellerade föroreningsmängder för delområde Hammardal.

Ämnen	Nuläge (kg/år)	Enligt plan utan rening (kg/år)	Ökar/Minskar	Behövd reningseffekt för att uppnå bef. belastning (%)
P	0,34	1,5	Ökar	77
N	4,0	12	Ökar	67
Pb	0,0095	0,08	Ökar	88
Cu	0,029	0,16	Ökar	82
Zn	0,07	0,55	Ökar	87
Cd	0,00047	0,0037	Ökar	87
Cr	0,0059	0,064	Ökar	91
Ni	0,0041	0,052	Ökar	92
Hg	0,000041	0,00014	Ökar	71
SS	53	540	Ökar	90
Olja	0,53	3,8	Ökar	86
BaP	0,000022	0,00027	Ökar	92

Samtliga studerade ämnen/ämnesgrupper ökar i mängd. Detta är förväntat då en gräsyta med grusinslag tas i anspråk för bebyggelse och väg. Resultat avseende koncentrationer redovisas i tabell 21.

Tabell 21. Modellerade föroreningskoncentrationer för delområde Hammardal. Gröna fält visar att riktvärde klaras eller underskrids. Röda siffror visar ett sk. "utgångsvärde"; halter för P och N ska sättas platsspecifikt.

Ämnen	Nuläge (µg/l)	Enligt plan utan rening (µg/l)	Riktvärde Miljöförvaltningen, Göteborgs stad* (µg/l)
P	110	230	50
N	1 200	1 900	1 250
Pb	2,9	12	28
Cu	8,9	25	10
Zn	21	85	30
Cd	0,14	0,57	0,9
Cr	1,8	9,9	7
Ni	1,3	7,9	68
Hg	0,013	0,022	0,07
SS	16 000	83 000	25 000
Olja	160	580	1 000
BaP	0,0066	0,041	0,05

Samtliga halter ökar. För 6 av de studerade ämnena hamnar halterna under riktvärdena. För att understiga riktvärdena för samtliga ämnen krävs rening av dagvattnet.

För att se vilka reningseffekter som kan uppnås i olika simulerade fördröjnings- och reningsanläggningar, se kapitel 10.

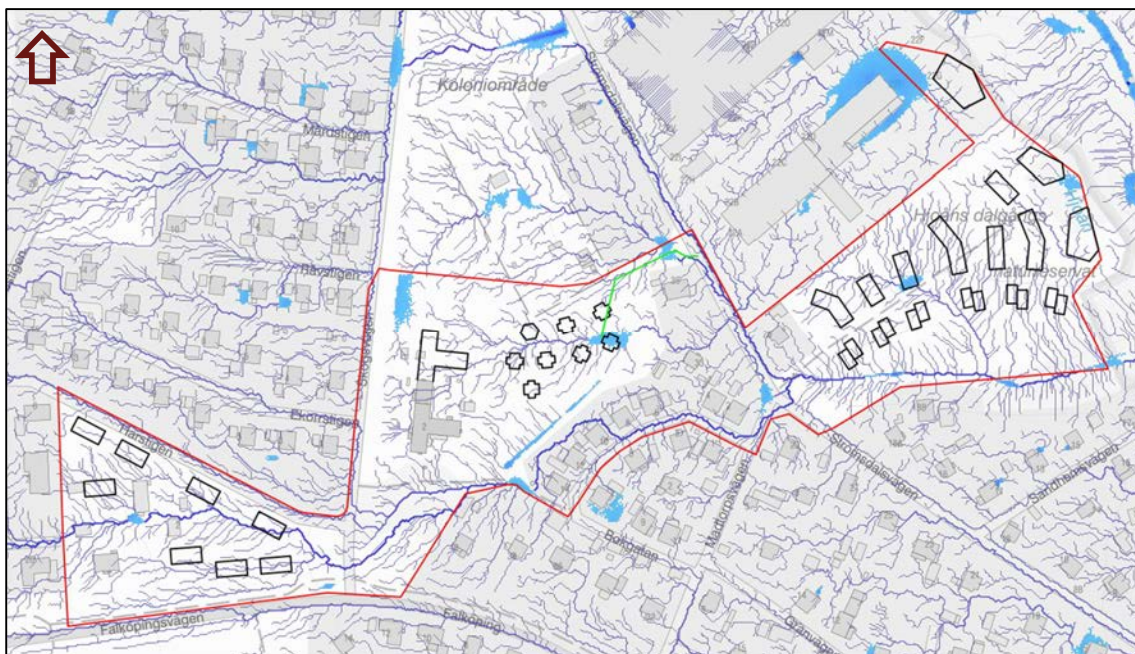
8 FRAMTIDA KLIMAT OCH SKYFALLSPÅVERKAN

SMHI har analyserat framtida klimatutveckling i Sverige utifrån scenarierna från The Intergovernmental Panel on Climate Changes (IPCC).

Rapporten utgår från två olika framtidsscenarier, ett där utsläppen minskar (RCP4.5) och ett där utsläppen fortsätter att accelerera (RCP8.5). SMHI:s modeller visar exempelvis hur flödet i vattendrag och vegetationsperioden förändras med ett varmare klimat i framtiden.

I takt med att klimatet blir varmare förväntas generellt förväntas fler värmeböljor men också mer nederbörd. Enligt rapporten kommer nederbörden öka mest vintertid och för den sydvästra delen av Jönköpings län visar scenario RCP8.5 på en nära 50% ökning till år 2100. Den kraftiga nederbörden ökar också, maximal dygnsnederbörd kan öka med uppemot 20% för samma område. Eftersom vintrarna väntas bli allt varmare bedöms flöden som uppstår under våren (smältvatten) att minska. Odlingssäsongen kommer att förlängas vilket har viss påverkan på dagvatten. Detta innebär att vattenupptaget via växtlighet ökar - därigenom förlängs även tidsperioden då växtlighetens förmåga att reducera flöden, fånga upp näringsämnen och rena dagvattnet.

I kapitel 3.7 beskrivs nuläget vid extrem kortvarig nederbörd motsvarande ett kortvarigt 100-årsregn. Då utvecklingsområdet inte är höjdsatt kan en komplett skyfallsmodell inte skapas. Om samma nederbörd appliceras som i figur 19 (kap. 3.7) och där nya byggnader läggs ovanpå ser man vilka skyfallsvägar som behöver hanteras när områdena bebyggs, se figur 24.



Figur 24. Simulerat skyfall (50mm) med föreslagen bebyggelse (svarta figurer). Grön linje i mittendelen visar ny avtappning från lågon centralt i området. Utformning för Skogshyddan är något ändrad under utredningens gång. Källa: Scalgo Live

De områden där större åtgärder kan bli nödvändiga för att förhindra översvämning är delområde Älgen samt delområde Almen. Förslag till åtgärder framgår av kapitel 8.1

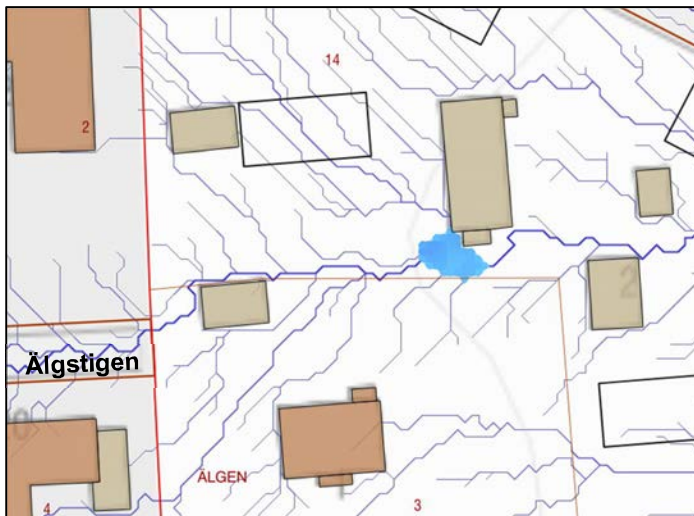
8.1 FÖRESLAGNA SKYFALLSÅTGÄRDER

8.1.1 Skogshyddan

I delområde Skogshyddan kan det övervägas att skapa ett mindre avskärande dike längs östra fastighetsgränsen. Detta skulle hindra skyfallsflöden från att nå ner till delområde Almen; avrinning skulle därvid kunna ske norrut, via infartsväg till Almen, mot Strömsdalsvägen, se figur 26. Från västra sidan utgör Skogsvägen en barriär/vattendelare vilket skyddar Skogshyddan, se figur 24 och bilaga 3.

8.1.2 Älgen

Fastigheten Älgen 3 är helt beroende av att dagvattenbrunnarna på Älgstigen förmår svälja det vatten som rinner längs gatan. En byggnad, strax öster om Älgstigen, är i dagsläget väldigt utsatt i händelse av extremnederbörd, se figur 25. Detta är fallet oavsett utbyggnadsplaner.



Figur 25. Skyfallsflöden från Älgstigen mot fastighet Älgen 3 och 14. Källa: Scalgo Live.

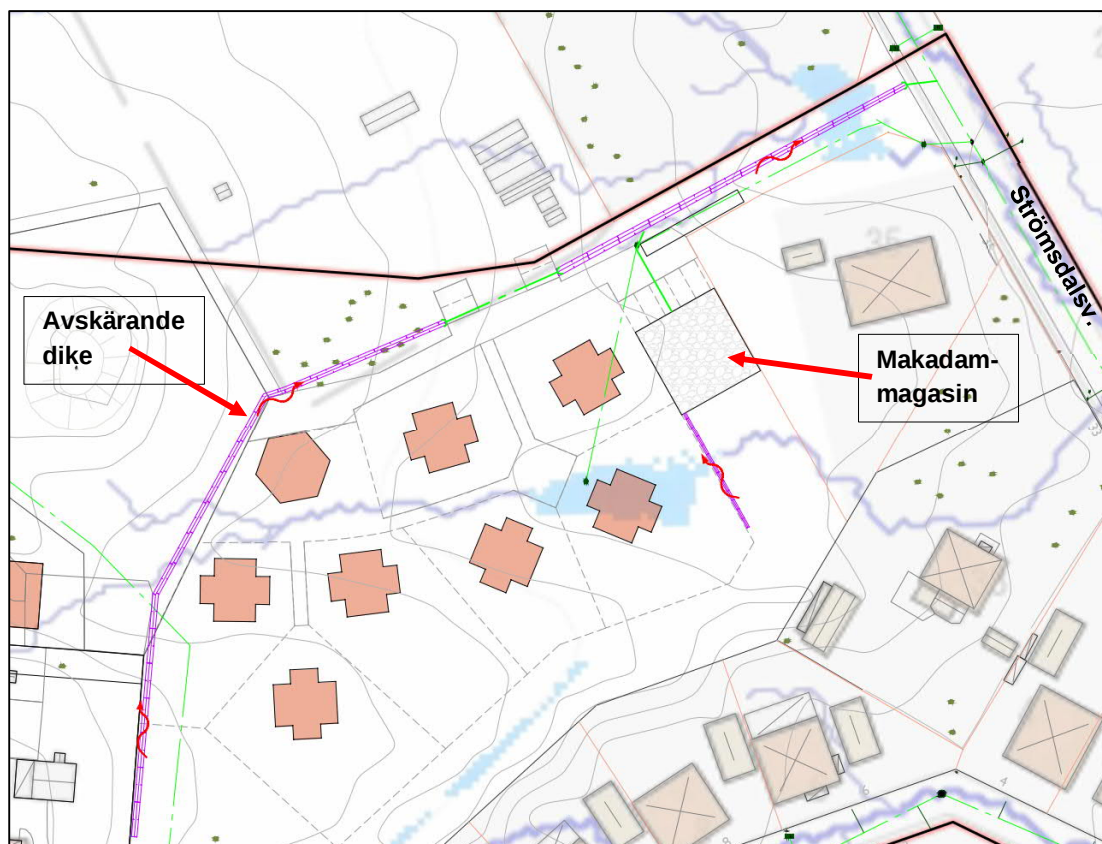
Även en befintlig magasinsbyggnad på granntomten Älgen 14 är mycket utsatt vid extremnederbörd vilket framgår av figur 25. Om befintlig bebyggelse ska finnas kvar föreslås att ett svackdike mellan de befintliga byggnaderna skapas i samråd med fastighetsägarna. För övrig tillkommande bebyggelse finns det möjlighet att säkra byggnader mot översvämning via ett mindre skyfallsdike.

Marken lutar ca 38 promille från Älgstigen ned till Skogsvägen där det idag finns ett mindre dike. Det borde därvid vara möjligt att skapa ett svackdike som går genom fastigheten Älgen 14 och som säkerställer att ny bebyggelse inte tar skada vid extrem nederbörd. Ett 0,6 meter djupt gräsdike med en bottenbredd på 0,5 meter och sidosläntlutning 1:1 kan med 38 promilles lutning hantera ett flöde på dryga 1 100 l/s enligt Mannings formel. Diket får då en totalbredd på 1,6 meter. Det kan därvid vara klokt att reservera ca 2 meters bredd för ett dike. Diket kan med fördel vara något meandrande och med erosionsskydd i "kurvorna", detta leder till lägre vattenhastighet. Ett ringlande dike kan även skapa estetiska mervärden för delområdet. Då ett fördröjningsmagasin föreslås i öster för hantering av "normala" flöden kan skyfallsdiket eventuellt mynna i fördröjningsmagasinet om magasinet är ett makadammagasin.

8.1.3 Almen

I delområde Almen kommer det dike som föreslås vid östra gränsen på Skogshyddan hindra skyfallsflöden från att strömma in över delområdet. Utöver detta föreslås ett mindre avskärande dike i delområdets östra del som kan vara sammankopplat med föreslagen fördröjning för delområdet (makadammagasin). Diket kan förses med upphöjd kupolbrunn vilket innebär att vatten som riskerar brädda över från diket hindras att rinna ned mot Poppeln 1 utan istället bräddar via kupolbrunn till ledningsnät. Båda dessa skyfallsdiken föreslås ansluta till vägdike norr om ny infartsväg och från vägdiket sker inlopp till dagvattenledning i Strömsdalsvägen. Marken behöver generellt höjdsättas så att befintlig lågpunkt inte kvarstår. Höjdsättningen görs med fördel så att ytavrinningen mot befintliga fastigheter Poppeln 1 och 7:8 upphör och att ytvatten styrs ut mot den nya infartsvägen.

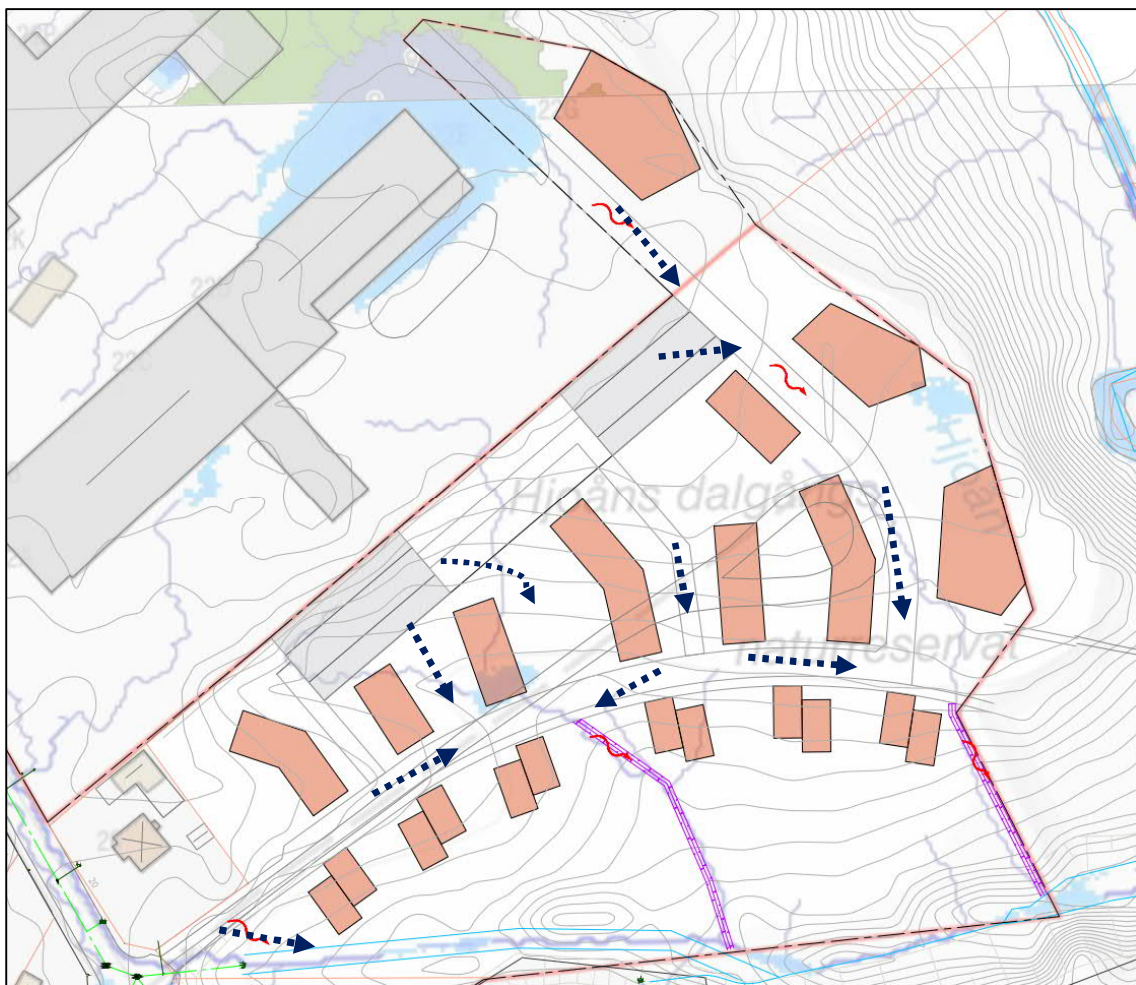
Befintlig nylagd avvattning från lågpunkten behöver i detta bebyggelseförslag flyttas, se figur 26. Alternativt behöver bebyggelsen omdisponeras så att befintlig dagvattenledning blir åtkomlig och konflikt undviks.



Figur 26. Förslag till skyfallshantering för Almen. Diken visas i violett. Bakgrundskarta visar nuvarande rinnvägar (ScalگوLive).

8.1.4 Hammardal

I området föreslås att vägar generellt ligger lägre än tomtmark. Vägarna kan då fungera som skyfallsleder vid extrem nederbörd. Vidare är det viktigt att minst en, gärna två öppningar skapas mot det befintliga utloppsdiket i söder. Gator och närliggande tomter bör höjdsättas så att lutning sker mot dessa öppningar. Vid öppningarna skapas svackdiken som kan leda ut skyfallsvattnet mot det befintliga diket. Skyfallsdiken behöver inte ta så stor markyta i anspråk då marken lutar kraftigt ned mot det befintliga diket. Även här kan diken utföras ringlande vilket kan upplevas som mer naturligt och estetiskt. I nordligaste delen behöver marken höjas något gentemot verkstadsområdet för att skyfallsflöden ska kunna avrinna söderut. Ett översiktligt förslag till skyfallshantering visas i figur 27.



Figur 27. Förslag till skyfallshantering för Hamnardal. Föreslagna skyfallsdiken visas i violett. Föreslagna rinnvägar för skyfall visas med blå pilar. Bakgrundskarta visar nuvarande rinnvägar (ScalگوLive).

9 FÖRSLAG TILL DAGVATTENHANTERING

9.1 ÖVERGRIPANDE PRINCIPER

Vid planläggning av ny bebyggelse inom utvecklingsområdet bör man säkerställa en långsiktig hållbar dagvattenhantering genom att följa ett par principer;

- Byggnader ska placeras på höjdparter medan lågstråken bör reserveras för grönytor som kan ta emot dagvatten för att möjliggöra infiltration och utjämning.
- Vägar blir skyfallsstråk och höjdsätts normalt lägre än omgivande tomtmark.
- Höjdsättning är en viktig del för att få en fungerande ytlig avledning av dagvatten vid skyfall samtidigt som tillgänglighet till byggnader måste tas i beaktande.
- För att bromsa dagvattenflödet rekommenderas ytlig avledning i gräsklädda diken där detta är möjligt.
- Beakta att diken i regel har större kapacitet än slutna ledningar vid exempelvis stora skyfall.
- För att begränsa dagvattenflödet bör man undvika onödiga hårdgjorda ytor.
- Dagvattnets föroreningsinnehåll begränsas genom naturlig rening på väg till recipienten.

9.2 FÖRSLAG PÅ DAGVATTENHANTERING

Inne i utvecklingsområdet finns det flera gröna ytor föreslagna där hantering av dagvatten bedöms vara möjlig. Dagvatten kan fördröjas på ett flertal olika sätt. Ofta styrs val av lösning av reningsbehov och platstillgång. Öppna lösningar är generellt sett mest tillåtande när det gäller flödesvariationer.

Huvudförslag i denna utredning är att anlägga underjordiska magasin i form av makadammagasin eller sedimentationsmagasin. Det kan även skapas multifunktionella ytor som skulle kunna användas som parkmiljö eller liknande. Vid behov (regn) kan ytorna fyllas upp med skyfallsvatten utan att skada intilliggande eller nedströms bebyggelse. Det är viktigt att nya underjordiska anläggningar eller multifunktionella ytor även utformas med bräddningslösningar så att skador på bebyggelse undviks även vid extrema nederbördssituationer.

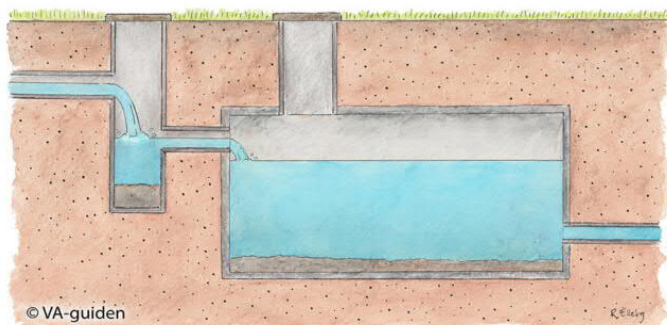
9.2.1 Makadammagasin

Makadammagasinet kan utföras som perkolerande, det är då omslutet av geotextil för att förhindra småpartiklar från att tränga in i det. Om grundvattennivån är hög eller om dagvattnet behöver transporteras vidare för rening omsluts magasinet med tätduk så att inte infiltrerande dagvatten lakar ur förorenat dagvatten och transporterar detta vidare till recipient från utvecklingsområdet genom grundvattnet. I övre delen av magasinet ligger inloppet och dagvatten fördelas via dränledningar med slits nedåt. I botten på magasinets läggs dränerande ledningar sammankopplade med avtappningsledningen. Dagvattnet sipprar då genom stenmaterialet och magasinet töms mellan regntillfällena. Fördelen med underjordiska makadammagasin är den förhållandevis låga anläggningskostnaden samt de goda reningseffekterna. Denna typ av magasin ger god rening av framför allt partikelbundna föroreningar. Nackdelen är att porositeten (ca 30 procent) innebär ett större platsbehov än exempelvis rörmagasin och kassetmagasin. Den hydrauliska förmågan avtar även med tiden vilket innebär att omgrävning kan behöva ske, helt eller delvis i framtiden. Uppströms magasinet kan en brunn med sandfång anläggas för att förhindra sediment att täppa till magasinet.

9.2.2 Sedimentationsmagasin

Ett sedimentationsmagasin är ett underjordiskt magasin som kan vara ihåligt eller fyllt med ett poröst innehåll som makadam. Dock är botten tät till skillnad från ett perkolationsmagasin. Dagvattnet leds in till magasinet via brunnar och ledningar, vartefter det fördröjs och renas, främst genom sedimentation.

Tömning kan ske via överfall, pumpning eller kontinuerligt genom ett strypt utlopp. Platsbyggda sedimentationsmagasin har relativt dyra anläggningskostnader; rörmagasin med förhöjt utlopp kan emellertid fungera som sedimentationsmagasin och är billigare att anlägga. Föroreningar avskiljs mer effektivt ju längre uppehållstid dagvattnet får i magasinet. Det är främst större partiklar som avskiljs men dagvattnet kan även renas från partiklar ner till 1,5 µm. Med ett poröst fyllnadsmaterial kan avskiljningsgrader för koppar, zink, krom, olja och partiklar vara kring 55 – 75 %. Dock avskiljs kväve och andra lösta föroreningar i låg grad. Eftersom även det finare sedimentet innehåller partikelbundna föroreningar är det viktigt att utformningen av magasinet och eventuella inlopp inte bidrar till uppvirvling av partiklar som då förs vidare. För att vidmakthålla reningsfunktionen behöver magasinet slamsugas regelbundet.



Figur 28. Sedimentationsmagasin. Källa: VA-guiden.

9.2.3 Andra tänkbara alternativ

Växtbäddar

Som komplettering eller alternativ skulle växtbäddar vara möjligt att uppföra. Om en växtbädd är korrekt uppbyggd kan dagvatten både fördröjas och renas på ett mycket bra sätt. Växtbäddar kräver dock mer löpande underhåll för att hydrauliska och renande funktioner ska kunna vidmakthållas. Växtbäddens funktioner försämras även om marken kompakteras (trampas ned) och när temperaturen sjunker till ned mot nollstrecket minskar reningsförmågan. Platsbehovet för växtbäddar varierar. I det mest konservativa sättet att beräkna skulle en 0,7 meter djup växtbädd kunna fördröja ca 0,28 m³ per m². Detta bygger på ett sandinblandat jordlager på 0,5 meter och en översvåmningszon på 0,2 meter. Numera byggs växtbäddar ibland upp med pimpsten i de undre delarna, och detta innebär en porositet på upp till 50 procent; att jämföra med sandinblandad matjord som har en ungefärlig porositet på 15 procent.

Dammar

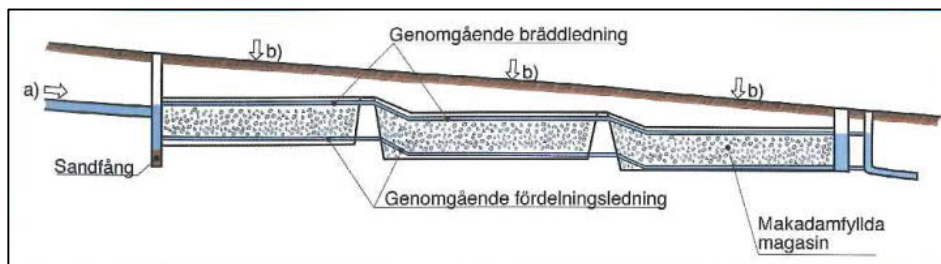
Dammar kan, rätt anlagda och driftade, bidra till mycket god rening för både partikulära föroreningar och även lösta föroreningar. Man bör dock ha i åtanke att en damm både kräver regelbunden skötsel, samt att estetiska aspekter och säkerhetsaspekter behöver beaktas om dammen ligger i ett bostadsområde.

Gräs- och krossdiken

Gräsdiken bidrar till viss rening av dagvattnet, dock inte lika bra som ett makadammagasin eller ett sedimentationsmagasin. Vid en analys av delområde Skogshyddan, där endast gräsdiken simulerades som reningssteg blev resultatet att koncentrationerna för 5 av de studerade ämnena (P, N, Cu, Zn, SS) låg högre än de jämförda riktvärdena.

Krossdiken renar dagvattnet avsevärt bättre än gräsdiken, men i ett krossdike minskar effektiv volym till ca 30 procent jämfört med volymen i ett lika stort gräsdike. Krossdiken kan även gradvis sätta igen med tiden då jord och grus "fastnar" i diket.

Där marken lutar kraftigt kan diken anläggas som terrassdiken. Denna typ av lösning kan ge en större dikesvolym och ett trögare avrinningsförlopp jämfört med ett traditionellt gräsdike. Figur 29 visar ett terrassdike/seriekopplat magasin som fyllts med kross. Figur 30 visar exempel på terrassdike.



Figur 29. Principskiss över seriekopplade magasin. Fall a: allt vatten leds in i det övre magasinet, fall b: vattnet fördelas jämt. Illustration: Svenskt Vatten P105.



Figur 30. Exempel på terrassdike/damm från stadsparken i Västervik.

Om lokalgator byggs med enkelsidigt tvärfall kan dessa försees med mindre krossdiken vilket är gynnsamt ur reningssynpunkt. Dagvattnet från vägytan avrinner direkt till diket, utan kantstenar eller rännstensbrunnar, se figur 31. Krossmaterialet i diket innebär emellertid att tillgänglig volym minskar till en tredjedel av ett öppet dike, men reningen i diket är generellt sett högre än i ett gräsdike.



Figur 31. Exempel på vägavvattning till mindre makadamdike. Bildkälla: Stockholm vatten.

Översvämningsytor

Multifunktionella, torra eller delvis torra översvämningsytor kan vara utformade på olika sätt där syftet är att tillåta ytan översvämmas vid behov. Ytorna är nedsänkta och utformas med ett reglerat utlopp

som ofta sitter något upphöjt för att tillfälliga vattenspeglar ska bildas vid hög avrinning. För att utnyttja större delen av den skålformade volymen kan ett bräddutlopp sitta högt upp i ytan. Se exempel i figur 32.



Figur 32. En torr översvämningssyta kan utformas på valfritt vis. Kombinerar gärna med möjlighet till lek, spel eller annan rekreation.

Gröna tak

Gröna tak bedöms kunna magasinera mellan 50 och 75 procent av årsnederbörden. Den volym som magasineras kommer dock i huvudsak från relativt små, men många regntillfällen. Vid intensiva och långvariga regn mättas taket, och när taket är vattenmättat rinner resterande nederbörd ofördröjt av. Det gröna takets magasineringsförmåga beror även på vilken lutning taket har. Ett platt tak innebär större förutsättningar att magasinera dagvatten. Svenskt Vatten anger att vid kraftiga regntillfällen fördröjs endast de första 5 millimeterna, medan övrig nederbörd rinner av. Utvecklingen av gröna tak går dock stadigt framåt. En tillverkare av olika gröna lösningar anger att de har sedumtak som kan fördröja mellan 18 och upp till 45 mm regn på flacka gröna tak. Det skulle innebära att 1000 m² flackt tak skulle kunna fördröja från 18m³ upp till 45 m³ beroende på mättnadsgrad när det intensiva regnet börjar. Gröna tak ställer dock högre krav på underliggande konstruktion. Taken kräver även viss skötsel för att funktionen ska kunna vidmakthållas över tid. På vinterhalvåret när temperaturen går under noll blir även det gröna takets förmåga att magasinera och rena dagvatten begränsad. Exempel på grön taklösning framgår av figur 33.



Figur 33. Grönt sedumtak på garagebyggnad i Kungsbacka. Bildkälla: VegTech AB.

Nyanlagda gröna tak *kan* släppa förhållandevis höga koncentrationer (dock låga mängder) av näringsämnen om växtligheten inte är väletablerad. Detsamma gäller efter gödsling av vegetationsmattorna. Det rekommenderas härvid att anlägga väletablerade vegetationsmattor samt gödsla minimalt, och använda gödsel som frisätter näring långsamt, och där gödslet enbart frisläpps vid de temperaturer då växtligheten förmår ta upp näringsämnena.

Genomsläppliga beläggningar

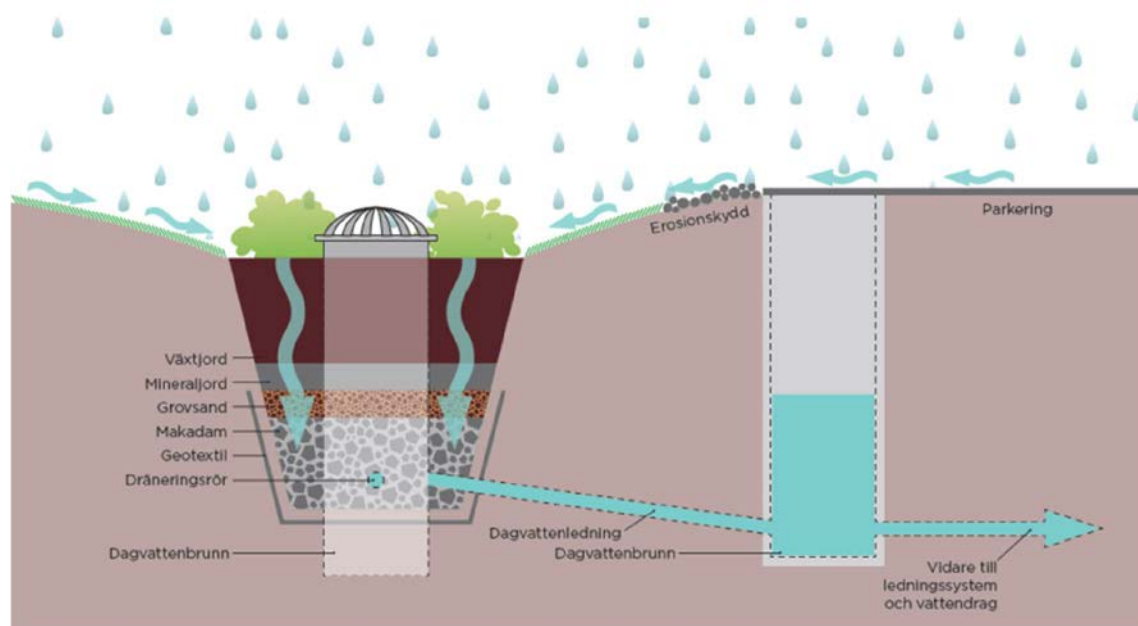
Olika typer av genomsläppliga beläggningar kan tillämpas som alternativ till asfalterade ytor. Beläggning kan bestå av exempelvis grus eller hålstensbeläggning, se figur 34. Vid kraftig marklutning är dessa lösningar mindre lämpliga. Om betonghålsten läggs är det viktigt att det gräs- eller grusmaterial som ligger i hålrummen inte ligger för högt. Detta leder till kompaktering och till att den infiltrerande förmågan avtar. Rening av dagvattnet sker genom filtrering och fastläggning. Underliggande lager ska inte innehålla nollfraktioner så att infiltration möjliggörs.



Figur 34. Parkering med raster. Bildkälla: Sweco.

Översilningsytor

Om avrinningen från en parkeringsyta kan ske via översilningsyta till ett dike istället för via en dagvattenbrunn till en ledning ökar både trögheten och reningen. Upphöjd kupolbrunn leder till att viss buffring av vattnet kan erhållas, se figur 35.



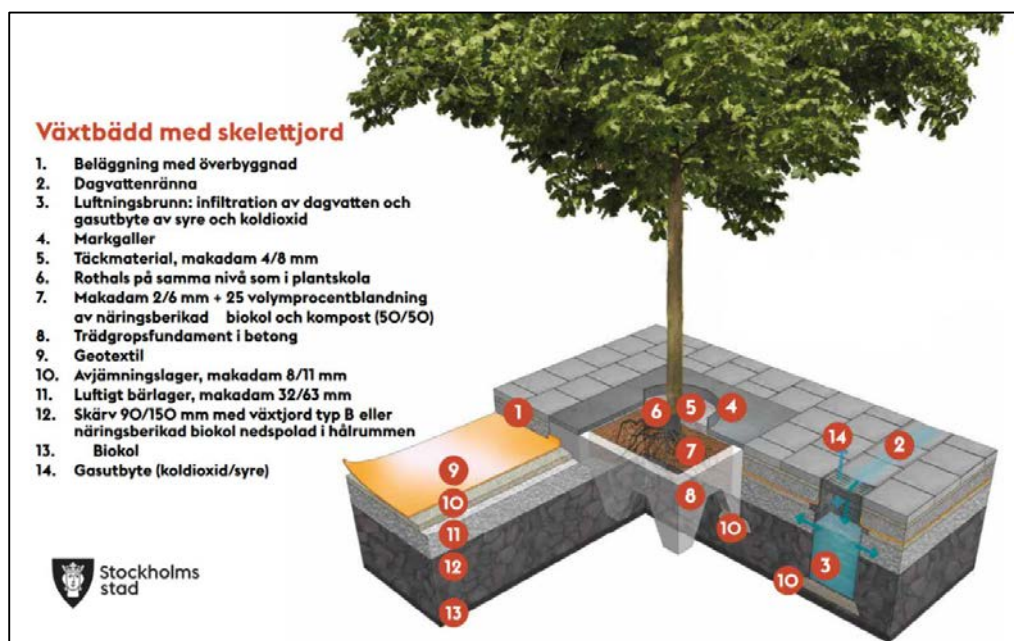
Figur 35. Principuppbbyggnad för översilningsyta intill parkering med upphöjd kupolbrunn. Bildkälla: COWI

Skelettjordar

Skelettjordar med träd har flera användningsområden. Skelettjorden fördröjer och renar dagvatten men skapar även en god miljö för träd att växa i trots omgivande hårdgjorda ytor. Dagvattnet leds oftast till anläggningen via rännstensbrunnar med sandfång, men variationer finns. Dagvattnet renas då det infiltrerar genom skelettjorden, men även med hjälp av växtupptag. Om vattnet kan perkolera genom underliggande material kan även lösta partiklar avskiljas. Överskott av dagvatten avleds normalt vid dräneringsledning.

Skelettkonstruktioner anläggs främst i syfte att ge bärighet och goda förutsättningar för växtlighet (ofta för stadsträd). Själva skelettjorden består av makadam som blandas med kompost eller exempelvis biokol, även så kallad kolmakadam. Skelettjordar anläggs på kvartersmark eller allmän platsmark för att ta hand om dagvatten från exempelvis gator, parkeringar, gångvägar och tak. Fyllningen bör ha en porositet på ca 30 % och rymmer i storleksordningen 3-4 m³ vatten per träd. Storleken på trädgroppen får inte vara för liten, utan behöver vara tillräckligt stor för att trädet ska kunna utveckla sitt rotsystem.

I skelettjordar avskiljs sediment och därmed partikelbundna föroreningar mycket väl, ca 55-90 %, dock medför detta en hög risk för igensättning. Rening av lösta föroreningar beror mycket på materialvalet och underhåll av skelettkonstruktionen. Reningen bedöms bli högre om man utformar skelettkonstruktionen nedsänkt (som en regnbädd) och kan infiltrera dagvattnet genom växtjorden/filtermaterialet. Principskiss för växtbädd med skelettjord framgår av figur 36.



Figur 36. Principskiss för skelettjord. Bildkälla: Stockholm stad

9.2.4 Förslag inom utvecklingsområdet

För överblick över de förslag som förs fram i utredningen, se bilaga 2. Följande text är en beskrivning av förslagen i varje delområde.

Delområde 1, Förskolan

I detta delområde finns en dagvattenservis i det sydöstra hörnet av fastigheten. För att fortsatt kunna nyttja den och fördröja både befintliga och framtida flöden föreslås ett underjordiskt makadammagasin

eller sedimentationsmagasin för fördröjning och rening av dagvattnet, se bilaga 2 och 4. Eventuellt kan befintlig dagvattenledning som skapades för tidigare barackbyggnad användas för de nya ytorna som ska avvattnas. Fördröjningsanläggningar som visas i bilaga 2 är beräknade efter att befintligt flöde upp till 10-årsregn fördröjs för hela fastigheten.

I bilaga 4 visas enbart två förslag gällande Skogshyddan, och där villkoret 20 mm fördröjning per reducerad hårdgjord area tillämpas. Förslagen innebär endera att fördröjning skapas för hela fastigheten, eller att enbart dagvatten från nyttillkommande ytor fördröjs.

Delområde 2, Älgen

Genom delområdet behöver ett lågstråk skapas som utgör skyfallsled, se kapitel 8.1.2 och bilaga 2. För "normal" dagvattenhantering föreslås makadammagasin, alternativt sedimentationsmagasin som placeras i östra delen. Kontrollerad avtappning sker till ledningsnät i Skogsvägen eller längre nedströms längs samma ledningsstråk.

Delområde 3, Almen

Dagvatten som uppkommer i området föreslås fördröjas i makadammagasin, alternativt sedimentationsmagasin i östra delen av delområdet. Sannolikt behöver makadammagasinet, om sådant anläggs, att förses med tätduk på grund av problem som finns med vatteninträngning i nedströms bostäder (Poppeln 1 och Söder 7). Detta gäller även föreslaget uppsamlade skyfallsdike. Avtappning från fördröjningsanläggningarna sker mot ny dagvattenledning längs ny infartsväg, som kopplas till befintligt ledningsnät för dagvatten vid Strömsdalsvägen.

Delområde 4, Hammardal

I delområdets norra del är det viktigt att de jordmassor som schaktas upp kontrolleras avseende föroreningsinnehåll då det finns risk för förorenad jord, se utdrag ur EBH-kartan, figur 4. EBH-kartan hänvisar enligt uppgift till oljecisterner som kommer att lyftas bort. Huvudsakligt förslag till fördröjning innebär att fördröjning sker i södra delen och i vägområdet eller i grönytan mellan föreslagen bebyggelse och det befintliga diket, se bilaga 2. Fördröjningsanläggningar samordnas lämpligen med skyfallsdikenas placering så att anläggningarna kan bräddas kontrollerat.

10 KONSEKVENSER AV FÖRESLAGNA ÅTGÄRDER

De förslag till fördröjning som är framtagna i denna utredning innebär att dagvattenflödet vid alla regn upp till 10-årsregnet inte ökar mer än vad befintliga flöden vid 10-årsregn beräknas uppgå till. För att kunna kontrollera framtida avrinning behöver åtgärder vidtas som kommer att leda till att den diffusa avrinningen minskar; avrinnande dagvatten kommer att ledas till ytor där fördröjning, rening och kontrollerad avtappning kan ske.

Befintlig och framtida föroreningsbelastning samt simulering av reningsanläggningar för dagvatten har utförts i programmet StormTac. Eftersom utvecklingsområdet idag innehåller en hel del gräsytor är befintlig föroreningsbelastning förhållandevis låg i utgående dagvatten. Analyserna i StormTac visar att med föreslagen rening hamnar majoriteten av föroreningshalterna i studerade ämnen under, eller mycket nära de riktvärden som Miljöförvaltningen, Göteborgs stad anger i sitt styrdokument RH2020:1. För delområdet Skogshyddan har det undersökts huruvida befintligt gräsdike som ligger närmast uppströms Hjoån och som följer södra delen av delområde Hammardal bidrar ytterligare till rening. Modelleringen visar att om föreslagna anläggningar skapas OCH den rening som kan förväntas i befintligt gräsdike beaktas, så minskar mängderna avseende flertalet undersökta ämnen jämfört med befintlig situation. Dessutom underskrids riktvärdena för samtliga studerade ämnen avseende

koncentrationer. Om ambitionen är att understiga mängder och halter ytterligare behöver rening ske i flera steg.

För att vidmakthålla rening av dagvatten behöver de anläggningar som uppförs även underhållas. Föreslagna anläggningar har olika drift och skötselbehov. För biologiska reningssteg gäller även att reningsgraden kommer att variera beroende på årstid.

De reningssteg som primärt studerats för området är underjordiska makadammagasin och sedimentationsmagasin (rörmagasin med upphöjda utlopp). I simuleringsprogrammet StormTac har även växtbäddar simulerats som reningssteg för delområdet Skogshyddan.

Det ska nämnas att StormTac anger osäker i olika grad beträffande basflödeshalterna för vissa ämnen och markanvändning. Störst osäkerheter gäller för nickel (Ni), kvicksilver (Hg) och bensoapyrene (BaP). Detta kan antas bero på variationer i det statistiska underlaget i programmets databas. Även reningsförmågan i simulerade anläggningar har osäkerheter beträffande vissa ämnen. Att jämföra föroreningsgraden mellan olika markanvändning, samt anläggningars reningsförmåga blir därmed inte hundra procentigt rättvist. De värden som erhålls via StormTac ska därför ses som indikationer snarare än absoluta siffror.

Vid val av renings- och fördröjningslösning behöver hänsyn tas till reningsbehov, platsbehov, platstillgång och storlek på fördröjningsvolym.

10.1 DELOMRÅDE 1 SKOGSHYDDAN

För delområdet har primärt två anläggningstyper undersökts, underjordiskt makadammagasin samt sedimentationsmagasin. Reningseffekterna ha undersökts i varje anläggning för sig, inte en kombination av de två. Resultatet av modelleringen redovisas i tabell 20. **Grönt fält** visar att ämnet renas till under befintlig nivå.

Tabell 22. Föroreningsmängder före och efter exploatering samt efter simulerade reningssteg.

Ämne	Befintlig belastning (kg/år)	Enligt nuvarande exploaterings-förslag, ingen rening (kg/år)	Efter expl. rening via makadammagasin (kg/år)	Renings-effekter (%)	Efter expl. rening via sedimentationsmagasin (kg/år)	Renings-effekter (%)
P	0,27	0,56	0,48	14	0,34	40
N	2,7	3,6	2,6	29	3,4	5,7
Pb	0,010	0,026	0,0069	73	0,014	44
Cu	0,025	0,049	0,027	44	0,03	39
Zn	0,084	0,19	0,068	65	0,12	37
Cd	0,00049	0,0012	0,0005	57	0,00077	33
Cr	0,0075	0,020	0,011	45	0,012	41
Ni	0,0065	0,018	0,0084	54	0,012	32
Hg	0,000032	0,000062	0,000046	26	0,000041	34
SS	54	130	38	70	81	36
Oil	0,47	1,2	0,45	61	0,17	85
BaP	0,000033	0,000089	0,000052	41	0,000062	30

Modelleringen och jämförelsen visar att makadammagasinet renar fler ämnen bättre än sedimentationsmagasinet. Avseende fosfor renas vattnet dock bättre i sedimentationsmagasinet. Resultat avseende halter redovisas i tabell 21. Gröna fält visar att riktvärde klaras eller underskrids.

Tabell 23. Föroreningshalter före och efter exploatering samt efter simulerade reningssteg.

Ämne	Befintlig belastning (µg/l)	Enligt nuvarande exploateringsförslag,ingen rening (µg/l)	Efter expl. rening via makadam-magasin (µg/l)	Efter expl. rening via sedimentations-magasin (µg/l)	Riktvärde Miljöförvaltningen Gbg stad (µg/l)
P	140	230	200	140	50
N	1 400	1 500	1 000	1 400	1 250
Pb	5,3	10	2,8	5,8	28
Cu	13	20	11	12	10
Zn	43	78	27	49	30
Cd	0,25	0,47	0,2	0,31	0,9
Cr	3,8	8,3	4,5	4,9	7
Ni	3,3	7,3	3,4	5	68
Hg	0,017	0,025	0,018	0,016	0,07
SS	28 000	51 000	15 000	33 000	25 000
Oil	240	470	180	70	1 000
BaP	0,017	0,036	0,021	0,025	0,05

Beträffande halter visar modelleringen att fosfor renas något bättre i sedimentationsmagasinet. Sju respektive fem av de undersökta ämnenas halter är oförändrade eller ligger under befintlig belastning.

Ytterligare rening förväntas ske innan utgående dagvatten når Hjoån. Detta sker nedströms utloppet från det kommunala ledningsnätet längs en sträcka av ca 150 meter i det gräsdike som har utlopp i Hjoån. Enligt en grov beräkning kommer då fosforhalterna ner till ca 100 µg/l. Alla övriga ämnen hamnar då under Miljöförvaltningens riktvärden.

För delområdet Skogshyddan har det undersökts om dagvattenhantering och rening via växtbäddar skulle kunna ge motsvarande eller bättre rening jämfört med de som undersökts ovan. De procentuella reningseffekterna där växtbäddar jämförs med sedimentationsmagasin framgår av tabell 22.

Tabell 24. Reningseffekter Skogshyddan. Jämförelse mellan sedimentationsmagasin och växtbäddar.

Delområde Skogshyddan	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Oil	BaP
Rening via Sedimentationsmagasin (%)	40	5.7	44	39	37	33	41	32	34	36	85	30
Rening via Växtbäddar (%)	44	32	73	44	74	81	48	76	48	64	61	80

Det kan konstateras att rening via växtbäddar är bättre avseende alla undersökta ämnen frånsett för oljor. Det kan antas att den biologiska reningen (växtupptag) kombinerat med den filtrerande rening som sker via växtjorden är orsaken till förbättrad reningsresultat i växtbädd. Om man kan säkra plats och regelbundet underhåll för växtbäddar är således dessa ett tänkbart alternativ. Att fördröja allt uppkommande dagvatten i delområdet Skogshyddan skulle (konservativt beräknat) innebära att knappt 57 m² växtbädd behöver skapas. (fördröjningsbehov 16 m³ / 0,28).

10.2 DELOMRÅDE 2 ÄLGEN

Delområdets nuvarande bebyggelseförslag innebär att en effektiv fördröjningsvolym om 98 m³ behöver skapas. I StormTac har det undersökts om makadammagasin alternativt sedimentationsmagasin kan

både fördröja och generera tillräcklig rening. Resultatet av modelleringen redovisas i tabell 23. **Grönt fält** visar att ämnet renas till under befintlig nivå.

Tabell 25. Älgen. Föroreningsmängder före och efter exploatering samt efter simulerade reningssteg.

Ämne	Befintlig belastning (kg/år)	Enligt nuvarande exploateringsförslag,ingen rening (kg/år)	Efter expl. rening via makadam-magasin (kg/år)	Renings-effekter (%)	Efter expl. rening via sedimentations-magasin (kg/år)	Renings-effekter (%)
P	0,36	1,1	0,75	29	0,45	58
N	3,6	9,3	5,3	43	8,3	11
Pb	0,012	0,057	0,0099	83	0,021	64
Cu	0,031	0,12	0,046	62	0,05	58
Zn	0,087	0,40	0,12	69	0,18	54
Cd	0,00067	0,0028	0,0011	61	0,0014	49
Cr	0,013	0,050	0,019	61	0,02	60
Ni	0,0092	0,040	0,017	58	0,021	47
Hg	0,000067	0,00014	0,00008	43	0,00007	50
SS	85	390	79	80	160	58
Oil	0,94	3,1	0,86	72	0,46	85
BaP	0,000062	0,00022	0,000093	58	0,00012	45

I makadammagasinet renas kväve och metaller något bättre än i sedimentationsmagasinet. Fosforeringen blir dock något bättre i sedimentationsmagasinet. Tre respektive ett undersökt ämne hamnar under befintlig belastning.

Resultat avseende halter framgår av tabell 24. **Grönt fält** visar att ämnet renas till under befintlig nivå.

Tabell 26. Älgen. Föroreningshalter före och efter exploatering samt efter simulerade reningssteg.

Ämne	Befintlig belastning (µg/l)	Enligt nuvarande exploateringsförslag,ingen rening (µg/l)	Efter expl. rening via makadam-magasin (µg/l)	Efter expl. rening via sedimentations-magasin (µg/l)	Riktvärde Miljöförvaltningen Gbg stad (µg/l)
P	120	200	140	86	50
N	1 200	1 800	1 000	1 600	1250
Pb	4,3	11	1,9	4	28
Cu	11	23	8,8	9,7	10
Zn	30	77	24	35	30
Cd	0,23	0,53	0,2	0,27	0,9
Cr	4,4	9,7	3,7	3,8	7
Ni	3,2	7,6	3,2	4	68
Hg	0,023	0,027	0,015	0,013	0,07
SS	29 000	75 000	15 000	31 000	25 000
Oil	330	590	160	89	1 000
BaP	0,021	0,043	0,018	0,023	0,05

Beträffande halter visar modelleringen att fosfor (P) renas något bättre i sedimentationsmagasinet.

När makadammagasinet modelleras hamnar alla undersökta ämnen utom fosfor under befintliga värden och under riktvärdena. Sex av ämnena hamnar under befintlig belastning om sedimentationsmagasin modelleras. Flertalet ämnen ligger även under riktvärdena i båda anläggningstyperna. Även här förväntas ytterligare rening ske när dagvattnet når det dike som ligger uppströms Hjoån. Om sedimentationsmagasin och gräsdike simuleras (i serie) hamnar alla mängder under de befintliga och alla halter hamnar under riktvärdena. Även gällande delområde Älgen kan därmed ytterligare rening förväntas när dagvattnet leds via utloppsdiket mot Hjoån (150 meter långt gräsdike).

Även i detta delområde kan det förväntas något bättre reningseffekter (motsvarande vad som framgår av tabell 22) om växtbäddar anläggs.

10.3 DELOMRÅDE 3 ALMEN

Delområdets nuvarande bebyggelseförslag innebär att en effektiv fördröjningsvolym om 53 m³ behöver skapas för kvartersmark och angöringsvägar. I StormTac har det undersökts om makadammagasin alternativt sedimentationsmagasin kan både fördröja och generera tillräcklig rening. Resultatet av modelleringen redovisas i tabell 25. **Grönt fält** visar att ämnet renas till motsvarande samma eller under befintlig nivå.

Tabell 27. Almen. Föroreningsmängder före och efter exploatering samt efter simulerade reningssteg.

Ämne	Befintlig belastning (kg/år)	Enligt nuvarande exploateringsförslag, ingen rening (kg/år)	Efter expl. rening via makadammagasin (kg/år)	Renings-effekter (%)	Efter expl. rening via sedimentationsmagasin (kg/år)	Renings-effekter (%)
P	0,11	0,19	0,11	40	0,044	76
N	0,91	2,1	0,99	53	1,7	20
Pb	0,0025	0,008	0,00071	91	0,001	87
Cu	0,007	0,019	0,0054	72	0,0043	78
Zn	0,017	0,063	0,017	73	0,015	76
Cd	0,00012	0,00044	0,00015	65	0,00015	65
Cr	0,0014	0,0075	0,0019	75	0,0022	71
Ni	0,00097	0,0064	0,0026	60	0,0021	67
Hg	0,0000078	0,000039	0,000016	60	0,000014	65
SS	16	45	13	72	11	77
Oil	0,11	0,6	0,12	80	0,09	85
BaP	0,0000042	0,000045	0,000011	75	0,000013	72

Fem, respektive sex av de undersökta ämnena får mängder som motsvarar eller understiger befintliga mängder. Fosfor renas bättre i sedimentationsmagasinet.

Resultat avseende halter redovisas i tabell 26. **Grönt fält** visar att ämnet renas till under befintlig nivå.

Tabell 28. Almen. Föroreningshalter före och efter exploatering samt efter simulerade reningssteg.

Ämne	Befintlig belastning (µg/l)	Enligt nuvarande exploateringsförslag, ingen rening (µg/l)	Efter expl. rening via makadam-magasin (µg/l)	Efter expl. rening via sedimentations-magasin (µg/l)	Riktvärde Miljöförvaltningen Gbg stad (µg/l)
P	120	130	76	30	50
N	1 100	1400	670	1 100	1 250
Pb	2,9	5,4	0,48	0,71	28
Cu	8,1	13	3,7	2,9	10
Zn	20	43	11	10	30
Cd	0,14	0,3	0,1	0,1	0,9
Cr	1,6	5,1	1,3	1,5	7
Ni	1,1	4,4	1,8	1,4	68
Hg	0,009	0,027	0,011	0,0093	0,07
SS	19 000	31 000	8 600	7 200	25 000
Oil	130	410	81	61	1 000
BaP	0,0048	0,031	0,0077	0,0087	0,05

Nio av de tolv undersökta ämnena får halter som motsvarar eller understiger befintliga halter. Frånsett fosforeringen i makadammagasin får samtliga undersökta ämnen halter som understiger jämförda riktvärden. Halten 76 µg/l (P) är emellertid mycket låg. Modelleringen visar att fosfor (P) renas något bättre i sedimentationsmagasinet. Ytterligare rening kan förväntas när dagvattnet släpps vidare till det gräsdike som leder vattnet ut till Hjoån. På samma sätt som i delområde Skogshyddan skulle rening via växtbäddar kunna ge ytterligare förbättrad rening.

10.4 DELOMRÅDE 4 HAMMARDAL

Delområdets nuvarande bebyggelseförslag innebär att en effektiv fördröjningsvolym om 162 m³ behöver skapas för kvartersmark och angöringsvägar. I StormTac har det undersökts om makadammagasin alternativt sedimentationsmagasin kan både fördröja och generera tillräcklig rening. Resultatet av modelleringen redovisas i tabell 27. **Grönt fält** visar att ämnet renas till motsvarande samma eller under befintlig nivå.

Tabell 29. Hammardal. Föroreningsmängder före och efter exploatering samt efter simulerade reningssteg.

Ämne	Befintlig belastning (kg/år)	Enligt nuvarande exploateringsförslag,ingen rening (kg/år)	Efter expl. rening via makadam-magasin (kg/år)	Renings-effekter (%)	Efter expl. rening via sedimentations-magasin (kg/år)	Renings-effekter (%)
P	0,34	1,5	0,88	40	0,28	81
N	4,0	12	5,7	53	9,9	17
Pb	0,0095	0,08	0,0055	93	0,01	87
Cu	0,029	0,16	0,033	80	0,036	78
Zn	0,07	0,55	0,15	73	0,13	76
Cd	0,00047	0,0037	0,0013	65	0,0013	65
Cr	0,0059	0,064	0,016	75	0,019	71
Ni	0,0041	0,052	0,021	60	0,017	67
Hg	0,000041	0,00014	0,000057	60	0,000049	65
SS	53	540	80	85	88	84
Oil	0,53	3,8	0,75	80	0,56	85
BaP	0,000022	0,00027	0,000067	75	0,000097	64

Mängderna av bly hamnar under befintlig belastning i makadammagasinet och halten fosfor hamnar under befintlig belastning i sedimentationsmagasinet. Resultat avseende koncentrationer framgår av tabell 28. Gröna fält visar att halt motsvarar eller understiger riktvärdet.

Tabell 30. Hammardal. Föroreningshalter före och efter exploatering samt efter simulerade reningssteg.

Ämne	Befintlig belastning (µg/l)	Enligt nuvarande exploateringsförslag,ingen rening (µg/l)	Efter expl. rening via makadam-magasin (µg/l)	Efter expl. rening via sedimentations-magasin (µg/l)	Riktvärde Miljöförvaltningen Gbg stad (µg/l)
P	110	230	140	44	50
N	1 200	1 900	880	1 500	1 250
Pb	2,9	12	0,85	1,6	28
Cu	8,9	25	5,1	5,6	10
Zn	21	85	23	21	30
Cd	0,14	0,57	0,2	0,2	0,9
Cr	1,8	9,9	2,5	2,9	7
Ni	1,3	7,9	3,2	2,7	68
Hg	0,013	0,022	0,0087	0,0076	0,07
SS	16 000	83 000	12 000	14 000	25 000
Oil	160	580	120	87	1 000
BaP	0,0066	0,041	0,01	0,015	0,05

Av modelleringen framgår att fosfor renas bättre i sedimentationsmagasinet. Alla ämnen utom fosfor (makadammagasin) respektive kväve (sedimentationsmagasin) ligger under riktvärdena. 6 ämnen hamnar under befintliga om vattnet leds via makadammagasin och sju ämnen hamnar under befintliga halter om vattnet leds via sedimentationsmagasinet.

Även i detta fall kan ytterligare rening förväntas i det gräsdike som vattnet rinner via innan det når Hjoån. Reningen kan även förbättras om dagvattenhanteringen sker via växtbäddar enligt beskrivet ovan (tabell 22 m fl.).

10.5 KONSEKVENSER AV PLANFÖRSLAGET PÅ MILJÖKVALITETSNORMERNA FÖR YTVATTEN

Enligt tabellerna 14–30 visar resultaten från föroreningsberäkningarna på att bebyggelseförslaget innebär en ökning av samtliga ämnens mängder och halter som leds till recipienten från utredningsområdet om inga nya reningsåtgärder skapas. För att minska mängder och halter av föroreningar som når recipienten krävs rening av dagvattnet.

Genom att rena dagvattnet via makadammagasin, sedimentationsmagasin och/eller växtbäddar bedöms den ökade föroreningsbelastningen från utvecklingsområdet hållas på en acceptabel nivå för recipienterna. Koncentrationerna minskar och mängder sjunker avseende flertalet ämnen/ämnesgrupper tack vare reningsåtgärderna. När exploateringsförslaget är mer detaljerat finns det möjlighet att undersöka om alternativa reningssteg såsom exempelvis översilningsytor, krossdiken och skelettjordar kan anläggas i delar av utvecklingsområdet. Placering och utbredning av dessa måste emellertid fastställas då planarbetet kommit längre än i nuvarande förslag. Nuvarande bebyggelseförslag innehåller en hel del gröna inslag och bidrar totalt sett till goda möjligheter att kunna följa miljö kvalitetsnormerna, MKN för Hjoån. Ingen enskild kvalitetsparameter bedöms heller försämrats om föreslagna renande åtgärder genomförs.

Om helt andra val av reningslösningar anläggs för dagvattenhantering inom utredningsområdet är det emellertid nödvändigt att se över att de har motsvarande reningseffekt på dagvattnet som de föreslagna lösningarna för att inte riskera att möjligheterna att följa miljö kvalitetsnormerna påverkas negativt. Eftersom näringsämnespåverkan utpekas som ett problem för båda recipienterna bör det säkerställas att dagvatten från utvecklingsområdet renas till en nivå så att recipienterna inte får en försämring gällande näringsämnen. Samma resonemang gäller avseende kvicksilver och kvicksilverföreningar.

11 SLUTSATSER - DISKUSSION

Då dagvattenflödet förväntas öka med tänkt exploatering är det rimligt att fördröja och flödesutjämna dagvattnet nära källan från respektive delområde, vilket leder till att nedströms diken och ledningsnät får hantera flöden som motsvarar dagens situation. Om dagvatten släpps ofördröjt till ledningsnät för att fördröjas längre nedströms finns det risk att kapaciteten i vissa ledningssträckor överskrids. Detta kan leda till att fastigheter nedströms utsätts för översvämningssrisk.

Inom utvecklingsområdet antas infiltrationskapaciteten i jordarterna vara medelhög till hög vilket kan innebära att fördröjning i viss utsträckning kan ske i anläggningar/diken som medger infiltration. I delområde Almen rekommenderas dock att täta fördröjningsanläggningar skapas på g a nuvarande problem vid nedströms befintliga fastigheter. Eftersom marken mätts vid extrem nederbörd är det likväl viktigt att ytlig avrinning kan ske utan att skada bebyggelse. Detta är till stor del en fråga om höjdsättning av vägar och tomtmark.

Vid vidare utredning och projektering av kommande exploatering ska hänsyn visas till de skyfallsleder som pekas ut i Ramböls skyfallsutredning samt i detta dokument. Skyfallsvattnets rinnvägar behöver hanteras och det bör undersökas om dessa kan styras om på några platser vilket beskrivs i kapitel 8.

Om extremnederbörd faller som leder till översvämning vid Skogsvägen väntas de vattendjup som uppstår där inte stiga mer än till ca 10 cm. Detta baseras på den höjddata som finns tillgänglig. Med denna indata som grund görs bedömningen att tillgängligheten inte äventyras vid Skogsvägen södra

del. Detta kan kontrolleras närmare, men för att erhålla ett mer tillförlitligt resultat behöver vägkanter, intilliggande mark och brunnar mätas in i det aktuella vägningsnittet.

Framtida klimatmodeller visar att både torrperioder och perioder med stora nederbörds mängder kommer att inträffa oftare i framtiden. De fastigheter som har kända problem med skyfallsflöden kan förvänta sig fortsatta problem om inte skyfallsleder skapas som kan lindra påverkan. Man bör dock betänka att i större delen av Hjo stad lutar marken bitvis kraftigt mot Vättern och Hjoån. Risken för att problem kan uppstå vid extremnederbörd kan antagligen inte helt elimineras. Oavsett detta ska ambitionen vara att säkra befintlig och framtida bebyggelse för att minimera negativa konsekvenser av 100-årsregn.

De reningsanläggningar som föreslagits innebär att dagvattnet renas till en nivå som inte försämrar situationen för Hjoån. Snarare indikeras att möjligheter finns att dagvattenkvaliteten kan förbättras något avseende flera av de undersökta ämnena. Föroreningsmodelleringen visar att rening endast i gräsdiken inte är tillräcklig för att nå de riktvärden avseende koncentrationer som använts som jämförelse. De reningssteg som inte simulerats, men som väsentligt bedöms kunna bidra till god rening är skelettjordslösningar, krossdiken, dammar och komplettering med översilningsytor. I ett av delområdena simulerades växtbäddar och det indikeras att denna reningsmetod förbättrar kvaliteten på utgående dagvatten markant. Man bör dock ha i åtanke att alla reningssteg som innebär biologisk rening och öppna lösningar fordrar ett regelbundet underhåll för att anläggningens renings- och fördröjningsfunktioner ska kunna vidmakthållas över tid.

12 REFERENSER

Miljöteknisk markundersökning, Söder 3:43, Relement Miljö Väst AB, sept- 2021

Svenskt Vattens publikationer P105 och P110

Skyfallshantering, Hjo kommun, Ramböll 2023-06-08

Riktlinjer och riktvärden för utsläpp av förorenat vatten till dagvattennät och recipient RH2020:13, Miljöförvaltningen, Göteborgs stad

Naturvårdsverkets karta, Skyddad natur <https://skyddadnatur.naturvardsverket.se/>

Vatteninformationssystem Sverige <https://viss.lansstyrelsen.se/>

Länsstyrelserna EBH-kartan <https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=ed0d3fde3cc9479f9688c2b2969fd38c>

SGU jordartskarta <https://apps.sgu.se/kartvisare/>

Scalgo Live <https://scalgo.com/sv/>

StormTac Web, Stormwater Solutions <https://www.stormtac.com/> och <https://app.stormtac.com/index.php>

Grundkarta, Karta över befintligt VA samt skissförslag från Hjo kommun

VA-guiden, Anläggningswiki <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/>

Stockholms stad, 2016. Dagvattenhantering-Åtgärdsnivå vid ny- och större ombyggnation. Hämtad från: https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/atgardsniva_v1-1_fi.pdf.

WRS, 2016. PM-Åtgärdsnivå för dagvatten i Stockholm. Hämtad från: https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/pm_atgardsniva.pdf.

13 BILAGOR

Bilaga 1	Delavrinningsområden och befintliga dagvattenledningar
Bilaga 2	Förslag till dagvattenhantering (tidigare förslag Skogshyddan)
Bilaga 3	Rinnvägar och vattendjup Scalgo, 50mm nederbörd
Bilaga 4	Förslag till dagvattenhantering Skogshyddan (baserat på skissförslag 2024-04-24)

VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 50 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Så tar vi ansvar för framtiden.

wsp.com

WSP Sverige AB
Box 13033
402 51 Göteborg
Besök: Fabrikstorget 1

T: +46 10-722 50 00
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
wsp.com

