



Göteborgs Stad
Kretslopp och vatten



Bostäder och verksamheter vid Karlavagnsplatsen, Lindholmen

Dagvattenutredning 2017-02-17

Sammanfattning

Denna utredning syftar till att utreda förhållandena för dagvattenhantering för detaljplanen som helhet. Serneke, som ska exploatera området, tar fram en separat dagvattenutredning som behandlar dagvattenhantering inom kvarteretsmark.

Den nya trafiksituationen leder till att vissa gator väntas få mindre än 2000 fordon/dygn, vilket innebär en begränsad föroreningspåverkan. Trafikintensiteten för samtliga nya vägarna inom planområdet väntas bli under 8000 fordon/dygn. Enligt den uppdaterade matrisen för dagvattenrening innebär det att dagvattnet ska genomgå enklare rening. I detta fall har diken och översilningsytor föreslagits. Med denna typ av rening klarar halterna målvärden som är applicerbara för utsläpp till mindre känsliga recipienter, där Göta älv ingår. Dagvatten från GC-vägar, grönytor och torg är inte att betrakta som förorenat när det leds till Göta älv, men strävan måste alltid vara att begränsa föroreningar eftersom det är den totala mängden som påverkar recipienten på årsbasis. Alla halter är under målvärdena efter exploatering, därtill ytterligare reducerade efter rening. Rening av dagvatten från kvarteretsmark är ej medräknat, därmed väntas föroreningstransporten ut från området reduceras jämfört med utredningens beräkningar.

Beräkningar tillsammans med resonemang tyder på att marksanering och dagvattenanläggningar kommer bidra till en minskad total föroreningsbelastning till Göta älv. Därmed försämrar planen inte möjligheterna att nå miljö kvalitetsnormerna (MKN) i Göta älv. En mindre del av dagvattnet kommer sannolikt också i framtiden ledas till kombinerad ledning men beräkningarna har utgått från att allt dagvatten separeras från kombinerat nät och leds till Göta älv.

Intill alla de större vägarna där rening krävs finns grönytor som kan utformas som diken, därmed finns tillräckliga ytor inom planen för dagvattenhantering på allmän platsmark. Utredningen för kvarteretsmark får visa hur situationen ser ut men ändringen av plankartan mellan byggnaderna försämrar möjligheterna till en bra dagvattenhantering på kvarteretsmark.

Fördröjning på allmän platsmark föreslås också som magasin vid Polstjärnegatan innan anslutning till kombinerat nät, för den del av dagvattnet som avvattnas norrut och som inte kan separeras. Dessutom bör fördröjande åtgärder inplaneras i framtida parkstråk utmed planområdets södra sida.

Skyfallshantering har utretts av Ramböll inom studien för Älvkantskydd och av Kretslopp och vatten med stadens nya beslutsstöd för skyfallshantering. Denna metod visar om tillräckliga ytor avsatts inom planen för att hantera skyfall. Utredningarna visar att planen medger en genomförbar skyfallshantering som klarar kraven i förslaget till tillägget för översiktsplanen för översvänningsrisker. Nedströms områden påverkas ej negativt.

Ansvar för bjälklagets tätskikt och bärighet under allmän platsmark behöver utredas och regleras i genomförandeavtal. Inget markavvattningsföretag berörs av planen.

Innehåll

Sammanfattning	2
Bakgrund.....	4
Planens innebörd	4
Befintliga förhållanden	6
Markförhållanden	6
Översvämningsrisker	7
Högvatten	8
Skyfall	8
Avrinningsområde	9
Befintligt dagvattensystem.....	10
Miljökvalitetsnormer för vatten.....	11
Förutsättningar dagvattenhantering	11
Trafikintensitet	11
Dagvatten -kvalitet och fördröjning	12
Framtida dagvattenhantering.....	13
Kvartersmark.....	13
Allmän platsmark	13
Utformning	20
Konsekvenser av planen	20
Vattenkvalitet och miljökvalitetsnormer	20
Anmälningsplikt för dagvatten.....	22
Översvämningsrisk	22
Högvatten	22
Skyfall.....	23
Utbyggnad, drift och förvaltningarnas kostnader.....	24
Rekommendationer.....	25
Underlag.....	26

Bilaga 1: Dagvattenutredning för kvartersmark (Norconsult)

Bilaga 2: Beslutsstöd skyfallshantering - Karlavagnsplatsen 160617 (Kretslopp och vatten)

Bilaga 3: Föreslagen dagvattenhantering

Bilaga 4: Recipientanalys (Stormtac 2017)

Bakgrund

Förutsättningarna för dagvattenhantering för den nya detaljplanen ”Bostäder och verksamheter vid Karlavagnsplatsen, Lindholmen” har utretts av Kretslopp och vatten på uppdrag av Stadsbyggnadskontoret. Exploatören Serneke har tagit fram ett förslag på hur dagvattnet ska hanteras inom kvartersmark efter stadens krav.

Stadsdelen Lindholmen genomgår en omfattande stadsutveckling. Älvstranden leder utvecklingsarbetet och har fått i uppdrag att utreda översvämningrisker och ta fram en lokal klimatanpassningsplan som både innefattar översvämningrisker från havet, skyfall och dagvattenhantering för hela Lindholmen (*Roll och ansvarsfördelning för Göteborgs stads klimatanpassningsarbete inom Älvstaden, 2015-02-20*). Dessa utredningar tar tagits fram av Ramböll och kompletterar föreliggande utredning.

Området ska byggas förenligt med *Vision Älvstaden*, antagen 121011. Punkter som rör dagvatten visas nedan.

VI SKA:

- använda klimatanpassningen för att föra staden närmare vattnet.
- utforma varje delområde utifrån strategierna attack, reträtt, och försvar.
- dimensionera utifrån ett hundra-årsperspektiv och utifrån bästa aktuella kunskap.

VI SKA:

- skapa en testarena för klimatanpassning och innovativa lösningar.

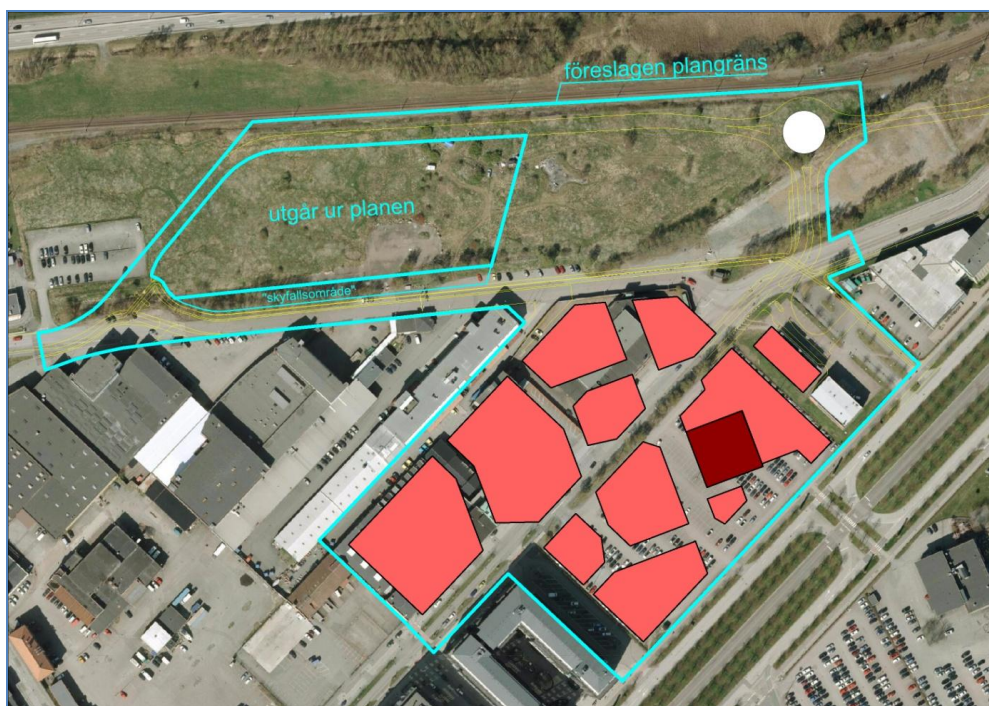
VI SKA:

- integrera vattenhanteringen i stadsrummet för att minimera belastningen på dagvattensystem.
- skapa platser som berikas av regn.

Planområdet Karlavagnsplatsen ligger på norra Lindholmen, just söder om Lundbyleden. I dagsläget utgörs området av bebyggda fastigheter med lokaler som används eller har använts för verkstäder, förvaring samt kontors- och hotellverksamhet m.m. Fastigheten i sydöst används i dag som parkering.

Planens innebörd

Planområdet utgör ca 8 ha, utbredning visas i Figur 1. Parken närmast hamnbanan har förminskats jämfört med samrådsförslaget. Den rödmarkerade ytan visar den del som kommer bestå av kvartersmark. Planområdets utbredning begränsas med turkos linje. Troligtvis blir hela gångfartsstråken mellan byggnaderna allmän platsmark, vilket också är en förändring jämförts med samrådsförslaget. I norr sammanfaller planområdets gräns med hamnbanan och i söder med Lindholmsallén.



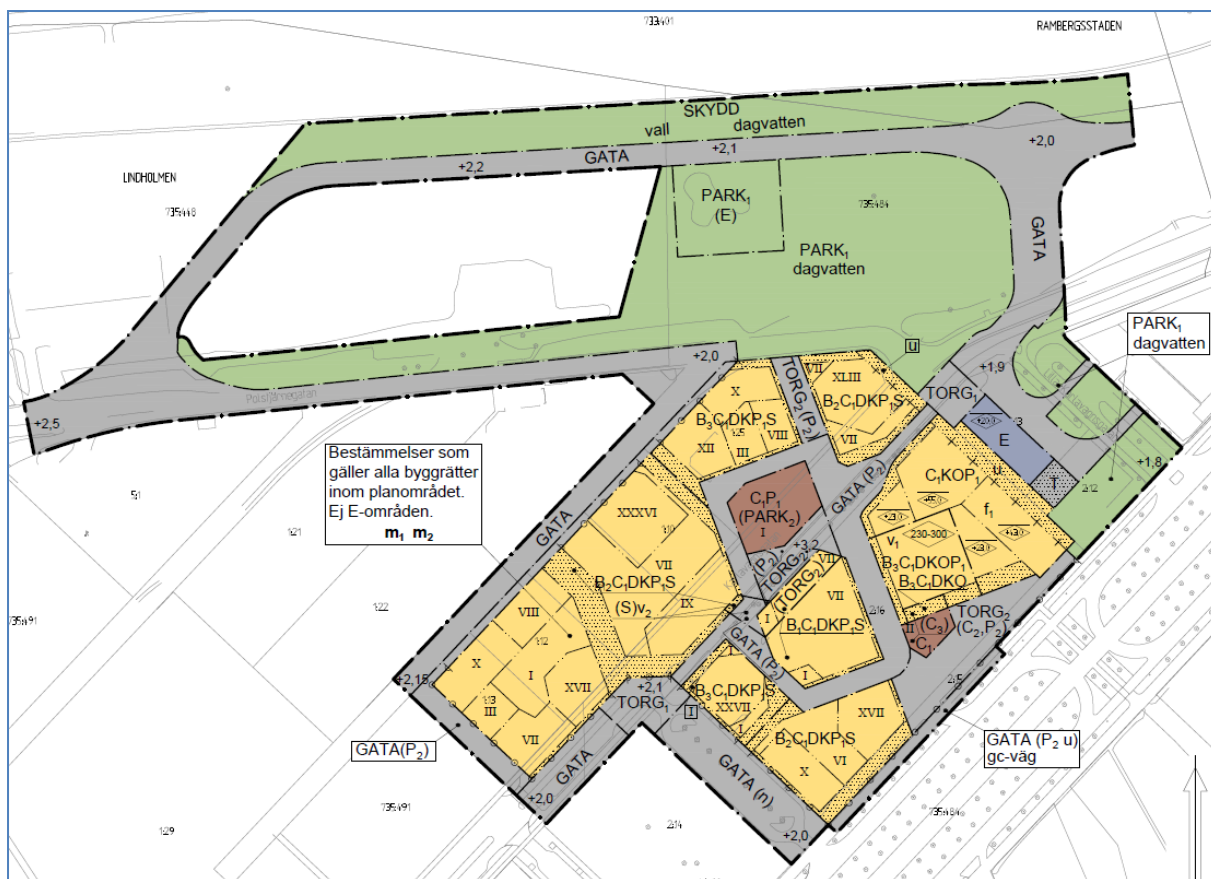
Figur 1 Planområdets utbredning jämfört med samrådsförslaget (SBK, oktober 2016).

Markanvändningen visas i förslag till plankarta, se Figur 2. Kvartersmarken ska bebyggas med bostäder, kontor, hotell och andra kommersiella verksamheter. Flera av byggnaderna blir höga, bland annat en skyskrapa som kan bli upp till 300 meter hög.

Förändringar på allmän platsmark är främst nya parkområden och nya körytor, andra utgår. Den del av Karlavagnsgatan som ligger inom planområde kommer till största delen försvinna och ersättas med gångfartsgata. Svackan vid Lundbyvassen i östra delen stängs för trafik.

Polstjärnegatan flyttas norrut utmed hamnbanan. Ytorna mellan hamnbanan och den befintliga dragningen av Polstjärnegatan ingår i hamnbanans säkerhetszon och har planbestämmelsen ”natur”.

Inom planområdet finns en anläggning för fjärrvärme och fjärrkyla (2:12 och 2:13). Anläggningen på fastighet 2:12 kommer att flyttas.



Figur 2 Förslag till plankarta (SBK, 170111).

Befintliga förhållanden

Markförhållanden

Området är en del av ett äldre utfyllnadsområde nära Göta Älv och är beläget strax nordväst om tidigare strandlinje, från 1830. Tidigare verksamheter i närområdet inkluderar fartygsvarv och verkstäder. Området utfyllt med potentiellt förorenade fyllnadsmassor från tidigare varvsindustrin.

Enligt SGU:s jordartskarta består jordlagren inom området av fyllning Samt lera och silt. Enligt undersökningarna:

- Fyllning till ca 0,5-2 m djup
- Torrskorpelera till ca 1-2,5 m djup
- Lera till djup om ca 40 m (nordöst) till strax över 80 m (söder).
- Friktionsjord ovan berg till djup om ca 50 m (nordöst) till som mest ca 95 m (väst).
- Berg

Jordlagren inom det undersökta området består av fyllnadsmaterial som överlagrar torrskorpelera/lera. Fyllningen innehåller inslag av tegelbitar, träbitar och spikar. Föroreningar, framför allt metaller och PAH har identifierats både i ytliga marklager och i grundvattnet i området.

Befintlig marknivå i planområdet varierar mellan -2,9 till +2,4 m (RH2000), se Figur 3 för generella höjdnivåer.



Figur 3 Befintliga höjdförhållanden, planområdet markerat (Rambölls bild modifierad).

Översvämningsrisker

Karlavagnsplatsen är lågt beläget och närheten till Göta älv innebär översvämningsrisker. Översvämningsfrågor måste generellt bearbetas för större områden än ett planområde för att åtgärder ska kunna sättas in där de gör mest nytta. Staden, genom Älvstranden Utveckling, arbetar med hur man ska säkra området Lindholmen. Översvämningsaspekten ska vara med i arbetet med utformning av byggnader och höjdsättning. Förutom stigande nivåer i älven på grund av höjning av havsytan leder även klimatförändringar, med intensivare skyfall och större flöden i Kvillebäcken, till ökade översvämningsrisker.

Förslag till risknivåer enligt samrådsversionen av det tematiska tillägget för översvämningsrisker visas i Figur 4:

FUNKTION/ SKYDDSOBJEKT	DIMENSIONERANDE HÄNDELSE/SÄKERHETSMARGINAL		
	Högvatten Återkomsttid 200 år	Höga flöden Återkomsttid 200 år	Skyfall Återkomsttid 100 år
Samhällsviktig anläggning – nyanläggning	1,5 meter marginal till vital del	Över nivå för beräknat Högsta Flöde (BHF)	0,5 meter marginal till vital del
Samhällsviktig anläggning – befintlig	0,5 meter marginal till vital del för funktion		
Byggnader – nyanläggning	0,5 meter marginal till underkant golvbjälklag och vital del nödvändig för byggnadsfunktion	0,2 meter marginal till underkant golvbjälklag och vital del nödvändig för byggnadsfunktion	
Framkomlighet	Max djup 0,2 meter		
Framkomlighet Räddningstjänst	Max djup 0,5 meter		

Figur 4 Förslag till risknivåer för översvämning enligt TÖP översvämningsrisker (SBK, maj 2016).

Högvatten

Planeringsnivån för byggnadsfunktion är +2,8 m (RH2000) i centrala staden för att klara översvämningar orsakade av havet. Motsvarande nivå för samhällsviktiga anläggningar är +3,8 m. Då Lindholmen ligger mycket lågt hamnar stora delar under stadens antagna planeringsnivå och ett högvattenskydd kommer behövas om ca 20 år. Ramböll har utrett hur ett älvskydd kan utformas med permanent skydd upp till +2,3 m ö h och påbyggbart upp till +3,3 m ö h för att klara perioden 2035-2070. Efter denna tidsperiod krävs en annan typ av skydd. Förslag på dragning av högvattenskyddet visas i Figur 5.



Figur 5 Föreslagen sträckning av högvattenskydd (SBK, oktober 2016).

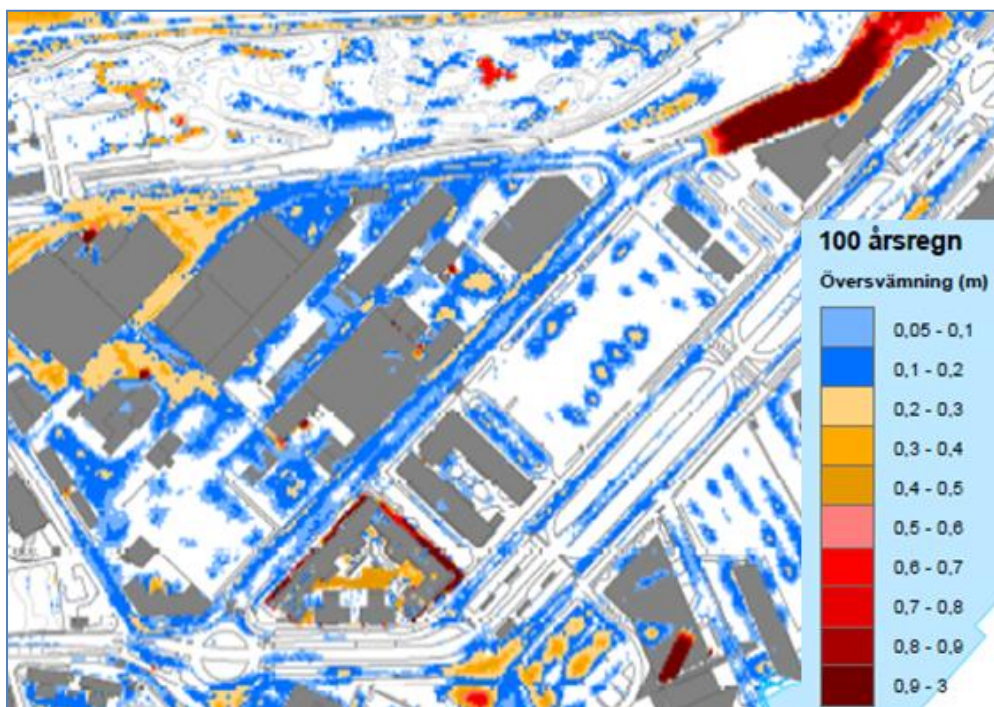
Skyfall

Principen för hantering av skyfall och höga flöden i åarna är att risker ska beskrivas och konsekvenser ska vara hanterbara. Lindholmen påverkas av flödena i Kvillebäcken som förvärrar situationen vid volymrika regn. Höjdsättningen ska utformas så att skyfall med 100-års återkomsttid inte skadar nya byggnader och att man inte förvärrar

för nedströms områden. Vid en 100-års händelse ska det också finnas evakueringsvägar från alla bostäder och områden med max 0,2 m vattendjup.

Lindholmen är relativt platt vilket medför att vatten blir stående i lokala lågpunkter vid stora regn. Ytliga avrinningsvägar till recipient saknas för många delområden. Alla lågpunkter kan inte byggas bort eftersom vattnet flyttas till en annan plats men platsernas som översvämmas ska inte orsaka skada på byggnader eller hindra viktig framkomlighet.

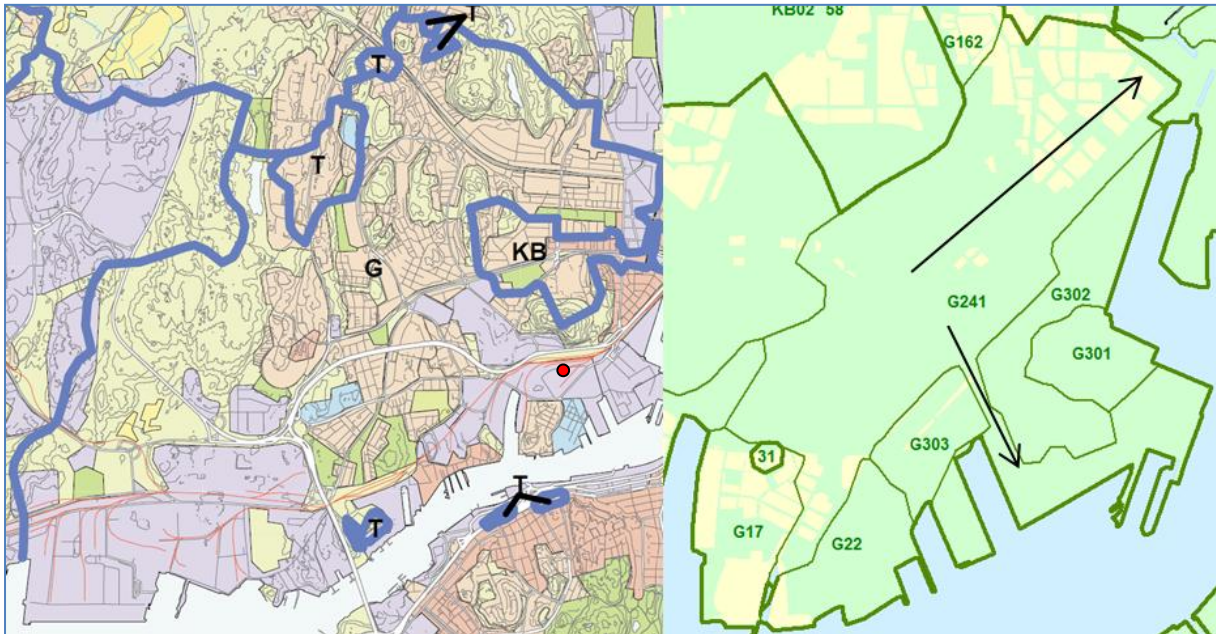
Vid Karlavagnsgatan översvämmas Lundbyvassen i planområdets östra del, se Figur 6. Detaljerade konsekvenser av skyfall redovisas i skyfallsutredningarna.



Figur 6 Översvämningsutbredning och flödesriktning vid 100-års regn för befintliga förhållanden i området runt detaljplanen (Ramböll, 160930).

Avrinningsområde

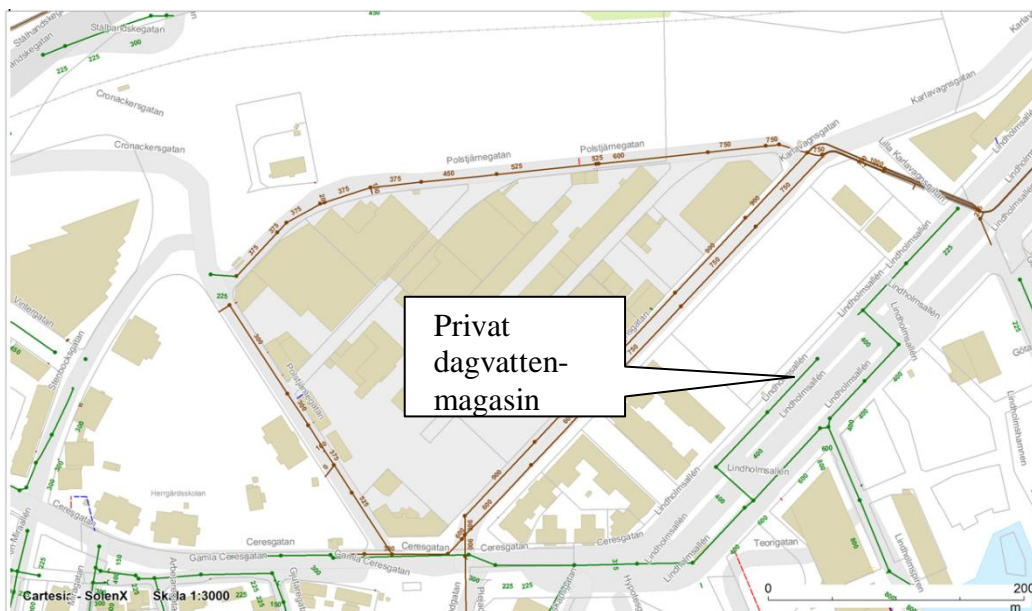
Avrinningsområdet där detaljplan Karlavagnsplatsen ingår är benämnt G, se Figur 7, med recipient Göta älv. Området består av en hel del berg i dagen som delar in avrinningen i mindre områden, delavrinningsområdena syns till höger i bilden. Hamnbanan skär av ytliga flöden från norr, därmed är det regn som faller mellan hamnbanan och Lindholmsallén som främst påverkar planområdet. I delavrinningsområdet går en del dagvatten till Göta älv men ytorna inom planområdet avvattnas till kombinerat nät och Ryaverket.



Figur 7 Avrinningsområdet (G) som planområdet ingår i, planområdet markerat med rött (FÖP Vatten så klart, 2001) och till höger en mer detaljerad bild på delavrinningsområdet G241 (Solen, 2017).

Befintligt dagvattensystem

I området finns både kombinerade avloppsledningar (bruna) samt separata dagvattenledningar (gröna), se Figur 8. Området söder om Karlavagnsgatan avvattnas idag till det separata dagvattensystemet. Dagvattnet från Karlavagnsgatan samt resterande ytor norr om gatan leds till det kombinerade nätet.



Figur 8 Befintligt avledningssystem för dagvatten.

Miljökvalitetsnormer för vatten

Information om miljökvalitetsnormer (MKN) för vatten finns i databasen Vatteninformationssystem i Sverige (VISS), där vattendrags ekologiska och kemiska tillstånd utvärderas. Dagvatten från planområdet släpps till vattenförekomsten ”Göta älv - mynningen till Mölndalsån” (vattenförekomsten kommer troligen ändras framöver).

VISS redovisar följande klassningar:

- Otillfredsställande ekologisk potential. God potential ska uppnås 2027.
- Uppnår ej god kemisk ytvattenstatus. Det finns undantag för kvicksilver och bromerade difenyleter och en tidsfrist för TBT.

Eftersom modifieringen av vattenförekomsten är omfattande kan inte en statusklassning göras utan istället bedöms potentialen. Lägre krav ställs på växt- och djurlivet vad gäller potential jämfört med status.

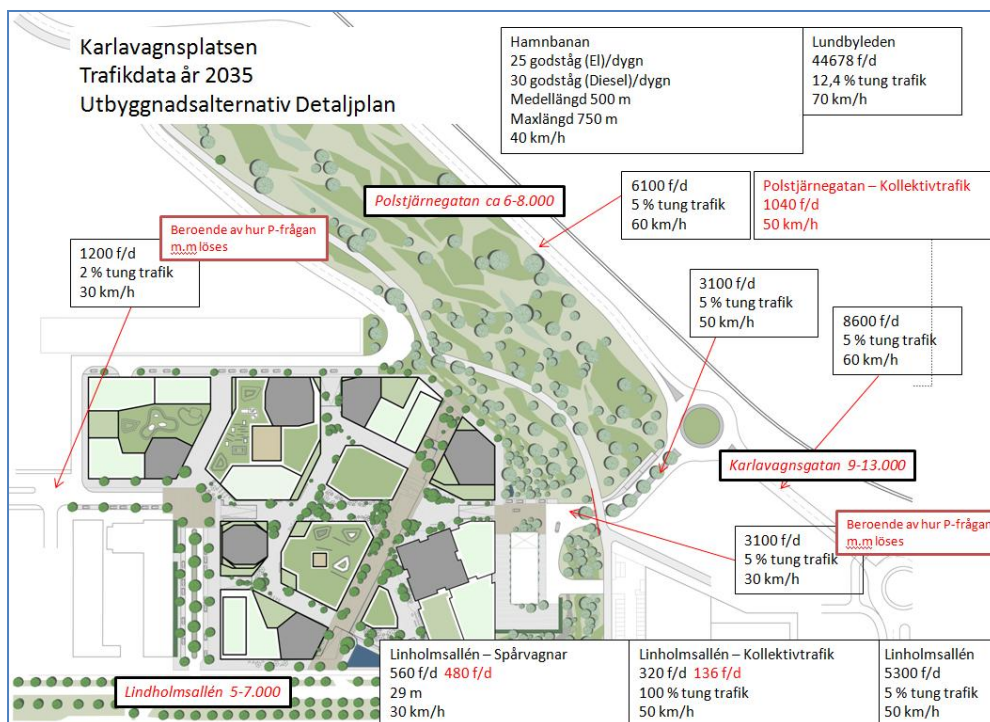
Den främsta anledningen till att kvicksilverhalter är för höga är internationella luftnedfall. Bakgrundshalter kan väntas förbättras då man sanerar områden med förorenade massor. En mer omfattande föroreningsanalys presenteras i bilaga 4. Den visar att den viktigaste föroreningen att minska är kväve, eventuellt finns också förhöjda halter av koppar och TBT i vattendraget men dessa värden är mer osäkra.

Förutsättningar dagvattenhantering

Varje fastighetsägare har ansvar för avvattning på sin fastighet och varje fastighet ska ha en egen förbindelsepunkt alternativt en gemensamhetsanläggning. Kretslopp och vatten ansvarar för avledning av dagvatten från förbindelsepunkt. Krav på fördröjning och rening ska uppfyllas vid om- och nybyggnation. På befintliga ytor ska möjliga förbättringar övervägas. Inom aktuell detaljplan kommer en stor yta förses med underjordiska parkeringar, där är ingen infiltrering aktuellt. De öppna dagvattenlösningar som byggs här måste förses med dräneringssystem och tätskikt för att inte underjordiska strukturer ska skadas.

Trafikintensitet

Uppskattade framtida trafikflöden för föroreningsberäkningar efter exploatering visas i Figur 9 nedan.



Figur 9 Framtida trafikflöden 2035 (Trafikkontoret, september 2016).

Trafikintensitet för befintliga vägar har hämtats på stadens hemsida, Karlavagnsgatan 6400 fordon/dygn och Polstjärnegatan 3500 fordon/dygn.

Dagvatten -kvalitet och fördröjning

Miljöförvaltningen har godkänt nya målvärden för de dagvattenföroreningar som vanligtvis är problematiska. Dessa gäller i de fall dagvattnet leds till mindre känsliga recipienter, se Tabell 1.

Tabell 1 Riktvärden och målvärden för dagvattenutsläpp.

Ämne	Riktvärde mycket känslig recipient (µg/l)	Målvärden övriga recipient (µg/l)
Fosfor (P)	50	150
Kväve (N)	1250	2500
Koppar (Cu)	10	22
Zink (Zn)	30	60
Partiklar (SS)	25 000	60 000
TOC	12 000	20 000

Dagvatten från, GC-vägar, vägar med mindre än 2000 fordon/dygn, grönytor och torg är inte att betrakta som förorenat när det leds till Göta älv. För övriga ytor gäller målvärdena och Kretslopp och vattens fördröjningskrav 10 mm/hårdgjord yta på kvartersmark och hantering av 100-års regn på allmän platsmark. Avledning av dagvatten ska göras trögt för att ledningsnätet ska fungera, infiltration är ingen möjlig lösning i området. Även om planområdet ligger nära recipienten är fördröjning viktigt då man planerar för ett högvattenskydd som kommer hindra vatten att rinna ut i Göta älv. I framtiden kommer dagvatten behöva pumpas.

Framtida dagvattenhantering

Kvartersmark

Dagvattenlösningar för kvartersmark presenteras i Bilaga 1.

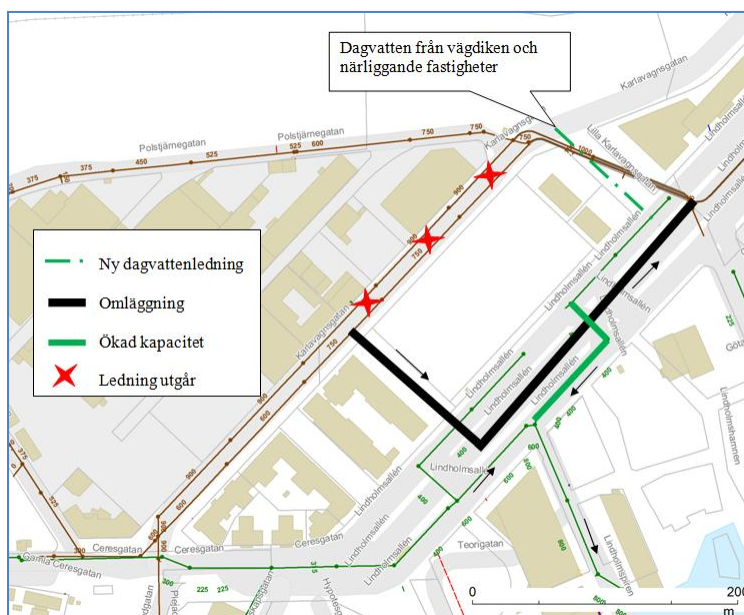
Allmän platsmark

Stadens ambition är att Lindholmen mer och mer ska integreras med stadskärnan och därmed är det rimligt att välja 30-års regn som dimensionerande för allmänna dagvattenledningar enligt Svenskt Vatten P110.

Ett mål med detaljplanens dagvattenhantering är att dagvatten från så stora ytor som möjligt ska kopplas bort från det kombinerade nätet som leds till Ryaverket via Herkulesgatans pumpstation. Det kombinerade nätet nedströms planområdet når idag sin kritiska kapacitet vid dimensionerande regn.

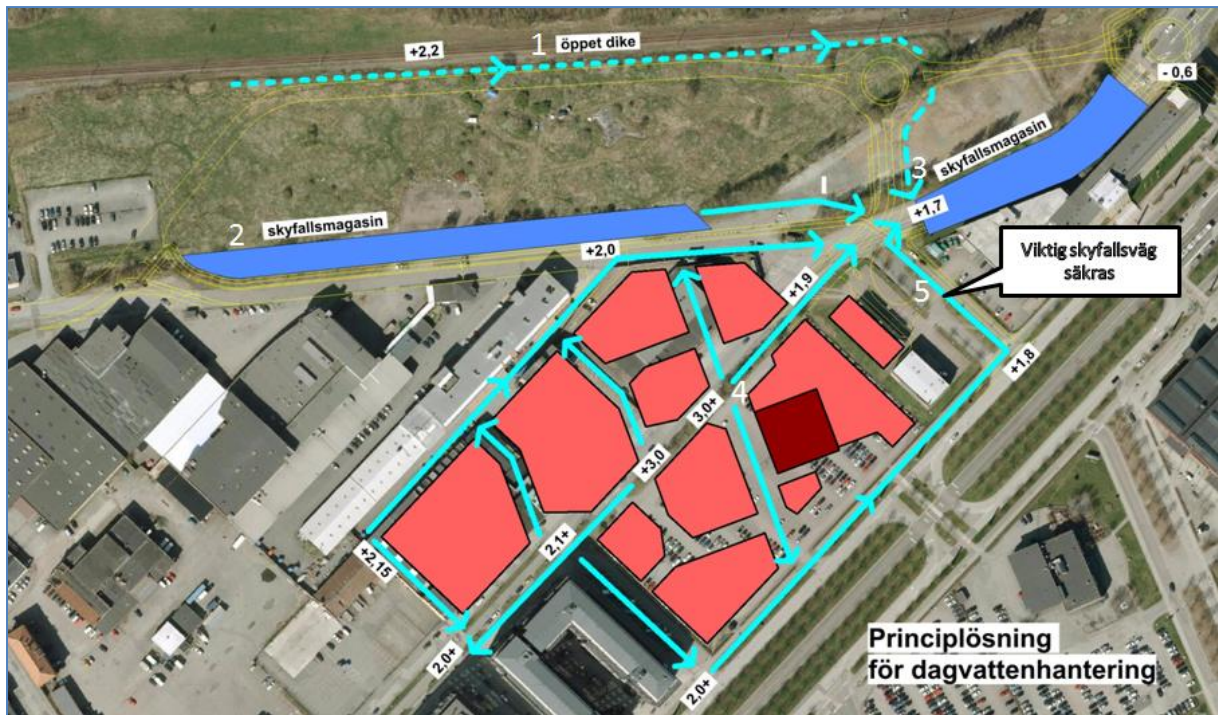
Det kombinerade systemet i kvarteren mellan Lindholmsallén och Polstjärnegatan ska separeras i takt med att området förnyas. Vattnet som samlas i lågpunkten Lundbyvassen i planrådets östra del, leds via Trafikkontorets ledningssystem till en pumpstation placerad där Karlavagnsgatan går under Lundbyleden. Detta är också en lågpunkt som belastats med stora mängder dagvatten. Dagvattenledningen samlar upp vatten från båda lågpunkterna och pumpstationen leder dagvattnet vidare till det kombinerade ledningsnätet. Det hade inneburit en stor miljövinst om man i projekt utanför detaljplanarbetet kan separera detta dagvatten.

Den kombinerade ledningen i Karlavagnsgatan läggs om i ny sträckning runt planrådets södra sida då Karlavagnsgatan underbyggs med parkeringsgarage. Den kombinerade ledningen kompletteras med en dagvatten- respektive spillvattenledning. Uppskattningsvis kan 2,6-4,6 hektar av planområdet separeras från det kombinerade systemet. Kapaciteten i dagvattennätet i Lindholmsallén behöver utökas på en sträcka om minst 130 m, preliminärt från 400 mm till 800 mm. De planerade åtgärderna i ledningsnätet visas principiellt i Figur 10.



Figur 10 Åtgärder i det allmänna avloppssystemet.

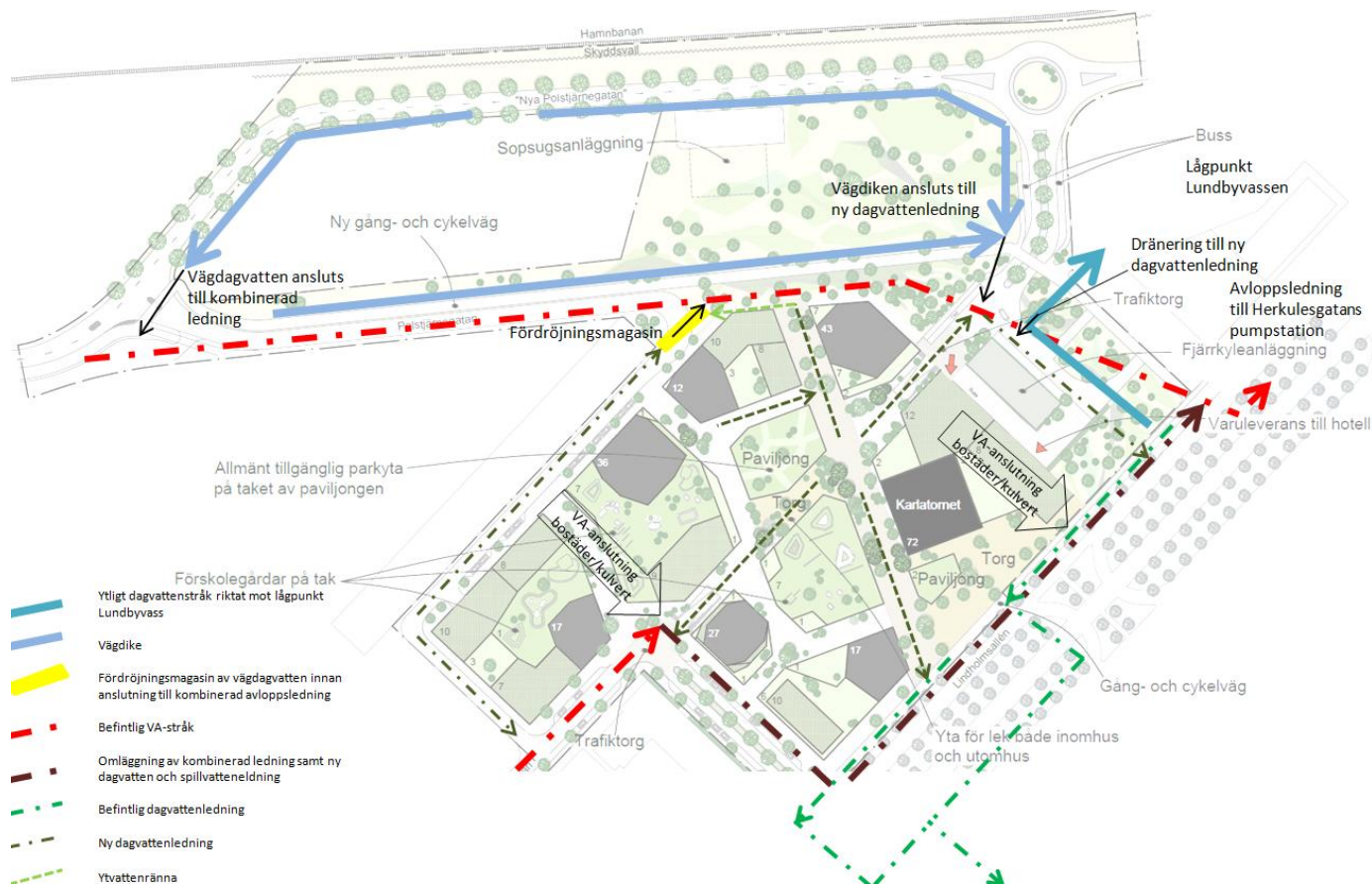
Figur 11 visar föreslagen höjdsättning, ytlig avrinning och hantering av skyfall. Principen för höjdsättning är att höja området så mycket som möjligt för att klara planeringskrav för högt vatten och samtidigt klara anslutningen till befintliga ytor. Pilarna visar att vattnet rinner ut från bostadsområdet.



Figur 11 Principlösning höjder för dagvattenhantering och numrering för punkter i text.

Allmän platsmark kommer bestå av natur, park, trafik- och torgytor. Principer för dagvattenhantering visas i Figur 12 (se också bilaga 3). Svarta pilar visar nya dagvattenanslutningar till Kretslopp och vattens ledningar. Bilden visar att vattnet inom kvarteret som avvattnas norrut behöver anslutas till det kombinerade nätet. Därför är det extra viktigt med ett fördröjningsmagasin (gul markering) innan påkopplingen. Att minska maxflödena till Ryaverket är viktigt då verkets effektivitet vid stora flöden är begränsat.

Det finns planer på att avvara en körbana i Lindholmsallén för att skapa ett kombinerat park- och vattenstråk. Detta hade varit positivt ur ett dagvatten- och skyfallsperspektiv. Då det är mer komplicerat att hantera dagvatten ovanpå p-garaget föreslås att dagvattenåtgärder för fördröjning av dagvatten som avvattnas söderut från allmän platsmark inarbetas i det framtida parkstråket. Vattnet bör lyftas fram och göras synligt, som en del i att uppnå *Vision Älvstaden*.



Figur 12 Föreslaget dagvattensystem för allmän platsmark.

Exploatören har planerat för en kulvert i p-däcket som blir en gemensamhetsanläggning för VA för planområdets byggnader. Vilka anslutningspunkter som krävs beror på om dagvatten kommer dras i kulvert eller ej. Anslutningspunkter för kulverten är planerade till Karlavagnsgatan, där omlägningsstråket börjar, och i Lindholmsallén. Att leda ner stora mängder vatten i en kulvert innebär risker, därmed bör förstahandsvalet vara att leda dagvatten ytligt. Om detta alternativ väljs krävs viss utbyggnad av allmänna dagvattenledningar inom det nya kvarteret. VA-huvudmannen är skyldig att erbjuda en anslutning inom fastighetens omedelbara närhet. I de gator där allmän ledning krävs leds ytvatten till samma system. I de gator allmänna ledningar ej krävs är det respektive förvaltnings ansvar att avvatta yta och leda till allmän dagvattenanläggning.

Vägdike Polstjärnegatan (1 Figur 11)

Vägdiket föreslås utformas med stor fördröjningskapacitet så att både vanliga regn och skyfall bromsas upp. Simulering i Stormtac visar att denna typ av anläggning ger en tillräcklig reningseffekt enligt matrisen för dagvattenrening (Göteborg stad, 2016). Minsta rekommenderade fall är 0,2 % (Larm, 2000). Djupet på dikena anpassas så att dränering av vägdike säkerställs, i detta fall har 0,4 m i början av diket antagits lämpligt. Sidorna bör utformas flacka. Trummor kommer krävas vid nya Polstjärnegatans cirkulationsplats om ett dike läggs på norra sidan gatan. Med dessa förutsättningar blir dikena djupare nedströms. Om förutsättningarna vid projektering visar att diket blir för djupt eller att större lutning krävs kan diket utformas täckt på den sista sträckan. Alternativt anlägger väghållaren en ledning som samlar upp dräneringsflöden från vägdikerna där det krävs.

Vattnet som leds i diket österut kopplas till nya dagvattenledningen vid trafiktorget. Anslutningsledningen behöver passera över en kombinerad ledning och måste därmed läggas ytligt. Materialval ska anpassas för att klara belastningskrav. En del av vägen behöver avvattnas västerut till det kombinerade nätet i gamla Polstjärnegatan. Denna mängd vatten ska begränsas så mycket som möjligt eftersom detta nät är kombinerat.

Exempel på utformning av diket visas i Figur 13. Stadsbyggnadskontoret önskar att vägen utformas stadsmässig med kantsten. Vägen kan utformas med dubbelsidigt tvärfall med ett dike på var sida eller med enkelsidigt tvärfall med enbart dike på en sida. Om markföroreningar finns i ska diket utformas tätt vilket innebär att en gummiduk läggs runt sektionen.



Figur 13 Exempel på dike med träd och kantsten med släpp för dagvatten.

Trafikprognoserna för denna del av gatan variera mellan 4000-6100 fordon/dygn. I Tabell 2 visas beräkningar för 6100 fordon/dygn. För att målvärdena ska nås bör diket utgöra 10 % av vägytan som avvattnas.

Tabell 2 Årsmedelkoncentration i dagvatten+basflöde före och efter rening ($\mu\text{g/l}$) samt målvärden (Stormtac 2016)

Typ	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Olja	BaP	TBT	As	TOC
Väg 6100 ÅDT	154	2375	7,9	30	108	0,29	9,3	6,3	0,076	73 270	743	0,015	0,002	2,5	20 530
Efter rening dike	100	1900	4,6	21	59	0,19	6,4	3,3	0,066	26 000	150	0,013	0,001	1,4	11 000
Målvärden (KoV)	150	2500		22	60					60 000					20 000

Vägytan är totalt 6600 m², vilket innebär att en dikesyta på 660 m² krävs. Diket blir en del av vägkonstruktionen och anläggs och förvaltas av väghållaren.

Dike utmed gamla Polstjärnegatan (2 Figur 11)

Ett dike utmed den nya GC-vägen längs Polstjärnegatan förslås för att samla upp vatten som rinner ner från grönytan norrifrån och för att avvattna den planerade GC-banan. Skapandet av en ny lågpunkt i området skulle också minska översvämningsrisken för fastigheterna söder om Polstjärnegatan som idag är utsatta (se Figur 6).

Då diket blir en del av GC-banan förvaltas det av Trafikkontoret. Längden på diket enligt skiss är ca 275 m men längden bör optimeras då fler förutsättningar finns framtagna. Dränering av diket kommer troligtvis behövas. Ytan visas i Figur 14.



Figur 14 Dike för skyfallshantering och avvattning av GC-banan.

Lågpunkt Lundbyvassen (3 Figur 11)

Detta är planområdets lågpunkt dit vatten leds vid stora regn, skyfall. Detta område stängs av för genomfartstrafik i och med detaljplanen och därmed är det möjligt att tillåta ett skyfallsmagasin här (Figur 15). Ytan förvaltas av Trafikkontoret.

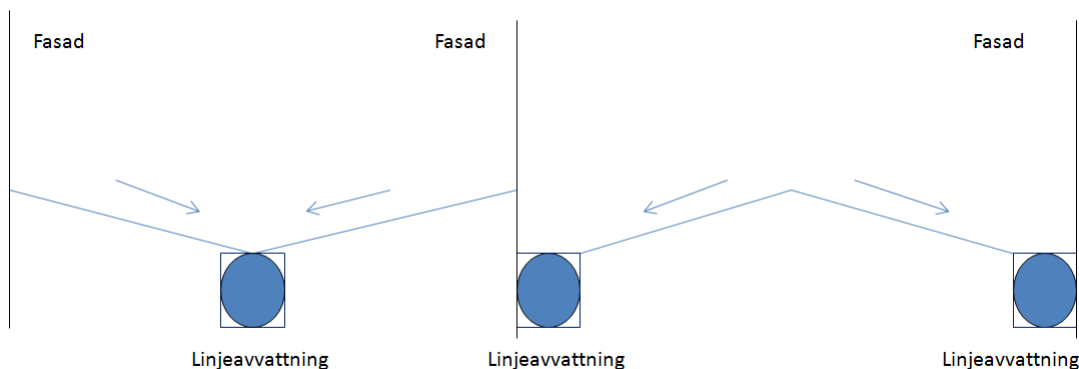


Figur 15 Lågpunkt i Karlavagnsgatan utgör skyfallsmagasin.

Gångfartsgator och torg (4 Figur 11)

Nytt avvattningsssystem krävs för de allmänna ytorna mellan kvarteret, se Figur 12 för dragning av stråken. Djupet mellan marknivå och bjälklag behöver vara minst 1 m enligt teknisk handbok. Avvattning kan åstadkommas med ledning, linjeavvattning eller en kombination. Gator kan utformas med lågpunkt och linjeavvattning i mitten eller utmed båda sidorna, se Figur 16. Eftersom det är parkeringsgarage under gatan ska brunnar undvikas då de medför en risk för tätskiktet. Den längst sträckan med linjeavvattning blir ca 90 m. Enligt tillverkare är det möjligt med såpass långa sträckor utan brunnar och fler tömningspunkter. Brunnarnas funktion är att en del av avvattningen fortsätter att fungera om en annan del sätter igen. Inom detta område finns ett stort fall på markytan, minst 12 promille och därmed sker en god självrensning. Regelbunden tillsyn och underhåll kommer dock vara viktigt.

De två fallen har bedömts. Två avvattningsrännor ger hälften så stor konsekvens om den ena rännan ändå sätter igen. Å andra sidan så är konsekvensen allvarligare om lågpunkten riktas mot byggnader på båda sidor gångfartsgatan. Därför förordas sektionen med en ränna i mitten. Om rännan sätter igen fortsätter vatten att rinna i botten av gatan utan att skada omgivande byggnader. Denna typ av gatusektioner används bland annat i Köpenhamn för att skapa skyfallsgator med stor kapacitet.



Figur 16 Alternativ med placering av linjeavvattning med lågpunkt i gatans mittpunkt eller på båda sidor.

Exempel på rännor visas i Figur 17. Det finns ett stort utbud av rännor som klarar olika belastningsklasser och med stor bredd på kapacitet. Kapaciteten som krävs beror på om byggnadernas takvatten kommer kopplas till rännorna eller dras genom kulverten. Om dagvattnet kopplas till kulverten räcker en 150 mm ränna eller två 100 mm rännor. I samband med projektering då flödena från byggnaderna är kända kan det andra fallet dimensioneras.



Figur 17 Exempel på ytligt avvattningsystem.

Tabell 3 visar att rening inte krävs för gångfartsgator och torg.

Tabell 3 Årsmedelkoncentrationer i dagvatten+basflöde ($\mu\text{g/l}$) samt målvärden (Stormtac, 2016)

Typ	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Olja	BaP	TBT	As	TOC
Torg	81	1886	2,6	16	31	0,17	3,3	2,1	0,041	7940	351	0,009	0,0019	3,1	18 378
Gångfartsgator (100 ÅDT)	133	2375	3,0	21	35	0,25	7,0	4,1	0,076	60 800	721	0,01	0,0016	2,5	19 600
Målvärden (KoV)	150	2500		22	60					60 000					20 000

Översilningsyta/skyfallsväg vid fjärrkyleanläggningen (5 Figur 11)

Den hårdgjorda ytan omkring fjärrkyleanläggningen utgörs av hårdgjorda ytor med uppskattad trafikintensitet 3100 fordon/dygn. Ytan bör lutas mot parkytorna där svackdiken eller översilningsytor med dränering i botten föreslås anläggas, se exempel i Figur 18. Lågpunkten bör göras minst 2 m bred och sträckan är ca 75 m lång. Lågstråket kommer passera genom hårdgjorda ytor för att skapa en avrinningsväg nordöst till skyfallsmagasinet i Lundbyvassen. Då diket tar emot vägdagvatten bör det bli en del av väganläggning.



Figur 18 Exempel på utformning av lågstråk för rening och ytlig avledning av dagvatten.

Simulering av denna yta visar att halterna innan rening ligger nära målvärdena men viss avskiljning av föroreningar krävs för att komma på rätt sida målvärdena, se Tabell 4.

Tabell 4 Årsmedelkoncentration i dagvatten+basflöde före och efter rening ($\mu\text{g/l}$) samt målvärden (Stormtac 2016).

Typ	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Olja	BaP	Benz	TBT	As	TOC
Väg 3000 ÅDT	143	2375	5,4	25	71	0,27	8,2	5,2	0,076	66 949	732	0,012	3,8	0,001 6	2,5	20 050
Efter rening översilning	104	1758	1,8	14,3	41,9	0,13	3,4	2,2	0,063	20 754	146	0,004	2,2	0,001	1,6	20 050
Målvärden (KoV)	150	2500		22	60					60 000						20 000

Utformning

Utformningen av dagvattenlösningarna måste göras i en gestaltungsgrupp med både landskapsarkitekter och dagvattenexperter eftersom öppna lösningar (växtbäddar, diken mm) avvattnar ytor ytligt vilket styrs med höjdsättning. Utformningen ska också stämma överens med de underjordiska dagvattenledningar som tömmer anläggningarna. Olika typer av ”gröna anläggningar” utformade för rening och fördröjning av dagvatten ger både funktion och estetik i ett men det kräver en samverkan mellan flera teknikområden vid utformning.

Konsekvenser av planen

Vattenkvalitet och miljö kvalitetsnormer

Planen påverkar inte vattendraget på ett direkt utan ett indirekt sätt eftersom man inte bygger i vattendraget eller påverkar andra viktiga förutsättningar som flödesreglering, båttrafik mm. Den förändrade markanvändningen som planen föreslår innebär att vissa hårgjorda ytor blir park men också en minskning av de befintliga gräsytor och en ny väg. En av de viktigaste förbättringarna är den omfattande marksaneringen. För att utreda planens påverkan på recipienten Göta älv har föroreningssimulering gjorts med befintlig markanvändning och

föreslagen markanvändning och viss rening. Värt att komma ihåg är att största delen av dagvattnet idag leds till kombinerat nät men separering planeras i och med detaljplanen.

Tabell 5 visar resultaten av simuleringarna, uppdelat på ämne, mängd och halt före respektive efter exploatering och efter rening av väg dagvattnet. Reningen som är medräknad är dagvatten från nya Polstjärnegatan som passerar diken och dagvatten från infartsgatan till det stora P-huset (ÅDT 3100) som passerar översilning.

Tabell 5 Föroreningsmängder i dagvatten+basflöde genererad av markanvändning. Årsmedelvärden före exploatering, efter exploatering och efter rening (Stormtac, 2016).

Ämne	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Olja	BaP	TBT	As	TOC
Mängd	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år
Före	4.6	60	0.42	0.84	2.8	0.015	0.28	0.15	0.0014	2500	19	0.0009	0.00037	0.12	540
Efter	5.9	94	0.20	0.77	2.2	0.021	0.24	0.20	0.0019	1900	20	0.0006	0.00009	0.15	700
Efter+rening	5.6	91	0.18	0.72	1.9	0.020	0.22	0.18	0.0019	1618	17	0.0006	0.00008	0.14	651
Halt	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Före	120	1500	11	22	72	0.37	7.2	3.9	0.037	63 000	480	0.023	0.0094	3.1	13 000
Efter	120	1900	4.1	15	44	0.41	4.9	4.0	0.038	38 000	390	0.013	0.0017	3.0	14 000
Efter+rening	111	1835	3.6	15	38	0.41	4.5	3.7	0.037	32 490	334	0.013	0.0016	2.8	13072
Målvärden	150	2500		22	60					60 000					20 000

Tabellen visar att schabloner för markanvändning indikerar att mängden näringsämnen ökar något och de flesta andra föroreningar minskar eller är i samma storleksordning som innan exploatering. Kvikksilver är främst bakgrundshalt som beror på atmosfärisk deposition. Alla halter är under målvärdena efter exploatering, därtill ytterligare reducerade efter rening. Vid denna sammanställning saknades värden från kvartermark efter rening och därför är denna rening inte medräknad.

Recipienten påverkas främst av den totala mängden föroreningar som tillförs på årsmedelbasis. De problem med föroreningar som identifierats i recipientanalysen är kväve och eventuellt koppar och TBT men dessa värden är mer osäkra. Framför allt är det viktigt att de gröna tak som planeras utformas så att behov av gödsel minimeras, det kan ge näringsläckage. Vad gäller koppar och TBT indikerar simuleringen att planen medför att föroreningstransporten minskar till Göta älv.

Idag renas inte dagvattnet innan utsläpp och det finns förorenande verksamhet inom planområdet. Marksaneringen bidrar till en säker förbättring, ändring av markanvändningen innebär viss förbättring samtidigt som de mer förorenande ytorna kommer genomgå dagvattenrening. En av de större miljövinster är att dagvatten kopplas bort från det kombinerade systemet, eftersom det bräddar ut orenat spillvatten i Göta älv då systemets kapacitet är nådd. Bräddning och markföroreningarnas bidrag före exploatering kan inte kvantifieras på detta sätt, därmed är situationen bättre än tabellen visar.

På grund av det enorma flödet i Göta älv är det inte möjligt för en exploatering att påverka halterna i Göta älv, men många förbättringar inom avrinningsområdet kan tillsammans ge effekt. Med stöd av informationen ovan är bedömningen att exploateringen inte påverkar möjligheten att nå miljö kvalitetsnormer i vattenförekomsten negativt.

Anmälningsskyldighet för dagvatten

Enligt den uppdaterade matrisen för dagvattenrening hamnar samtliga fastigheter inom planen i kategorin ”Medelbelastad yta” eller ”Mindre belastad yta”. Göta älv klassas som ”Mindre känslig”, därmed visar matrisen att inte anläggningarna inom planen behöver anmälas till Miljöförvaltningen, se Tabell 6

Tabell 6 Blå celler visar vilka anläggningar som kräver anmälan (Krav för dagvattenrening, 2016).

Recipient	Hårt belastad yta	Medelbelastad yta	Mindre belastad yta
Mycket känslig	Omfattande rening	Rening	Enklare rening
Känslig	Rening	Enklare rening	Fördröjning
Mindre känslig	Rening	Enklare rening	Fördröjning

Dagvattenflöden

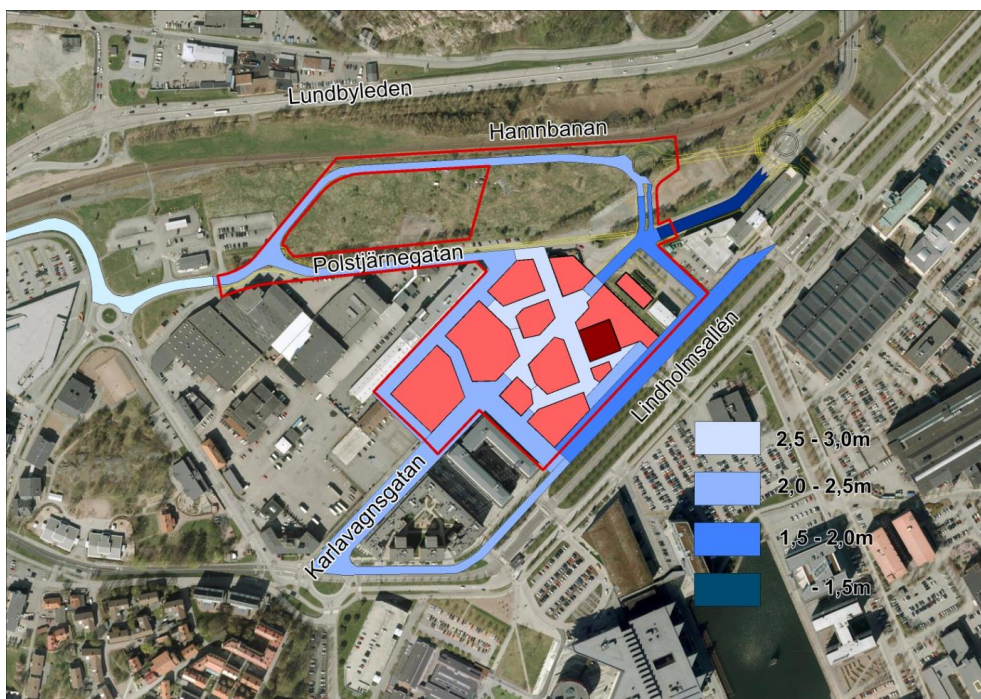
På grund av nya vägar inom gräsytan ökar andelen hårdgjord yta något med planen, från ca 48 till 56 %. Med föreslagen dagvattenhantering kommer toppflödena efter exploatering att bromsas upp vilket ger ett mer robust och trögt system.

Översvämningsskydd

Högvatten

Det är svårt att kraftigt ändra höjderna för ny bebyggelse då ytorna ska ansluta till låga befintliga höjder. Planerade höjder visas i Figur 19. Entréer som ligger under planeringsnivån +2,8 m kommer behöva kunna göras täta. Detta kommer att regleras i plankartan.

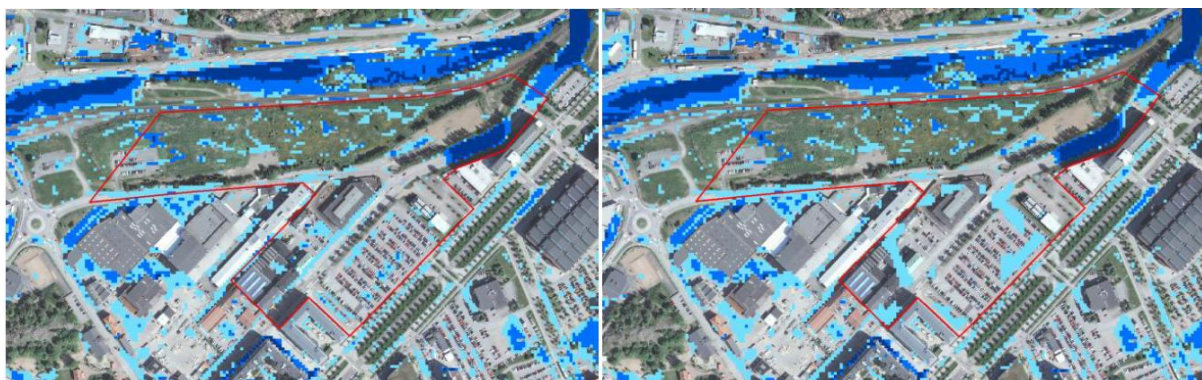
Framkomligheten för planområdet säkras genom den nya Polstjärnegatan som hamnar på en högre höjd. Genomförandet av föreslagna älvskyddet är ännu inte beslutat men utbyggnaden hade påverkat framkomligheten i hela området positivt.



Figur 19 Planområdets principiella höjdsättning (SBK, okt 2016).

Skryfall

Problematik och förslag till åtgärder behandlas i Rambölls och Kretslopp och vattens utredning. Skyfallsaspekten har beaktats vid höjdsättningen en av området. För att ytterligare säkra avrinningen vid stora regn hade en utformning av gångfartsgatorna mellan kvarteren med lågpunkt i mitten varit att föredra. Utredningarna visar att skyfallshanteringen kan lösas på ett acceptabelt sätt, främst genom fördröjning i svackan i Lunbyvassen som ska stängas av för trafik. Vattnet rinner redan idag till svackan men ett lågstråk bör skapas mellan Lindholmsallén norrut till Karlavagnsgatan. Figur 20 visar höjdsättningens påverkan på översvämningsdjup (100-års regn) före och efter exploatering. Ljusblå färg visar acceptabelt vattendjup, 20 cm. Jämförelsen visar att den förändrade höjdsättningen inte försämrar översvämningsituationen. Det blir heller ingen negativ konsekvens för nedströms områden. Situationen förbättras med en skyfallsväg mellan Lindholmsallén och svackan i Lunbyvassen.



Figur 20 100-års regn med befintlig höjdsättning (höger) och föreslagen höjdsättning (vänster).

Utbyggnad, drift och förvaltningarnas kostnader

Omläggningen av det stora ledningsstråket på grund av underbyggnad av Karlavagnsgatan, bekostas av exploatören.

Kretslopp och vatten planerar en kapacitetsökning för dagvattenledningen i Lindholmsallén på minst 130 m samt att lägga en ny dagvattenledning i stråket för ledningsomläggningarna, 230 m (främst materialkostnad). Dessutom krävs en ny dagvattenledning parallell med Lilla Karlavagnsgatan på en sträcka av ca 80 m för att ta hand om dagvattnet i planområdets norra del. Anläggningsarbetet antas kunna samordnas med övriga markarbeten för ytan som ändå kommer byggas om, därmed beräknas anläggningskostnaden endast till 3500 kr/m. Kostnadstäckningen för Kretslopp och vattens planerade åtgärder är hög. Dagvattenmagasin för fördröjning av dagvatten innan påkoppling till kombinerat nät i Polstjärnegatan uppskattas till 500 tkr då det byggs i samband med att ytan byggs om.

Kostnaden för linjeavvattning beror på hur mycket vatten som kommer att eldas via rännorna. Ett linjeavvattningssystem uppskattas till 2000 kr/m eftersom detta byggs samtidigt som ytbeläggningarna, total ca 870 m. Om dagvattenledning väljs istället blir kostnaden något högre.

Anläggandet av diken (schakt, grässådd) beräknas till 1000 kr/m och översilningsyta (schakt, fyllning, geotextil, dränering, grässådd alternativt plattsättning för de hårdgjorda ytorna) beräknas kosta ca 1500 kr/m². Översilningsytor kommer med tiden att sätta igen. För att återställa funktion och undvika att fastlagda föroreningar lakar ut krävs att jorden och dräneringsledning byts ut. Livslängd uppskattas till ca 20 år.

Det är inte klarlagt hur klimatanpassningsåtgärder ska finansieras men en rimlig utgångspunkt är att den som förvaltar ytan i normalfall också ansvarar för skyfallsåtgärder.

Öppna dagvattenanläggningar kräver en annan typ av drift än underjordiska. Dessa anläggningar ska kontrolleras efter stora regn då skräp dras med dagvattnet. Utöver den situationsbunda driften krävs regelbunden drift i form av gräsklippning och kontroll och rensning av brunnar och intag. Denna tillsyn bör ske ca 6 ggr/år. Mer noggrann driftplan utformas i projekteringskedje. En sammanställning av uppskattade kostnader visas i Tabell 7. Projektering och övriga kostnader bedöms till ca 20 % av anläggningskostnaden.

Tabell 7 Uppskattade investeringskostnader.

Förvaltning	Investering	Årlig drift
Kretslopp och vatten -dagvattenledningar 440 m -fördröjningsmagasin	6,2 Mkr 600 tkr	Enligt interna driftsrutiner
Trafikkontoret (ev. KoV) -dagvattenrännor i överbyggnad p-garage 870 m*	2-3 Mkr*	Minst 2 ggr/år enl. tillverkare samt efter stora regn
Trafikkontoret -vägdiken 500 m*, vägtrummor	700 tkr*	6 ggr á 4 h samt efter stora regn
Trafikkontoret eller Park och	400 tkr	6 ggr á 4 h samt

natur -dike GC-väg/skyfallsdike 275m - översilningsyta/skyfallsväg75m	300 tkr	efter stora regn
---	---------	------------------

*Läggs diken eller rännor på båda sidor gatan ökas kostnaden

Rekommendationer

Ur dagvattensynpunkt hade en plan med kvartersmark mellan kvarteren varit en bättre lösning eftersom man hade kunnat fokusera på en lösning istället för ett privat och ett allmänt system. Att justera storleken på förgårdsytorerna ändrar exploatörens möjlighet att uppnå dagvattenkrav, en aspekt som behöver tas med i planarbetet. Om de inte är möjligt att få plats med tillräckliga dagvattenanläggningar på kvartersmark måste det leda till justeringar i planeringen.

Allmänna gator mellan kvarteren innebär att staden behöver anlägga dagvattenledningar eller rännor ovanpå ett privat p-garage. Var ansvaret ligger vid händelser av läckage och problem med bärighet i konstruktionen måste klargöras och skrivas in i genomförandeavtal.

Recipienten påverkas främst av den totala mängden föroreningar som tillförs på årsbasis. De problem med föroreningar som identifierats i recipientanalysen är kväve och eventuellt koppar och TBT men dessa värden är mer osäkra. Simulering av föroreningar i planområdet före och efter exploatering indikerar att mängden näringsämnen och några andra ämnen kan komma att öka något. Framför allt är det viktigt att de gröna tak som planeras utformas så att behov av gödsel minimeras, det kan ge näringsläckage. Vad gäller koppar och TBT indikerar simuleringen att planen medför att föroreningstransporten minskar till Göta älv. Överlag bedöms recipienten inte påverkas negativt av exploateringen.

Ett lågstråk för skyfallshantering i planområdets östra sida mellan Lindholmsallén och Karlavagnsgatan ska prioriteras. För att ytterligare säkra avrinningen vid stora regn hade en utformning av gångfartsgatorna mellan kvarteren med lågpunkt i mitten varit att föredra.

Dagvatten måste vara en central del i fortsatt projektering av de nya gatorna, ju senare aspekterna kopplas ihop desto svårare blir det att projektera en bra lösning. Generellt behöver dagvattenlösningarna projekteras tillsammans med gestaltningen av området, där samtliga aktörer behöver vara delaktiga. Ett trafikförslag där dagvattenhantering inarbetas bör tas fram.

Det finns planer på att avvara en körbana i Lindholmsallén för att skapa ett kombinerat park- och vattenstråk. Detta hade varit positivt ur ett dagvatten- och skyfallsperspektiv. Då det är mer komplicerat att hantera dagvatten ovanpå p-garaget föreslås att dagvattenåtgärder för fördröjning inarbetas i det nya parkstråket. Vattnet bör lyftas fram och göras synligt, som en del i att uppnå *Vision Älvstaden*.

Underlag

PM – Delområdesbeskrivning klimatrisker Lindholmen 150430 (SBK)

Älvskydd Lindholmen, Skyfallsutredning och dagvattenutredning 160930
(Ramböll)

Karlavagnsplatsen Göteborg- Markteknisk undersökning 150610 (Norconsult)

Larm Thomas. Utformning och dimensionering av dagvattenanläggningar. 2000. VA-Forsk.

Larm, Thomas. 2017. Göteborg recipientanalys (2017-02-09)

Bostäder och verksamheter vid Karlavagnsgatan, Lindholmen- Geotekniskt PM - underlag för detaljplan 150911 (Norconsult)

Reningskrav för dagvatten. 2016. (Göteborg stad)

SERNEKE®

Bostäder och verksamheter vid Karlavagnsgatan, Lindholmen

Kompletterande dagvattenutredning inom kvartersmark

2015-10-19, rev. 2017-01-27

Bostäder och verksamheter vid Karlavagnsgatan, Lindholmen
Kompletterande dagvattenutredning inom kvartersmark

2015-10-19

Beställare: SERNEKE Projektstyrning AB
Kvarnbergsgatan 2
411 05 Göteborg

Beställarens representant: Lars Edwall / Anna Tirén

Konsult: Norconsult AB
Box 8774
402 76 Göteborg

Uppdragsledare: Åsa Malmäng Pohl
Handläggare: Jaan Kiviloog

Uppdragsnr: 104 06 60

Filnamn och sökväg: c:\users\jaakiv\documents\dagvattenutredning bostäder
och verksamheter vid karlavagnsgatan rev jan 2107.doc

Kvalitetsgranskad av: Åsa Malmäng Pohl

Tryck: Norconsult AB

Innehåll

1	Bakgrund	4
2	Föreslagen dagvattenhantering	6
2.1	Erforderliga fördröjningsvolymmer	8
2.2	Fördröjning på takytor	8
2.3	Dagvattenhantering ovan mark	10
2.3.1	Raingardens	10
2.3.2	Träd	11
2.3.3	Öppen dagvattenavledning	11
2.4	Dagvattenhantering under mark	13
2.5	Nyttjande av dagvatten	13
2.6	Förroreningar i dagvatten	13
2.7	Förslag till dagvattenhantering	16

Bilagor

Bilaga A Schematisk princip dagvattenhantering, 33 % Gröna tak

Bilaga B Exempel - Typsektion för dagvattenhantering

1 Bakgrund

Norconsult AB har av SERNEKE Projektstyrning AB fått i uppdrag att genomföra en kompletterande dagvattenutredning gällande kvartersmark som underlag till rubricerad detaljplan. Planen avser möjliggöra nyexploatering med bebyggelse för bostads- och verksamhetsändamål. I november 2016 utfördes en revidering som följd av ändrat fotavtryck på byggnader samt beslut om kraftigt reducerad andel yta som skall utgöra kvartersmark.

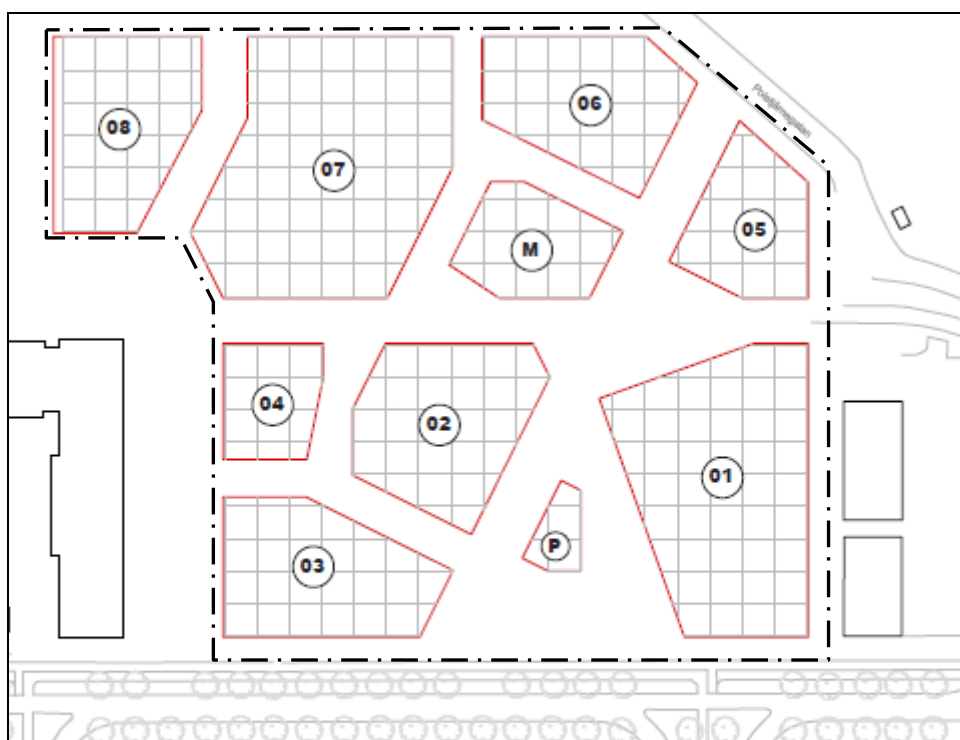
Utredningen syftar till att redovisa möjliga alternativ till dagvattenhantering inom kvartersmark och grovt föreslå hur dessa kan kombineras samt lokaliseras. Detta redovisas i föreliggande PM med bilagor. Som grund till utredningen ligger en dagvattenutredning utförd av Göteborgs Stad, Kretslopp och vatten, daterad 2016-10-18. Föreliggande rapport utgör en komplettering och bilaga till kommunens rapport.

Området är beläget på Lindholmen på Hisingen i Göteborgs kommun, se figur 1 och omfattar en yta om totalt ca 8 ha. Den del av planområdet, som i aktuell utredning skall utgöra kvartersmark i framtiden, avser en ca 2 ha stor yta baserat på koncepthandling 2016-10-13 av plankartan. Ungefärlig layout för utredningsområdet kan ses i figur 2, dock har viss yta tillkommit och byggnadsutformningar reviderats, se figurtext. Området utgörs idag främst av asfalterade p-ytor. Dessutom finns ett antal kommersiella fastigheter, med byggnader och asfaltsytor.

Planområdet korsas av Karlavagnsgatan i sydväst-nordvästlig riktning. Längs den sydöstra gränsen till planområdet återfinns Lindholmsallén och i norr Polstjärnegatan, se bilaga A.



Figur 1. Den röda markeringen visar ungefärlig lokalisering av planområdet (Karta från Eniro)



Figur 2. Utredningsområdets omfattning inkl. ingående allmänplatsmark, samt planerade huskroppar. I senare revidering har byggnad 8 utökats åt vänster i bild och byggnaderna 01 och P fotavtryck reviderats. Detta framgår av bilaga A. (Karlavagnsplatsen Masterplan)

2 Föreslagen dagvattenhantering

I kommunens rapport sammanställs krav rörande dagvattenhantering inom planområdet. Dessa kan sammanfattas enligt följande:

- Fördröjning av dagvattenflöden inom kvartersmark enligt kommunens krav, 10 mm per m² ansluten hårdgjord yta
- Principen är att anläggningar för rening och fördröjning av dagvatten från kvartersmark, vid nybyggnation, placeras på kvartersmark.
- Varje fastighet ska fördröja sin andel av fördröjningskravet och att varje fastighet ska ha en egen anslutningspunkt
- Rening av förorenade dagvattenflöden skall ske med omfattning enklare behandling/rening.
- Höjdsättningen ska utformas så att skyfall med 100-års återkomsttid inte skadar nya byggnader och att man inte förvärrar för nedströms områden.
- Avledningen skall göras trög för ledningsnätets skull samt ett framtida bedömt behov för pumpning.

Vidare redovisas i rapporten krav på fördröjningsvolymerna samt förslag till dagvattenhantering. Ovanstående har beaktats och kompletterats i föreliggande rapport. Föreslagen dagvattenhantering redovisas nedan samt i bifogade bilagor.

Befintlig ledningsbunden dagvattenavledningen inom området sker både via kombinerat samt duplikat ledningssystem. Kombinerade ledningsnät skall separeras i samband med att området förnyas, vilket kan öka belastningen på befintliga dagvattenledningar. Kommunen föreslår tre anslutningspunkter för området, i Karlavagnsgatan, Lilla Karlavagnsgatan samt till ledning i Lindholmsallén. Detta innebär att dagvattenledningen i Lindholmsallén kommer att belastas med mer ansluten yta i framtiden än i dagsläget, då en del av dagvattnet tidigare avletts i det kombinerade avloppsledningssystemet. Det är därför viktigt att dagvattenavrinningen fördröjs så att överbelastning inte sker vid kraftiga regn. Kapacitetsökning planeras på vissa sträckor av dagvattenledningssystemet i Lindholmsallén.

All yta inom utredningsområdet kommer att omfattas av anläggningar under mark, främst parkeringsgarage. Detta medför att konventionellt lokalt omhändertagande av dagvatten inte är möjligt. Fördröjning av dagvatten kan ske på tak, inom byggnaderna eller i öppna eller markförlagda fördröjningsvolymerna på bjälklaget till underbyggnaden. Dessutom kan dagvatten utnyttjas för t.ex. bevattning.

Dagvatten från takytor kan anses vara rent om takmaterial utan påverkan på dagvattnet väljs. Den huvudsakliga uppställningen av personbilar kommer att ske under jord i p-garage. Dagvatten från fastighetsmarken inom utredningsområdet kan sammanfattningsvis bedömas vara mycket lite påverkat.

I tabell 1 redovisas den uppskattade föroreningsbelastningen i dagvatten från utredningsområdet utan några renings- eller fördröjningsåtgärder. Schablonhalterna är hämtade ur databasen för modelleringsprogramvaran StormTac och motsvarar en kombination av dels takyta och torgyta. I tabell 3 redovisas föroreningsbelastningen med gröna tak. Observera att volymen avrunnet vatten blir högre utan gröna tak eller motsvarande åtgärder, varvid den totala mängden föroreningar som tillförs recipient blir högre för samma medelkoncentrationer.

Tabell 1. Schablonhalter för en sammanvägd avrinning från torgyta (tillgänglig ej bebyggd kvartersmark) och konventionell takyta för aktuellt planområde.

Ämne/parameter	Enhet	Sammanvägd schablonhalt
Arsenik, As	µg/l	3
Krom, Cr	µg/l	4
Kadmium, Cd	µg/l	0,76
Bly, Pb	µg/l	3
Koppar, Cu	µg/l	8
Zink, Zn	µg/l	28
Nickel, Ni	µg/l	4
Kvicksilver, Hg	µg/l	0,01
TBT	µg/l	0,002
Olja	µg/l	27
Bens(a)pyren	µg/l	0,01
MTBE	µg/l	**
Bensen	µg/l	0,09
Totalfosfor, Tot-P	µg/l	90
Totalkväve, Tot-N	µg/l	1814
TOC	mg/l	9
SS (partiklar)	mg/l	24

Vid skyfall, då dagvattenavledningssystemen går fulla, är det viktigt att avledning kan ske ytlede t.ex. via gator. Höjdsättningen av dessa ytor bör därför ägnas stor omsorg så att ytlig avledning möjliggörs på ett betryggande sätt. Kommunen anger att området norr om Karlavagnsgatan bör höjdsättas så att ytlede avledning möjliggörs till Polstjärnegatan. Södra delen av området bör höjdsättas så att ytavrinning sker mot Lindholmsallén. Denna princip sammanfattas i figur 11 i Kretslopp och vattens dagvattenutredning.

2.1 Erforderliga fördröjningsvolym

Den erforderliga fördröjningsvolymen inom planområdets kvartersmark har beräknats, baserat på kravet om 100 mm fördröjningsvolym per m² hårdgjord yta. Ytor som föreslås utgöras av kvartersmark i plankartan (koncept 2016-10-13) redovisas i bilaga A.

Fördröjningsvolymen för byggnader utförda med konventionella tak uppgår till 167 m³. Total takyta framgår ur tabell 2. Storleken av övriga hårdgjorda ytor reduceras i jämförelse mot i kommunens rapport redovisad yta för hela planområdet.

Den erforderliga fördröjningsvolymen för övriga ytor inom kvartersmark uppgår till ca 13 m³. Den totala erforderliga effektiva fördröjningsvolymen inom kvartersmark redovisas i tabell 2.

Tabell 2. Beräkning av fördröjningsvolym inom kvartersmark/utredningsområdet

Typ av yta	Yta (m ²)	Avrinningskoefficient	Fördröjningsvolym (m ³)
Tak - (samtliga 10 st, utan grönt tak)	18 600	0,9	167
Övrig kvartersmark (antas bli hårdgjort)	1 600	0,8	13
Totalt	20 200		180

2.2 Fördröjning på takytor

Fördröjning av dagvatten kan erhållas direkt på taken om dessa utformas som en dränerad inneslutning med eller utan växtlighet.

Tak med växtlighet, s.k. gröna tak, reducerar avrinningen från takytan, då en stor del av nederbörden avgår via evapotranspiration. Markbädden ger även en isolerande effekt mot kyla, värme och ljud. Tunna gröna tak, med t.ex. sedum, kan minska den totala avrunna mängden på årsbasis med ca 50 %. Gröna tak med djupare vegetationsskikt kan enligt Svenskt Vattens publikation P105 i medeltal reducera 75 % av årsavrinningen.

Dagvattenhantering på bjälklag, dvs. på tak och över underbyggnader, kräver att bjälklaget skyddas. För detta erfordras rotsäkra tätskikt, som håller rötter och fukt borta från konstruktionen. Ovan tätskiktet bör ett dräneringslager anläggas, vilket kan transportera bort överskottsvatten från jord- och växtskiktet. Bjälklaget bör anläggas med fall, så att vatten kan transporteras bort från bjälklaget och inte riskerar bli stående i lågpunkter. För att skydda tätskiktet mot nötning samt för att minimera dräneringslagrets tjocklek, till förmån för ett tjockare vattenhållande jordlager, föreslås det dränerande skiktet utgöras av en s.k. dräneringsmatta.

Ett annat alternativ till gröna tak, där motsvarande fördröjning av avrinningen erhålls, är s.k. blå tak, d.v.s. tak konstruerade som fördämningar med kontrollerat utflöde. Fördröjningsvolymens storlek bestäms av det möjliga vattendjupet samt om något fyllnadsmaterial, t.ex. småsten, används. Utformad med ljusa material kan även blå tak reducera urban uppvärmningseffekt liksom verka kylande för inomhusklimatet. Blå tak kan med fördel kombineras med system för återanvändning av regnvatten, t.ex. för automatisk bevattning.

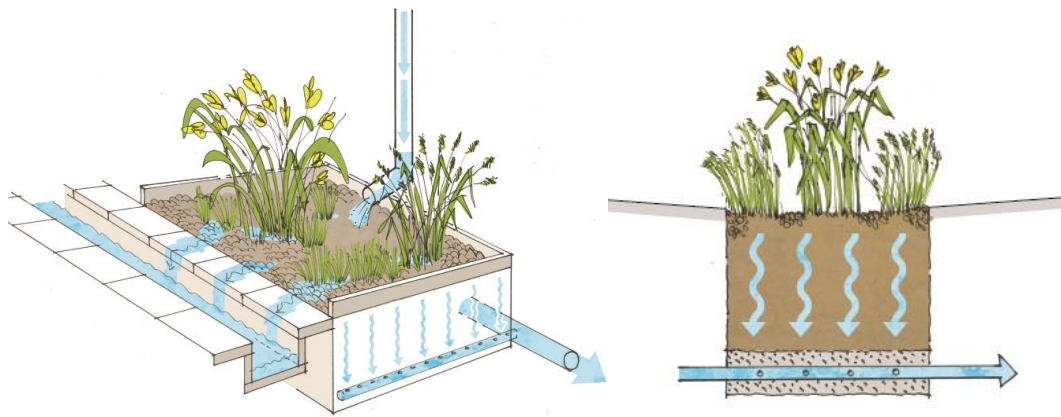
2.3 Dagvattenhantering ovan mark

Inom planområdets kvartersmark som inte utgörs av tak, t.ex. uteserveringar, planteringar etc. Dagvattenfördröjande åtgärder kan i dessa ytor anläggas som en del av stadsbilden om så medges. Dessa kan bestå av till exempel träd, planteringar och öppna avledningssystem.

2.3.1 Raingardens

Raingardens byggs upp med en väl-dränerad bädd med växter som klarar perioder av både torka och höga vattennivåer, anpassade till klimatet i den region där de anläggs. Filterbädden etableras lämpligen av ett jordmaterial anpassat för växterna och klimatet samt med god hydraulisk konduktivitet, där flödesutjämningen till stor del äger rum. I botten av varje regnträdgård anläggs en dräneringsledning i ett dränerande lager, för avtappning av dagvattenflöde till ledningsnät avsett för dagvatten. Genom att välja lämplig dimension på utloppsledningen kan avtappningen från respektive regnträdgård regleras. I figur 3 redovisas två principiella utföranden av regnträdgårdar, för mottagning av dels takvatten och dels avrinning från gator.

En grov tumregel är att ytan på raingarden ska vara mellan 2-4 % av avrinningsområdets storlek.



Figur 3. Exempel på principiell utformning av raingardens (Norconsult)

2.3.2 Träd

Dagvatten kan effektivt omhändertas med hjälp av träd, vars kronor fångar upp och avdunstar nederbörd samtidigt som rotsystemen suger vatten ur marken. Varje träd-krona kan magasinera omkring 10 mm nederbörd över den yta som kronan upptar. Växtbädden kan även magasinera en viss mängd vatten. Att rotsystemen suger åt sig vatten från kringliggande mark leder dessutom till att markens magasineringskapacitet återhämtas fortare. Dessutom kan träd omhänderta mindre mängder föroreningar, exempelvis från vägdagvatten.

För att trädens kronor skall kunna växa optimalt i urbana miljöer, behöver förutsättningarna för rotsystemets utveckling vara gynnsamma. För att motverka kompaktering av jorden i trädets omgivning föreslås i första hand att jorden byggs upp med s.k. skelettceller eller med stödjande pelare mellan bjälklaget till underbyggnaden och ett övre bjälklag/plattsättning. Alternativt kan träd planteras i s.k. skelettjord.

Skelettceller består normalt av cellramar i plast vilket ger plats för stor andel växtjord (93 %) och möjliggör användandet av olika jordarter i växtbädden. Skelettjord består vanligen av fukthållande anläggnings- eller planteringsjord som förstärks med grov makadam, krossade lecablock eller liknande för att kunna belastas utan att växtjorden komprimeras.

En mindre kompakt växtbädd medför även möjlighet till magasinering av större mängder dagvatten. Det är dock viktigt att växtbädden förses med dränering så att permanent höga vattenstånd inte kan uppstå.

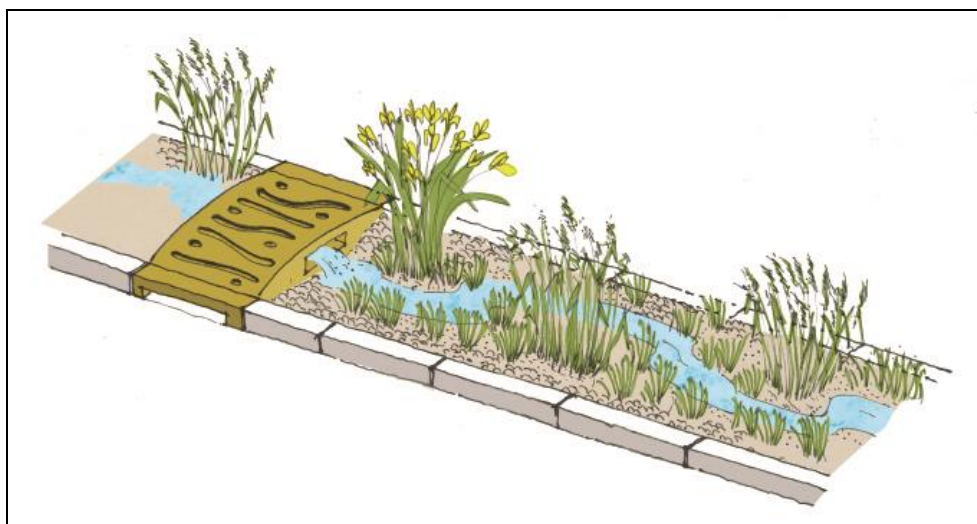
På eventuella platser där träd och ledningar riskerar komma i konflikt, och rötter kan orsaka problem i form av rotinträngning, föreslås en skyddsskärm av packad samkross anläggas mellan växtbädden och ledningsgraven.

2.3.3 Öppen dagvattenavledning

För att erhålla en trögare avledning av dagvatten kan avledning ske i öppna rännor och kanaler i största möjliga utsträckning istället för i ledning, vilket även ger estetiska och pedagogiska mervärden, se figur 4 och 5. Med planteringar av växter i kanaler kan även en reningseffekt erhållas samt ytterligare estetiska värden.



Figur 4. Exempel på öppen avledning av dagvatten i urban miljö



Figur 5. Exempel på öppen avledning och rening av vägdagvatten (Norconsult)

2.4 Dagvattenhantering under mark

Den yteffektivaste fördröjningen erhålls oftast med markförlagda fördröjningsmagasin med hög andel fördröjningsvolym per volymsenhet. Sådana magasin kan utformas med s.k. dagvattenkassetter (ca 95 % fördröjningsvolym), som gjutna bassänger, tankar eller parallellt anlagda rörmagasin. Makadamfyllning har ca 30 % effektiv porositet och ger en vis reningseffekt, vilket tidigare nämnda metoder inte ger i någon nämnvärd omfattning. Gjutna bassänger och tankar kan placeras ovan bjälklaget eller som en del i underbyggnaden.

2.5 Nyttjande av dagvatten

Dagvattnet från taket kan samlas upp i en tankar inom byggnader eller under mark och nyttjas för bevattningsändamål.

2.6 Föroreningar i dagvatten

Miljöförvaltningen i Göteborg har särskilda riktlinjer och riktvärden för utsläpp av dagvatten och förorenat vatten till recipient. Dessa riktvärden uttrycks som halter i form av föroreningsmängd per liter dagvatten, se tabell 1 i Kretslopp och vattens dagvattenutredning.

För att uppskatta hur mycket föroreningar ett område genererar, kan databasen Stormtac användas. Stormtac (www.stormtac.com) tillhandahåller schablonhalter av dagvattnets sammansättning för olika typer av markanvändning. Schablonhalterna är framtagna med hjälp av långa serier med flödesproportionell provtagning och uppdateras kontinuerligt. I och med exploateringen förändras markanvändningen från merparten asfalterade parkeringsytor till kvartersmark av centrumkaraktär. Parkeringsytorna kommer att flyttas under mark och kommer därför ej att påverka föroreningsinnehållet i dagvattnet. Som tidigare nämnts kan takdagvatten betraktas som förhållandevis rent förutsatt att takmaterial utan påverkan på dagvattnet väljs. I presentationen av det planerade området, Karlavagnsplatsen Masterplan, har man involverat grönska både på takytor och på gator och torg. Illustrationer redovisar takterasser med grönska på ca 1,2 ha takyta, d.v.s. på ca 65 % av all takyta. Det är dock inte fastställt hur stor andelen gröna tak det kommer att bli.

I tabell 3 presenteras sammanvägda schablonhalter i dagvatten från torgyta, med hänsyn till att 65 % av takytorna utförs som gröna, alternativt att ca hälften av detta, d.v.s. 33 %, utförs som gröna. Även scenariot med 55 % gröna tak redovisas vilket motsvarar det totala behovet av fördröjning för kvartermark. Samtliga siffror är hämtade från databasen Stormtac (2016-08-29). Beräknade halter jämförs med riktvärdena från Miljöförvaltningen i Göteborgs Stad.

Observera att redovisade halter är med beaktande av respektive i beräkningen ingående ytas avrinningskoefficient. Mer gröna tak ger därmed mindre avrinning och mindre mängd förorening på årsbasis för samma koncentration i avrinningen. Årsavrinningen är vid 65 % gröna tak ca 80 % av scenariot med 33 % gröna tak.

Tabell 3. Riktvärden Göteborgs stad och schablonhalter för en sammanvägd avrinning från torgyta (tillgänglig ej bebyggd kvartersmark) med hänsyn till 33 % gröna tak (50 % av total takyta), 55 % gröna tak och 65 % gröna tak för aktuellt planområde.

Ämne/parameter	Enhet	Riktvärden Göteborgs Stad	Sammanvägd schablonhalt 33 % gröna tak	Sammanvägd schablonhalt 55 % gröna tak	Sammanvägd schablonhalt 65 % gröna tak
Arsenik, As	µg/l	15	3	3	3
Krom, Cr	µg/l	15	4	4	4
Kadmium, Cd	µg/l	0,4	0,6	0,5	0,4
Bly, Pb	µg/l	14	2	2	2
Koppar, Cu	µg/l	22	10	11	12
Zink, Zn	µg/l	60	28	27	27
Nickel, Ni	µg/l	40	4	4	4
Kvicksilver, Hg	µg/l	0,05	0,01	0,01	0,01
PCB	µg/l	0,014	**	**	**
TBT	µg/l	0,001	0,002	0,002	0,002
Olja	µg/l	1000	33	38	41
Bens(a)pyren	µg/l	0,05	0,01	0,01	0,01
MTBE	µg/l	500	**	**	**
Bensen	µg/l	10	0,09	0,09	0,09
pH	-	6-9	**	**	**
Totalfosfor, Tot-P	µg/l	150	122	152	169
Totalkväve, Tot-N	µg/l	2500	2160	2483	2665
TOC	mg/l	20	12	16	17
SS (partiklar)	mg/l	60	23	21	21
**Uppgift saknas					

Grön markering innebär att halten är lägre än, eller lika med riktvärdet från Miljöförvaltningen i Göteborg och röd att den är högre. Grå markering innebär att det är oklart om halten blir högre eller lägre än riktvärdet.

Överlag underskrider halterna riktvärdena med god marginal. Halterna kadmium tributyltenn (TBT), fosfor och kväve beräknas bli något högre än riktvärdena, varvid rening kan behövas. Det bör dock noteras att användandet av schablonhalter ger väldigt grova uppskattningar av föroreningsinnehållet i dagvattnet. De ger en fingervisning om vilka halter som kan förväntas i dagvattnet och kan fungera som ett stöd i beslutsprocesser vid val av lämpliga lösningar.

I rapporten ”Dagvatten inom planlagda områden” (2001) för Göteborgs stad anges att dagvattenrening bör ske med hänsyn till recipientens känslighet samt med hänsyn till typ av område som avvattnas. I kommunens rapport ”PM Krav för dagvattenhantering” har fastställts, med hänsyn till dessa aspekter, att dagvattnet skall genomgå ”Enklare behandling” innan anslutning sker till befintligt ledningsnät. Enligt rapporten motsvarar enklare behandling lösningar i form av översilningsytor, regnträdgårdar (raingardens) och/eller öppna vattenytor med renande vegetation. Vidare anges att lösningar som dessa kan kompletteras med gröna tak som utformas med fokus på vattenhållande förmåga.

2.7 Förslag till dagvattenhantering

Om 65 % av takytorna anläggs som gröna med ett vattenhållande skikt om i genomsnitt 70 mm, beräknas den dränerbara volymen vatten vid fri dränering från mättade förhållanden uppgå till ca 210 m³. Detta baseras på ett antagande om 50 % total porvolym varav hälften kan upptas av fritt dränerbart vatten. Då denna volym inräknas som fördröjningsvolym kan gröna tak täcka hela kravet på fördröjningsvolym enligt tabell 2, om 180 m³.

För att precis uppnå 180 m³ fördröjningsvolym med 70 mm gröna tak enligt räkneexemplet ovan behöver andelen takyta med gröna tak omfatta 55 % av takytan, motsvarande ca 10 000 m². Räknas även reduktionen av andelen hårdgjord yta in vid användning av gröna tak, reduceras kravet på fördröjningsvolym eller andelen gröna tak ytterligare.

En viss del av de gröna taken kan även utföras som blå för att öka magasinsvolymen per m² takyta utan att öka lasten.

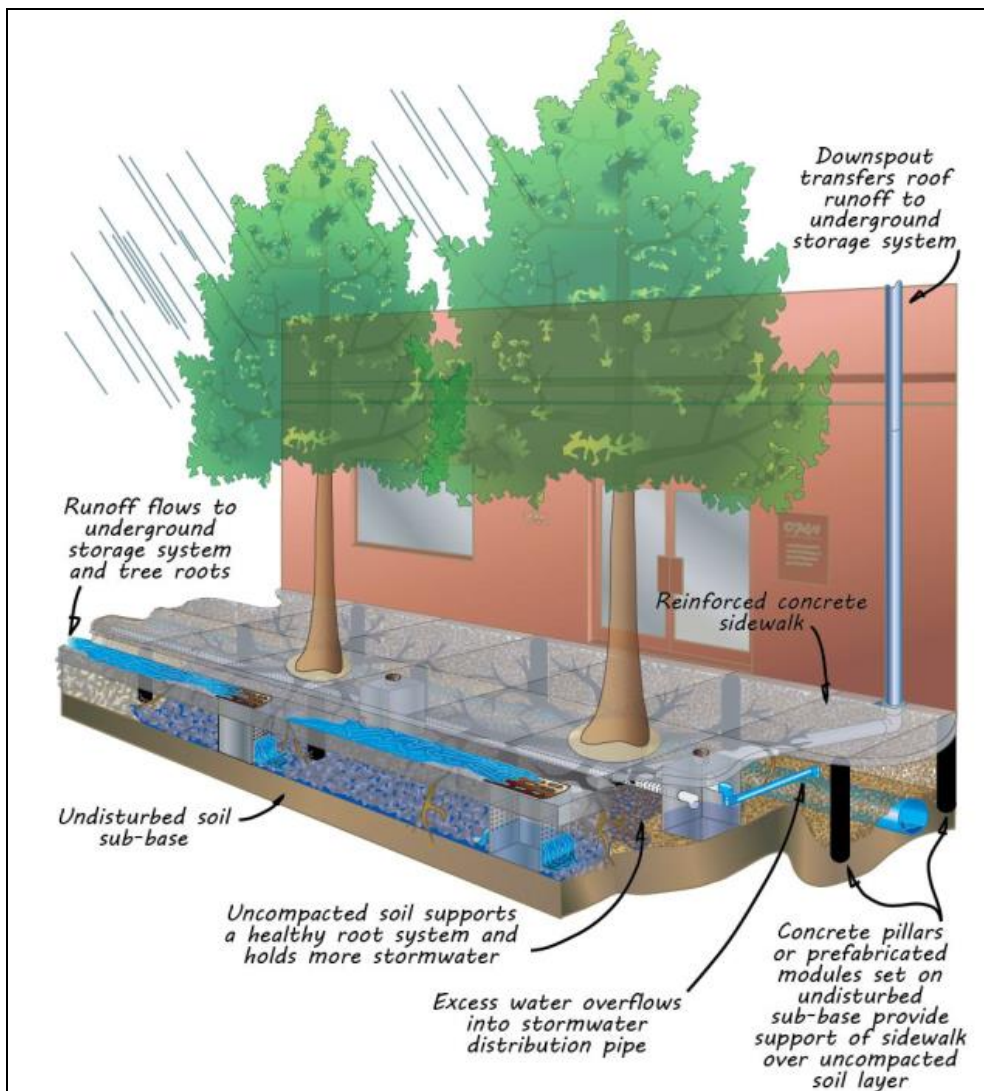
En viss del av redovisade takterasser kan komma att användas som lektytor för förskolor samt uterum för bostäder varvid tillgängliga ytor för gröna eller blå tak troligtvis reduceras. Om hälften av tidigare antagen grön takyta av denna anledning

istället utförs med en yta motsvarande konventionella tak, krävs att ytterligare ca 50-80 m³ fördröjningsvolym anordnas på annan plats.

Detta kan åstadkommas t.ex. genom trädplanteringar och att utrymmen mellan trädplanteringar utformas som t.ex. kassetmagasin. Raingardens kan även användas.

För att hantera mikroklimatet i området kommer träd att planteras. I illustrationen för Karlavagnsplatsen Master plan redovisas avsikt till plantering av ett antal träd på bjälklaget till underbyggnaden. Plantering av träd föreslås ske i en väl konstruerad växtbädd om ca 0,75-1 m djup (medelstora till stora träd) baserad på stödpelare och med lättviktsjord (pimpsten). Armerade betongplattor föreslås anläggas ovan stödpelarna. Dagvattnet föreslås avledas från torgyta/kvartersmark och eventuellt även takytor till växtbäddarna.

Avledning från torgytor föreslås ske via rännalsplattor till luftbrunnar som försörjer växtbädden med luft och vatten. Dagvatten kan även tillåtas infiltrera direkt till växtbädden genom permeabla ytskikt. Överskottsvatten i växtbädden dräneras till dagvattenledning eller dränledning i makadamdike, med lämplig strypning, se principskiss i figur 6 och föreslagen typsektion i bilaga B.



Figur 6. Princip för till- och frångörelse av dagvatten till växtbädd från gata och konventionella tak. (*Stormwater to street trees: Engineering Urban Forests for Stormwater Management*, USEPA, 2013)

Vid ett antagande om att 0,4 m av totalt 0,8 m jordlager utnyttjas för fördröjning och att 25 % av detta lager utgörs av porutrymme som kan dräneras fritt, beräknas varje växtbädd för stora träd (ca 20 m³) kunna fördröja minst ca 2,5 m³ vatten. Därtill kommer trädkronans fördröjande förmåga. För medelstora träd med en växtbädd om 15 m³ beräknas den fördröjande volymen uppgå till minst ca 1,9 m³.

Om det på kvartersmark planteras två stora träd med 20 m³ växtbädd och 6 st medelstora träd med 15 m³ växtbädd kommer den fördröjande volymen i dessa växtbäddar enligt antagandena gjorda ovan att uppgå till ca 17 m³.

För att erhålla extra fördröjande volym i kombination med rening av dagvattnet föreslås raingardens anläggas i största möjliga utsträckning. Om respektive raingarden utförs med 0,12 m översvänningsdjup och 0,45 m filtermaterial (lämpligt för gräs, buskar och perenner) ovan en eventuell vattenmättad zon eller dräneringslager krävs ca 130-220 m² raingarden för att uppnå resterande fördröjningsvolym, ca 30-50 m³. Ett förslag till lokalisering av denna yta av raingardens redovisas i bilaga A. Fördelningen av volymerna redovisade i bilaga A är sammanställda i tabell 4.

Då de den del av kvartersmark som inte upptas av byggnader ovan mark planeras för t.ex. uteserveringar är det sannolikt inte möjligt att uppta ytorna med stor andel öppen dagvattenhantering som med raingardens. Ett alternativ är då att anlägga kompakta fördröjningsmagasin under mark, t.ex. med hjälp av dagvattenkassetter. Nackdelen med dagvattenkassetter är att dessa saknar reningseffekt, varvid dessa främst bör fördröja vatten från de konventionella taken, där föroreningsgraden är ringa.

I bilaga A redovisad utformning av dagvattenhanteringen med ca 33 % gröna tak (ca 6 000 m²) har det föreslagits raingardens på en yta om ca 40 m² motsvarande ca 10 m³ effektiv magasinvolym. Fördröjningsvolymerna i växtbäddar och raingardens redovisade i tabell 4 motsvarar erforderlig fördröjningsvolym för kvartersmark som inte omfattas av byggnader med tak och bidrar dessutom till rening av dagvattnet. Resterande fördröjningsvolym föreslås erhållas med kassettmagasin utöver tidigare föreslagen trädplantering. Fördröjningsmagasin under markytan har antagits utföras med 0,4 m höga dagvattenkassetter, varvid en yta om ca 120 m² under markplanet krävs för dessa.

Tabell 4. Fördröjningsvolymen enligt bilaga A

Fördröjningslösning	Fördröjningsvolym [m ³]
Gröna tak 70 mm (33% av takytan)	105
Växtbäddar för träd	17
Raingardens	10 (jmf. kvartersmark i tabell 2)
Kassettmagasin	48
Summa	180

Ett flertal dagvattenlösningar fungerar inte enbart fördröjande utan har dessutom en positiv effekt på föroreningsinnehållet i dagvattnet. I databasen Stormtac finns schablonmässiga reningsgrader för olika dagvattenlösningar. Dessa reningseffekter är dock, precis som tidigare omnämnda schablonhalter, väldigt generella. De ger inga exakta svar utan fungerar som en fingervisning om vilken reningseffekt som kan förväntas av dagvattenlösningen.

I tabell 5 presenteras möjliga reningseffekter i en raingarden respektive biofilter, t.ex. växbädden till trädplanteringar. Dessutom redovisas reningsschablonvärdena för reningseffekterna är hämtad från databasen Stormtac.

Tabell 5. Reningseffekter (procentuella) för raingardens, biofilter och gröna tak

Parameter	Enhet	Raingarden (min-max)	Biofilter (tex växtbädd för träd)	Gröna tak
Arsenik, As	µg/l	**	**	**
Krom, Cr	µg/l	**	25	**
Kadmium, Cd	µg/l	**	85	20
Bly, Pb	µg/l	24-99	80	65
Koppar, Cu	µg/l	36-93	65	-100
Zink, Zn	µg/l	31-99	85	20
Nickel, Ni	µg/l	**	75	35
Kvicksilver, Hg	µg/l	**	50	-35
PCB	µg/l	**	**	**
TBT	µg/l	**	**	**
Olja	µg/l	99	60	**
Bens(a)pyren	µg/l	**	85	**
MTBE	µg/l	**	**	**
Bensen	µg/l	**	**	**
pH	-	**	**	**
Totalfosfor, Tot-P	µg/l	35-65	65	-220
Totalkväve, Tot-N	µg/l	33-66	40	-120
TOC	mg/l	**	**	-218
SS (partiklar)	mg/l	97	80	90
** Uppgift saknas				

Efter att dagvattnet från ”torgytor” och en vis del av dagvattnet från de takytor som utförs med konventionella tak, passerat genom biofilter kommer kravet på utgående halt kadmium att innehållas. De förhöjda halterna kväve och fosfor för scenariot med 56 % gröna tak redovisade i tabell 3 beror främst på att gröna tak släpper ifrån sig näringsämnen. Enligt Kretslopp och vattens dagvattenutredning kan dock detta dagvatten betraktas vara tillräckligt rent för avledning till recipient. Dagvatten från övriga ytor innehåller riktvärdena för kväve och fosfor utan rening.

Reningseffekterna med avseende på tribetyltenn framgår ej av tabell 3 och 5. Schablonkoncentrationerna för avrinningen angiven i Stormtac baseras på ett mycket begränsat antal observationer, varvid osäkerheten i tabell 3 angivet värde är stort. Vid behov föreslås det att reningen m.a.p. TBT för vald dagvattenhantering analyseras i efterhand och t.ex. kolfilter installeras i brunnar om koncentrationerna i utgående flöde påvisas vara förhöjda. Föreslagen dagvattenhantering bedöms dock vara tillräcklig ur reningsynpunkt.

Det kan konstateras att uppfyllandet av kommunens gällande krav på dagvattenhantering kan uppnås med ett relativt begränsat ytbehov vid föreslagen gestaltning. Detta förutsätter att ett ca 600-1 000 mm djupt utrymme, mellan underbyggnadens bjälklag och den slutliga markytan kan accepteras, bland annat för dagvattenhanteringen.

Vid slutligt val och lokalisering av åtgärder för dagvattenhantering skall även höjdsättning och möjliga avledningsriktningar beaktas.

Norconsult AB
Mark och Vatten

Jaan Kiviloog
jaan.kiviloog@norconsult.com

Åsa Malmäng Pohl
asa.malmang@norconsult.com



Norconsult AB







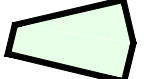

Theres Svensson gata 11

Box 8774, 402 76 Göteborg

031 – 50 70 00, fax 031-50 70 10

www.norconsult.se

Föreslagen placering
Beteckningar

-  Gräns för kvartersmark
-  Befintlig dagvattenledning
-  Träd i växtbädd med fördröjningsvolym
-  Kassettmagasin
-  Raingarden
-  Flödesriktning
-  Grönt tak, på 50 % av ytan
-  Fastighetsmark utöver byggnader

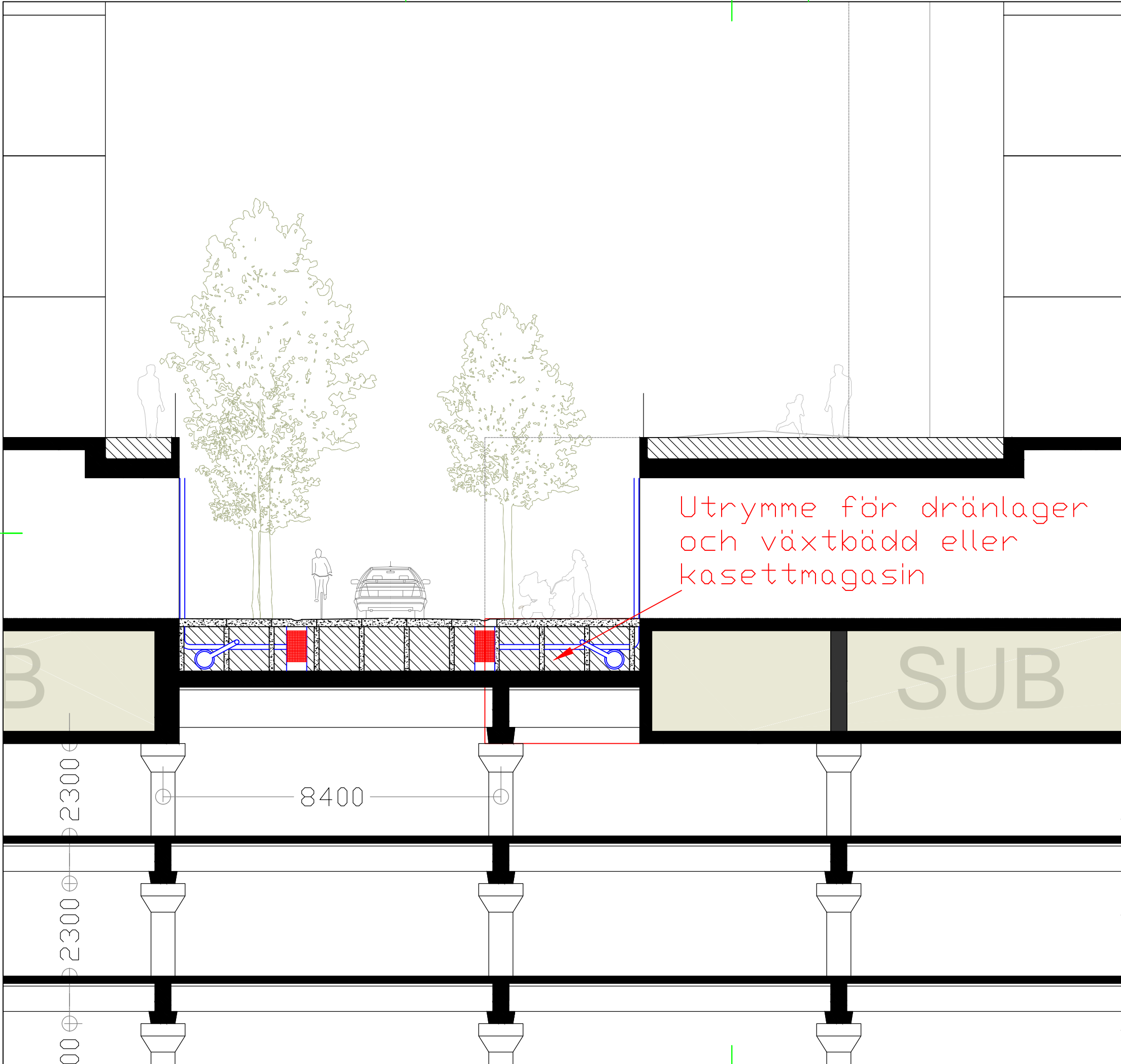


Schematisk princip dagvattenhantering, 33 %
Gröna tak
Bostäder och verksamheter vid Karlavagnsgatan,
Lindholmen. Uppdragsnummer: 104 06 60



Norconsult AB
Box 8774, 402 76 Göteborg
Tfn 031-50 70 00
www.norconsult.se

Skala 1:1000 (A3) 2015-10-19, rev 2016-11-10



Utrymme för dränlager
och växtbädd eller
kasettmagasin

Exempel - Typsektion för dagvattenhantering på
bjälklag
Bostäder och verksamheter vid Karlavagnsgatan
Uppdragsnummer: 104 06 60

Norconsult 

Norconsult AB
Box 8774, 402 76 Göteborg

Tfn 031-50 70 00
www.norconsult.se

2015-10-19



Utveckling och projekt
Avloppsprojekt
Dick Karlsson

BESLUTSSTÖD SKYFALLSHANTERING -KARLAVAGNSPLATSEN LINDHOLMEN

Bakgrund och syfte

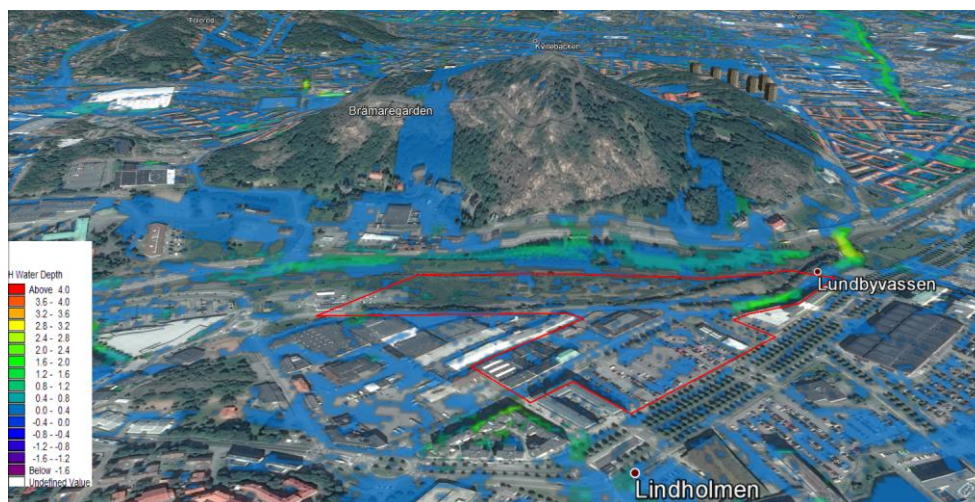
Syftet med nedanstående analys är primärt att analysera planområdets funktion vad gäller hantering av ”överskottsvatten”, alltså det vatten som inte avleds via dagvattensystem eller infiltration vid ett dimensionerande klimatanpassat 100-årsregn, och undersöka om man möter de krav som beskrivs i samrådshandling Byggnadsnämnden 2016-05-17; Stadsbyggnadskontoret; ”Förslag till ÖVERSIKTSPLAN FÖR GÖTEBORG - Tillägg för översvämningsrisker” vad gäller framkomlighet och säkerhetsmarginal för att förhindra skyfallsrelaterade översvämningskador.

Sekundärt är syftet att testa det beslutsstödsystem som DHI Sverige AB tagit fram på uppdrag av Kretslopp och Vatten vilket syftar till att förbättra förutsättningarna för en effektivare hantering av översvämningar orsakade av extrema regn. Tidigare har beslutsstödsystemet testats på planområde Backaplan.

Sammanfattning

Planområdet ligger placerad relativt när Göta älv (närmaste väg ca 200 m) och det är idag relativt plant. De södra delarna av området är idag nästan helt hårdgjort och det skall här ske omfattande nyexploatering. De norra delarna är i till stor del gröna och det skall de enligt planen fortsatt vara, se orienterande bild nedan.

Det finns i nuläget inga utpekade skyfallsvägar inom eller bort från planområdet vilket innebär att vattnet till stor del ansamlas i lågpunkt i vägviadukt i förlängningen av planområdets nordöstra hörn (grönt i figur nedan). Vattnet kommer där bli stående tills dagvattensystem under mark evakuerat det.



Figur Ungefärligt planområdet (röd linje) och max översvämningsdjup vid klimatanpassat 100-årsregn (Google Earth).

Enligt beslutsstödet blir bedömningen att översvämningsproblemen inom planområdet är begränsade och lösningar inom planområdet bör prioriteras. Inflödet till planområdet är begränsat och sker framförallt över den västra randen.

Ytor som skulle kunna användas för hantering av skyfall ligger främst i områden som idag i hög grad inte blir påverkade vid ett extremt regn (norra delen av planområdet). Detta område kan dock användas för att hantera vatten från den nya vägen i detta område.

Lågpunkten som är lokaliserad i nordost används som ett effektivt utjämningsmagasin vid extrema regn. Vid 500-årsregn kommer uppfyllnaden av denna punkt breda ut mot planområdet, se nedan. Detta är viktigt att notera då risken med instängda områden per definition är att de fylls på tills vattnet finner en väg ut. Detta är dock inget dimensionerande fall men ändå något man bör vara medveten om och ta ställning till.

Rådigheten för att använda denna yta för utjämning undersöks i annat forum.



Figur Beräknat max översvämningsdjup vid klimatanpassat 500-årsregn.

Enligt samrådshandling Byggnadsnämnden 2016-05-17; Stadsbyggnadskontoret; ”Förslag till ÖVERSIKTSPLAN FÖR GÖTEBORG - Tillägg för översvämningsrisker” skall säkerhetsmarginal tillämpas för samhällsviktiga anläggningar, byggnader och framkomlighet. Med avseende på skyfall så skall byggnader ha en säkerhetsmarginal vid skyfall med 100 års återkomsttid på 0,2 meter till underkant golvbjälklag och max översvämningsdjup skall vara max 0,2 m för att framkomlighet skall anses vara tillräcklig.

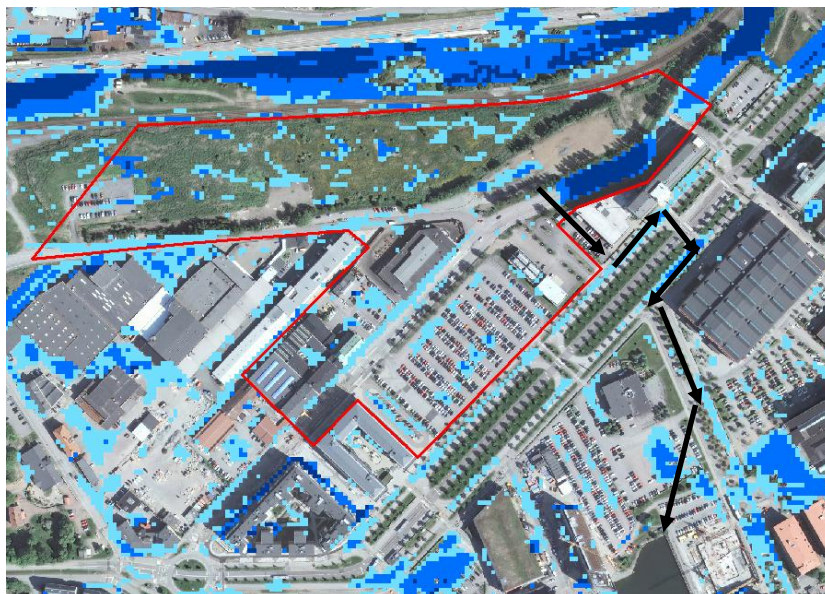
Samma handling föreslår att planeringsnivåer avseende översvämningsrisk hav i aktuellt område skall vara +2,8 för bebyggelse och +2,6 för framkomlighet.

Enligt genomförda beräkningar är det med dagens topografi mycket begränsat med områden som har ett vattendjup större än 0,2 m vid dimensionerande (klimatanpassat) 100-årsregn.

Med föreslagna förändringar av topografin så föreslås delar av planområdet höjas till +3,0. Med denna justering av topografin kommer planeringsnivån för delar (men inte hela) planområdet ligga i nivå med de krav som ställs för att skydda bebyggelsen mot stigande nivåer i havet.

Föreslagna förändringar av kvartersstruktur och topografi innebär enligt en mycket grov bedömning en total massförflyttningen för urgrävning motsvarar ca -7 000 m³ och för uppfyllnad ca 4 000 m³. Siffrorna är dock mycket grova och ingen hänsyn har t.ex. tagits till underjordiska garage osv.

Ur topografiskt perspektiv skulle det, med viss lokal justering av topografin, vara möjligt att föra vatten från planområdet vidare via den väg som illustreras i figurer nedan. Det är enligt uppgift osannolikt att detta går att lösa då det pågår arbete med plan i nedströms del av denna skyfallsväg. Alternativet kan dock vara intressant att titta närmare på om det visar sig att svackan i nordost ej kan användas för utjämning.



Figur Planområde och möjlig principiell evakueringsväg för vatten (ca 400 m) med befintlig topografi som underlag. I figuren illustreras max översvämningsutbredning vid ett klimatanpassat 100-årsregn.

Det sker enligt beräkningarna en förflyttning av översvämningsområden och på grund av att interpolering av den nya höjdmodellen inte är optimal så blir det områden i den föreslagna höjdsättningen som har översvämningsdjup på mellan 0,1 och 0,2 m. Detta bör dock vid korrekt anläggande av marklutningar kunna minskas ytterligare.

Samtliga vägar inom området, utom den som passerar djuphålan i nordost, beräknas vara framkomliga för såväl vanliga fordon som utryckningsfordon då vattendjupet på vägbanorna inom planområdet är <0,2 m. I den södra delen av planområdet så ger förslaget ett instängt område som dock inte ger mer än 0,2 m vattendjup men som ändå bör undvikas.

Kvartersmark kommer att vara opåverkad så länge den placeras över angivna höjder inkluderat säkerhetsmarginal för beräknade översvämningsdjup.

Bedömningen visar att föreslagna förändringar i planområdet inte påverkar översvämningsituationen i nedströms liggande områden.

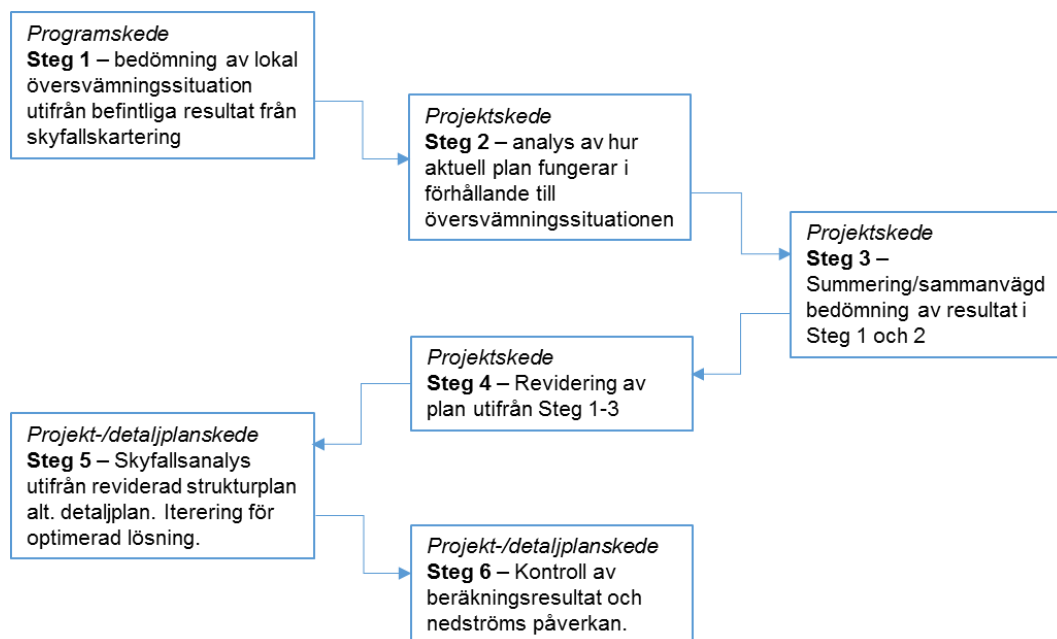
En utmaning kan komma att uppstå eftersom området kommer att exploateras successivt under lång tid. Detta betyder att översvämningsituationen kommer att förändras i takt med att exploateringen avancerar.



BILAGA-UNDERLAG OCH ANALYS

Arbetsgång

Beslutsstödet är uppbyggt av ett antal steg där enklare beräkningar och analyser görs vilka syftar till att bedöma hur allvarlig aktuell översvämningssituation är och vilka förutsättningar som finns för att hantera det ytliga överskottet inom planområdet. De olika stegen beskrivs i Figur nedan. Här presenteras även i vilka planskeden de olika stegen är optimala att genomföra. För befintliga planer i senare skeden går det naturligtvis bra att arbeta sig igenom samtliga steg.

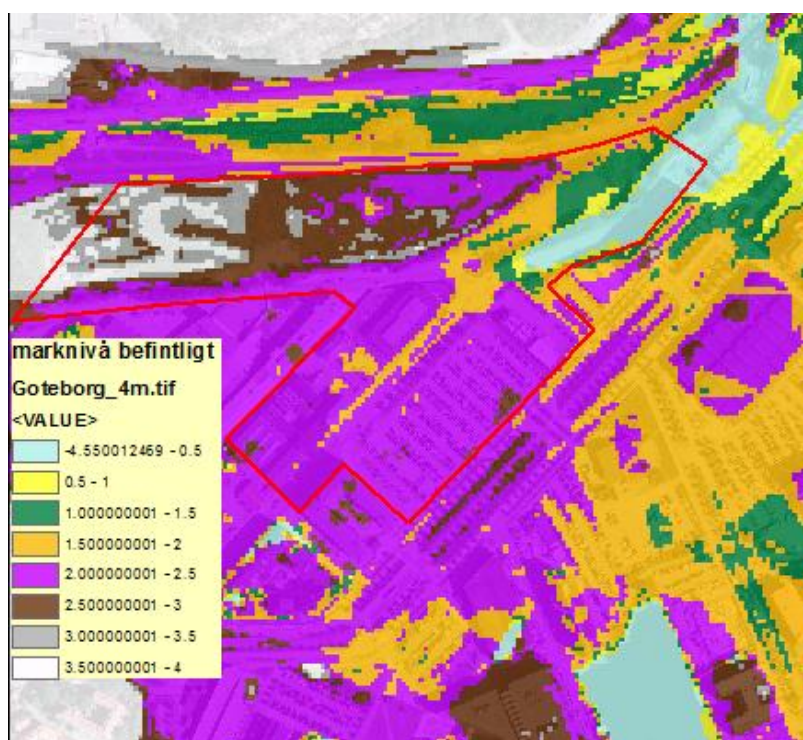


Figur Beslutsstödet olika steg och i vilket planskede stegen är lämpliga att genomföra.

Bakgrundsmaterial

Nedan illustreras delar av det bakgrundsmaterial som ligger till grund för studien och som kan användas för allmän systemförståelse av området.

Enligt nedan så är planområdet idag relativt flackt. Den första etappen i södra delen av området ligger på mellan +1,8 till +2,6 (RH2000).



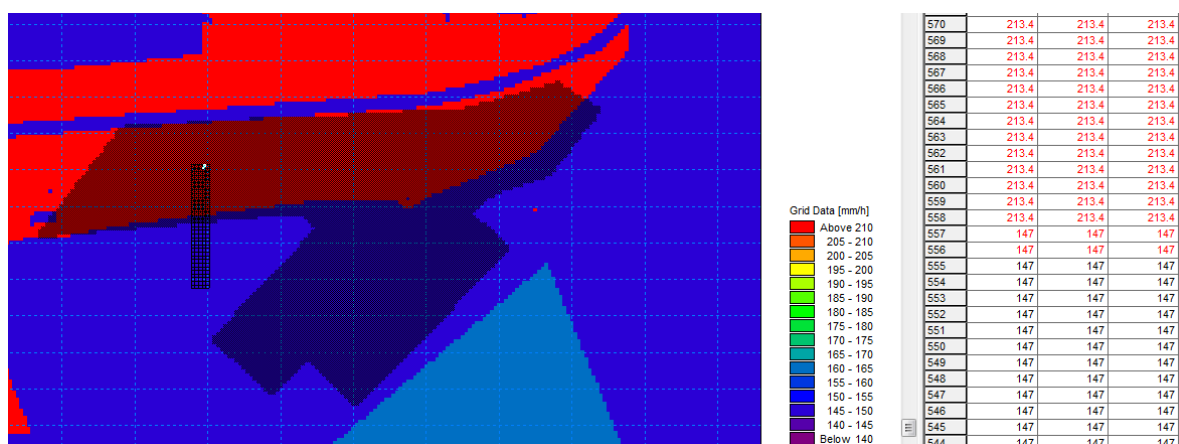
Figur *Ungefärligt planområde och marknivå.*

Hela planområdet avleder idag dagvatten via kombinerat ledningssystem.



Figur *Planområde och systemfunktion avlopp*

Delar av området är dock enligt antaganden vid skyfallsmodelleringen inte kopplat till ledningssystemet, se nedan. I dessa områden avleds hela regnet via ytan.



Figur Delar av systemet är inte kopplat till ledningsnätet (rött ovan). Från dessa områden avleds hela regnet via ytan.

Enligt samrådeshandling Byggnadsnämnden 2016-05-17; Stadsbyggnadskontoret; ”Förslag till ÖVERSIKTSPLAN FÖR GÖTEBORG - Tillägg för översvämningsrisker” skall nedanstående säkerhetsmarginal tillämpas för samhällsviktiga anläggningar, byggnader och framkomlighet. Med avseende på skyfall så skall alltså byggnader ha en säkerhetsmarginal vid skyfall med 100 års återkomsttid på 0,2 meter till underkant golvbjälklag och max översvämningsdjup skall vara max 0,2 m för att framkomlighet skall anses vara tillräcklig.

FUNKTION/ SKYDDSOBJEKT	DIMENSIONERANDE HÄNDELSE/SÄKERHETSMARGINAL		
	Högvatten Återkomsttid 200 år	Höga flöden Återkomsttid 200 år	Skyfall Återkomsttid 100 år
Samhällsviktig anläggning - nyanläggning	1,5 meter marginal till vital del	Över nivå för beräknat Högsta Flöde (BHF)	0,5 meter marginal till vital del
Samhällsviktig anläggning - befintlig	0,5 meter marginal till vital del för funktion		
Byggnader - nyanläggning	0,5 meter marginal till underkant golvbjälklag och vital del nödvändig för byggnadsfunktion	0,2 meter marginal till underkant golvbjälklag och vital del nödvändig för byggnadsfunktion	
Framkomlighet	Max djup 0,2 meter		
Framkomlighet Räddningstjänst	Max djup 0,5 meter		

Figur Anvisningar för hur översvämningsrisk ska hanteras i stadsplanering. Säkerhetsmarginal eller maximalt översvämningsdjup avser avstånd till vattenyta orsakad av översvämnning vid dimensionerande händelse.

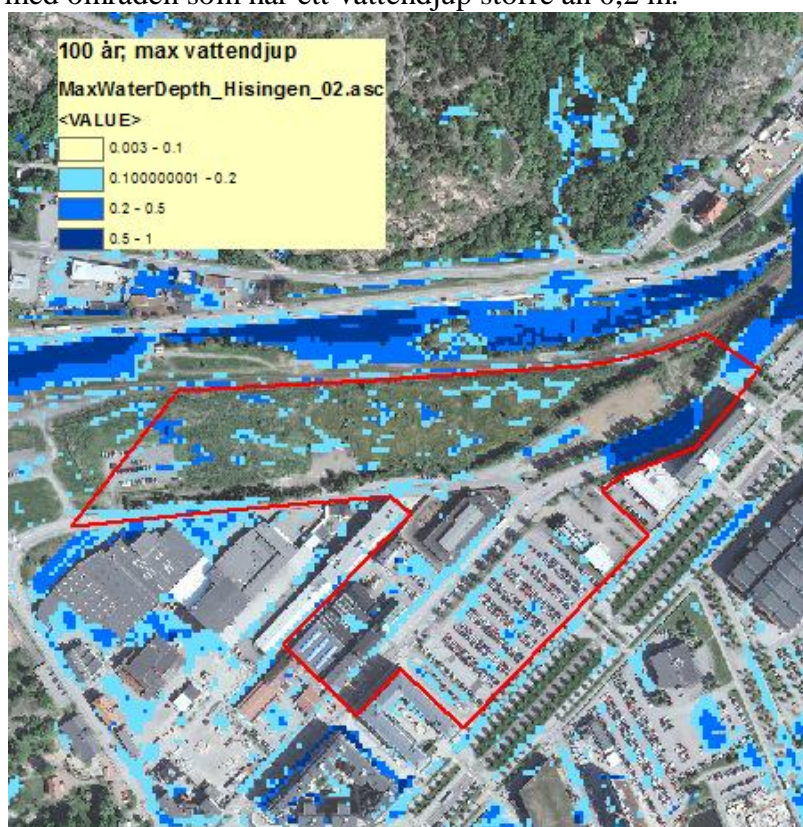
Samma handling föreslår att planeringsnivåer avseende översvämningsrisk hav i aktuellt område skall vara +2,8 för bebyggelse och +2,6 för framkomlighet.



KATEGORI	KUSTEN	CENTRALA STADEN	NORRA MARIEHOLMSBRON
Samhällsviktig anläggning	+3,5	+3,8	+4,0
Byggnader och anläggning nödvändig för byggnadsfunktion (ny)	+2,5	2,8	+3,0
Framkomlighet (ny)	+2,3	+2,6	+2,8
Framkomlighet Räddningstjänst (ny)	+2,0	+2,3	+2,5

Figur *Planeringsnivåer avseende översvämningsrisker hav. Med "ny" avses de kategorier som det tematiska tillägget föreslår ska komplettera befintliga planeringsnivåer*

Enligt resultat från simuleringar med en klimatanpassad 100-årssituation så får man max översvämningsdjup enligt figur nedan. Inom planområdet är det alltså mycket begränsat med områden som har ett vattendjup större än 0,2 m.



Figur *Ungefärligt planområde och max översvämningsutbredning vid 100 års regn med befintliga marknivåer*

Steg 1 – Bedömning av översvämningsituation

I det första steget görs en bedömning hur allvarliga översvämningsproblemen idag är inom planområdet och vad som skapar denna situation. Detta ger samtidigt en bedömning av hur goda förutsättningarna är för att kunna hantera det dimensionerande regnet inom planområdet.



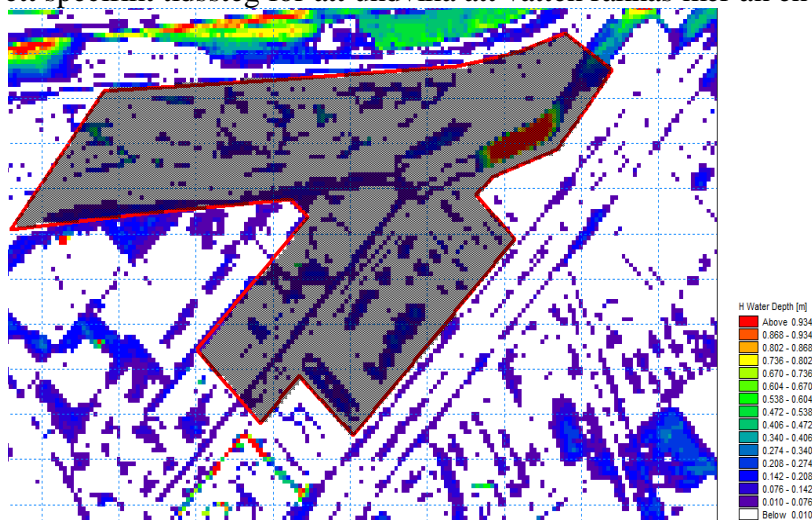
Som utgångspunkt för denna analys har översvämningssituation för befintligt område analyserats

Det dimensionerande regnet innehåller en specifik regnvoly (A) vilken varierar med planområdets storlek. Lokala förluster sker till ledningssystemet (B) och i form av markinfiltration (C). Tillskott sker eventuellt via ytliga inflöden (D) orsakade av regn i uppströms områden. På motsvarande sätt kan förluster ske via utflöden (E) till nedströms liggande områden. Genom att kvantifiera nämnda flöden kan den översvämningssvoly (F) vilken behöver hanteras ytligt inom planområdet beräknas.

$$F = A - B - C + D - E$$

A = Nederbörd B = Förluster till ledningssystem (schablon)
C = Infiltration D = Inflöde
E = Utflöde F = Översvämning

Kvantifiering av nämnda flöden görs genom att summera beräkningsresultat för samtliga beräkningsceller inom planområdet för respektive vattenbalanspost. Samtliga poster kan kvantifieras på detta sätt förutom in- och utflödet (D och E) över ränderna. Ett nettoflöde in eller ut från området kan istället beräknas utifrån att övriga poster är kända i ekvationen ovan. Resultaten är hämtade från det sista beräkningstidssteget i skyfallskarteringen för det dimensionerande regnet vilket motsvarar en tidpunkt 2,5 timmar efter regntoppen då vattendjupen är maximala i majoriteten av modellområdet. Resultaten måste vara kopplade till ett specifikt tidssteg för att undvika att vatten räknas mer än en gång.



Figur Urval av celler inkluderande hela planområdet



Tabell Sammanställning av volymer för planområdet. Kombinerat system i området för genomförd beräkning (befintligt); ledningsnät kombinerat (kapacitet: 5-års=17 mm); 100-årsregn=52 mm; ca halva området är (enl indata till skyfallsmodellen) inte kopplat till ledningsnätet=>endast i genomsnitt 7 mm som transporteras bort med ledningsnätet, se DSS_Lindholmen.xlsx

Lindholmen hela	
Area:	100 000 m ²
Nederbörd (A):	5 180 m ³
Översvämning (F):	4 220 m ³
Ledningsnät (B):	680 m ³
Infiltration (C):	1620 m ³
Nettoinflöde (D-E):	1 330 m ³

Nyckeltal: Relativ skillnad mellan översvämnings- och nederbördsvolym

Genom att relatera översvämningsvolymen inom området med nederbörden kan en bedömning göras av hur allvarlig, och därmed hur svårlöst, översvämningssituationen för området är. Bedömningen görs utifrån förutsättningen att nederbörds mängden för det dimensionerande regnet, vilken faller lokalt över planområdet, är möjlig att hantera inom området.

Beräkning: $(F - A) / A$

$$(4\,220 - 5\,180) / 5\,180 = -19\%$$

Relativ skillnad mellan översvämnings- och nederbördsvolym	
< -50 %	Mycket litet anpassningsbehov
-50 – -20 %	Litet anpassningsbehov
-20 – +20 %	Begränsat anpassningsbehov
+20 – +50 %	Stort anpassningsbehov
> +50 %	Mycket stort anpassningsbehov

En negativ procentsats innebär att översvämningsvolymen är mindre än nederbördsvolymen vilket rent konkret innebär att förlusterna till ledningssystem, infiltration och utflöde från området överstiger inflödet till området.

Nyckeltal: Andel av översvämningsvolym från randområden

Beräkning: $(D - E) / F$

$$1\,330 / 4\,220 = 32\%$$

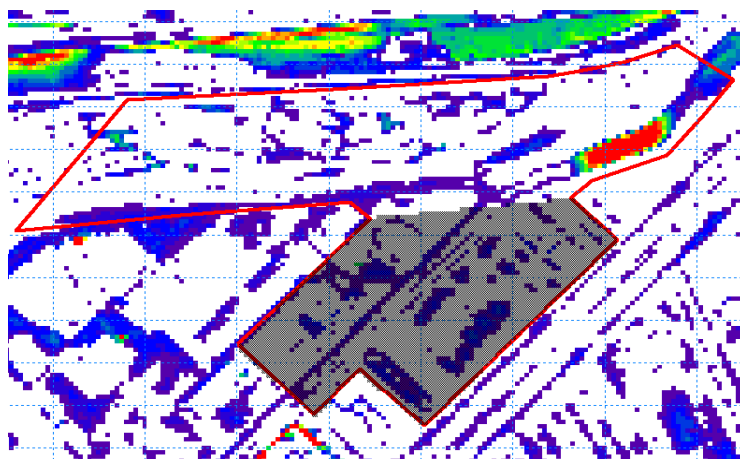
Andel av översvämningsvolym från randområden	
< 0 %	Enbart hantering inom planområdet
0 – 25 %	Hantering inom planområdet bör prioriteras
25 – 50 %	Hantering uppströms planområdet bör undersökas
> 50 %	Hantering uppströms planområdet bör prioriteras



En positiv procentsats, dvs. då översvämningensvolymen överstiger nederbördsvolymen, kan bara erhållas till följd av ett nettoinflöde från omkringliggande områden.

Utifrån beräkningarna ovan kan slutsatsen dras att översvämningensproblemen är begränsade och att hantering uppströms planområdet bör undersökas.

Bortser man från grönområdet och djuphålan i analysen, se området nedan, blir nyckeltalen -62% resp -85%. I detta fall är det tydligt att problemen är begränsade och att åtgärder bör ske inom planområdet.



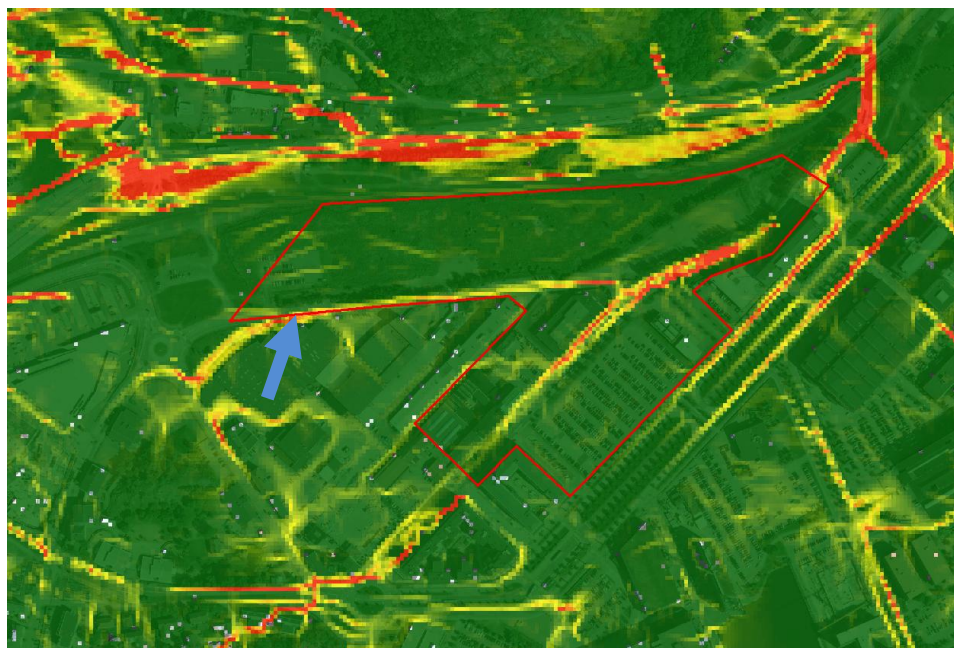
Figur Urval av celler inkluderande del planområdet

Steg 1b – Identifiering av randflöden

I Steg 1 beräknas storleken på nettoflödet in eller ut från planområdet. I de fall nettoflödet är ut från området alternativt om nettoinflödet är begränsat i förhållande till översvämningensvolymen behöver mindre fokus läggas på detta moment då åtgärder inom planområdet bör prioriteras.

Om man tar med hela området, se ovan, indikeras dock att åtgärder uppströms planområdet bör undersökas.

Flödet ut från den södra delen av området är större än flödet in enligt ovan. För hela området är dock flödet in större än flödet ut. Detta beror till stor del på den stora utjämning i den nordöstra delen av området men även på att man har ett tydligt inflöde i den västra delen av området, se figur nedan.



Figur *Momentant maximalt ytvattenflöde där röd färg indikerar ett större flöde än grön. Störst punktinflöde till planområde sker vid pilen.*

Steg 2 – Planerad exploatering i förhållande till översvämningssituationen

En bra och effektiv hantering av extrema regn handlar till stora delar om att avsätta tillräckligt stora ytor där vattnet inte gör skada samt att se till att vattnet kan ta sig dit på enklaste möjliga sätt. I detta steg utvärderas hur den aktuella planen, i projekt- eller detaljplanskede, uppfyller dessa förutsättningar samt huruvida någon anpassning av struktur- eller detaljplan är nödvändig.

Kontrollfråga 1

Uppstår konsekvenser av översvämning (vattendjup $>0,2$ m) där exploatering (bebyggelse/vägar) är planerad?

Nej – Genomför exploatering med bibehållen höjdsättning

Kontrollfråga 2

Uppstår översvämning (vattendjup $>0,1$ m) på avsatta ytor vilka är tänkta att nyttjas vid en översvämningssituation?

Avsatta ytor för hantering av skyfall ligger i områden som idag i hög grad inte blir påverkade vid ett extremt regn (norra delen av planområdet). Detta område kan dock användas för att hantera vatten från den nya vägen i detta område. Lågpunkten som är lokaliserad i nordost används som ett effektivt utjämningsmagasin vid extrema regn. Rådigheten för att använda denna yta undersöks i annat forum.

Kontroll: Avledning till utpekade skyfallsvägar



I de fall det saknas möjlighet att avsätta tillräckligt med ytor bör det undersökas om det är möjligt att avleda vatten till närliggande, utpekad skyfallsväg.

Tabell *Möjligheter till ytlig avledning till skyfallsväg som funktion av avstånd och höjdskillnad mellan mittpunkt i planområdet och skyfallsvägen. Tabell nedan visar hur färgerna ska tolkas med avseende på möjligheterna. Negativ höjdskillnad innebär att skyfallsväg ligger högre än planområdet.*

		Avstånd till skyfallsväg (räknat från mittpunkt i planområdet)			
		0 – 250 m	250 – 500 m	500 – 1000 m	> 1000 m
Höjdskillnad mellan planområde (mittpunkt) och skyfallsväg	> 1 m				
	0,1 – 1 m				
	0 – 0,5 m				
	< 0 m				

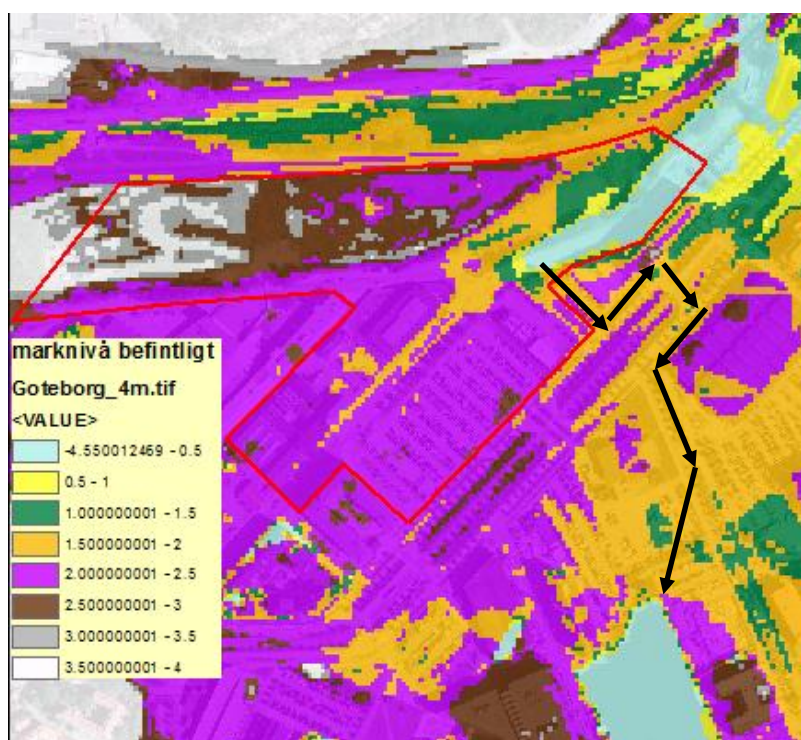
Tabell *Tolkning av färger i Tabell ovan.*

	Mycket goda möjligheter till avledning
	Goda möjligheter till avledning
	Begränsade möjligheter till avledning
	Inga möjligheter till avledning, eller kräver omfattande åtgärder och ingrepp

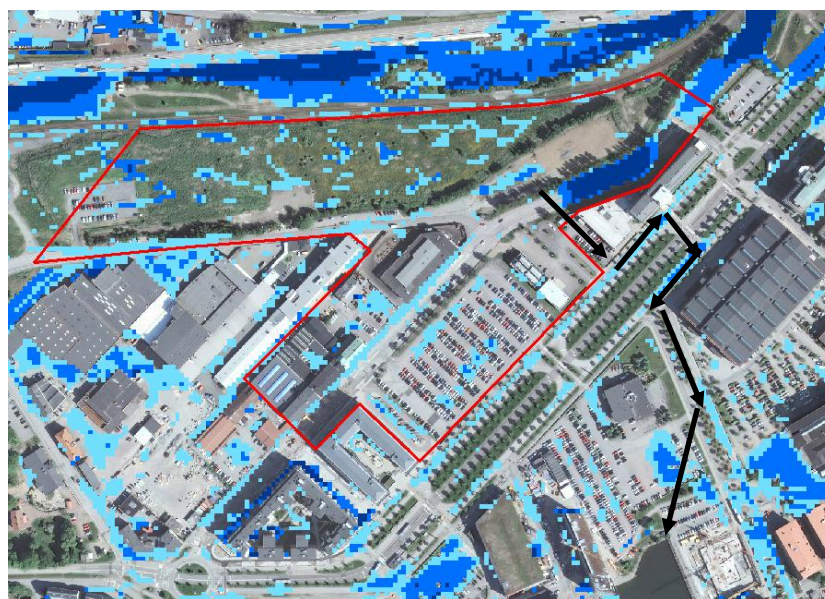
Avledning till utpekade skyfallsvägar

Det finns i nuläget inga utpekade skyfallsvägar inom eller bort från planområdet vilket innebär att vattnet till stor del ansamlas i lågpunkter i förlängningen av planområdets nord-östra hörn. Vattnet kommer där bli stående tills dagvattensystem under mark evakuerat det.

Ur topografiskt perspektiv skulle det, med viss lokal justering av topografin, vara möjligt att föra vatten från planområdet vidare via den väg som illustreras i figurer nedan. Det är enligt uppgift osannolikt att detta går att lösa då det pågår arbete med plan i nedströms del av denna skyfallsväg.



Figur *Ungefärligt planområde och möjlig principiell evakueringsväg för vatten (ca 400 m) med befintlig topografi som underlag.*



Figur *Ungefärligt planområde och möjlig principiell evakueringsväg för vatten (ca 400 m) med befintligt ortofoto som underlag.*

Steg 3 – Sammanvägd bedömning

I ett tredje steg görs en summering av resultaten från Steg 1 och 2 för att få en överblick över hur planen eventuellt behöver revideras (Steg 4).

Nedan är slutsatserna från Steg 1-2 summerade för planområdet Lindholmen.



Steg 1: Översvämningssproblemen är begränsade och lösningar inom planområdet bör prioriteras. Inflödet är begränsat.

Steg 2: Avsatta ytor för hantering av skyfall ligger i områden som idag i hög grad inte blir påverkade vid ett extremt regn (norra delen av planområdet). Detta område kan dock användas för att hantera vatten från den nya vägen i detta område. Lågpunkten som är lokaliserad i nordost används som ett effektivt utjämningsmagasin vid extrema regn. Rådigheten för att använda denna yta undersöks i annat forum.

Steg 4 – Revidera plan

Beroende på var i planprocessen man befinner sig kan den kunskap om området som erhållits i Steg 1-2 och sammanfattats i Steg 3 användas för olika syften. I ett tidigt programskede är det lämpligt att använda kunskapen vid framtagande av strukturplan och identifiera lämplig markanvändning för olika ytor.

Som förutsättning till denna analys fanns ett översiktligt förslag till höjder framtaget, se nedan. Denna höjdsättning analyserades vidare med avseende på skyfall enligt nedan.



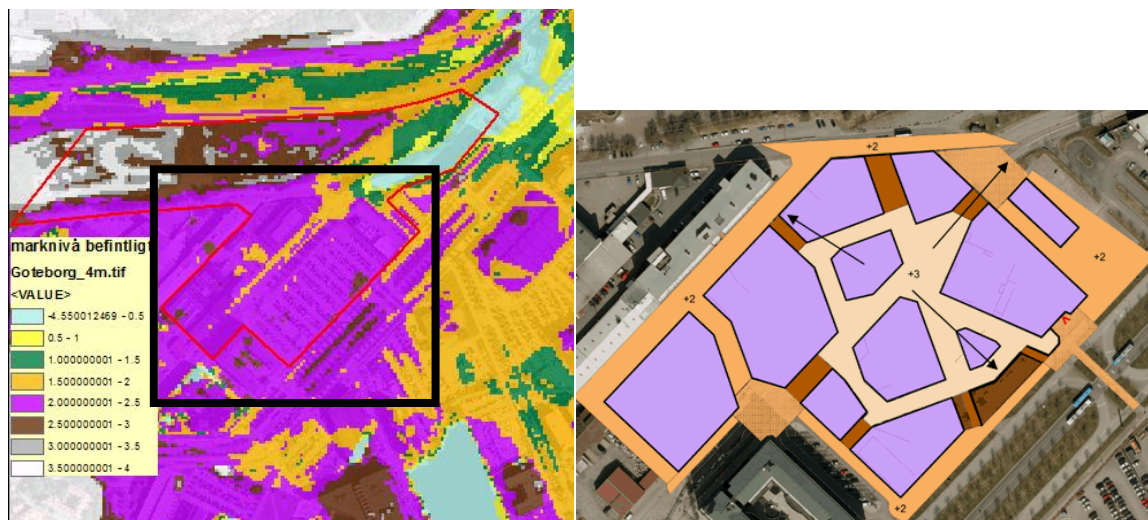
Figur Ett tidigt, översiktligt förslag till höjder i planområdet (SBK 2016-04-12). Den röda linjen visar avrinningsområdesgränsen som bildas av höjderna.

I Figurerna nedan visas dagens höjdförhållanden och ny föreslagen höjdsättning (endast för en del av området).

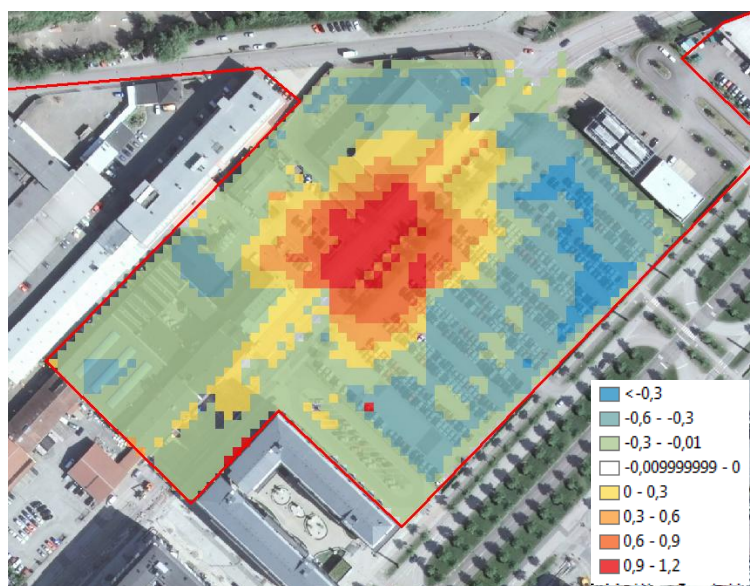
I nästföljande Figur visas differensen mellan dagens och ny höjdsättning där blå områden indikerar en sänkning av nivån jämfört med dagens förhållanden och röda en höjning. Den totala massförflyttningen för urgrävning motsvarar ca $-7\,000\text{ m}^3$ (1574 celler ggr 16 m^2 ggr $-0,27$ medeldjup) och för uppfyllnad $4\,000\text{ m}^3$ (590 celler ggr 16 m^2 ggr $0,46$ medeldjup). Notera att detta är en mycket grov bedömning då underlag och tid som var tillgänglig för



att interpolera fram ny höjdsättning var begränsad. Ingen hänsyn har heller tagits till ev underjordiska garage osv. Underlaget skall alltså enbart visualisera ungefärliga samband och inte till fortsatta fördjupade analyser.



Figur Dagens höjdförhållanden (vänster) och höjdsättning/kvartersstruktur utifrån strukturplan (höger).



Figur Mycket grov bild av skillnad (m) mellan dagens marknivåer och framtida, föreslagna nivåer. Röd färg indikerar en högre nivå i framtida höjdsättning och blå färg indikerar en lägre nivå.

Steg 5 – Översvämningsberäkning utifrån ny plan

I detta steg görs skyfallsberäkningar för dimensionerande regn för att säkerställa att den reviderade höjdsättningen fungerar som tänkt.

Syftet med en uppdaterad översvämningsberäkning är i projektskedet att säkerställa att den övergripande strukturplanen fungerar, dvs. att vattnet hamnar där vi vill ha det.

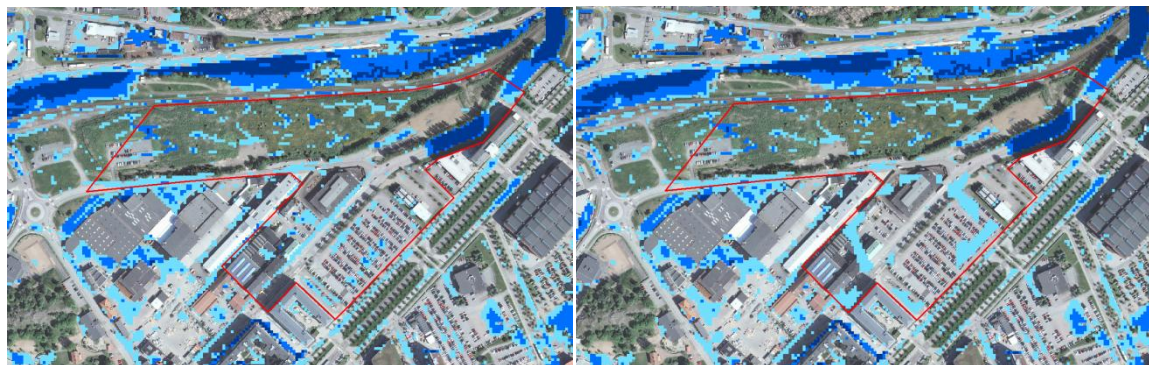


Enligt jämförande figur nedan så sker en förflyttning av översvämningar och på grund av att interpolering av den nya höjdmodellen inte är optimal så blir det områden i den föreslagna höjdsättningen som har översvämningsdjup på mellan 0,1 och 0,2 m.

Samtliga vägar inom området beräknas dock vara framkomliga för såväl vanliga fordon som utryckningsfordon då vattendjupet på vägbanorna inom planområdet är <0,2 m.

Kvartersmark kommer att vara opåverkad så länge den placeras över angivna höjder inkluderat säkerhetsmarginal för beräknade översvämningsdjup.

En utmaning ligger i att området kommer att exploateras successivt under lång tid. Detta betyder att översvämningssituationen kommer att förändras i takt med att exploateringen avancerar.



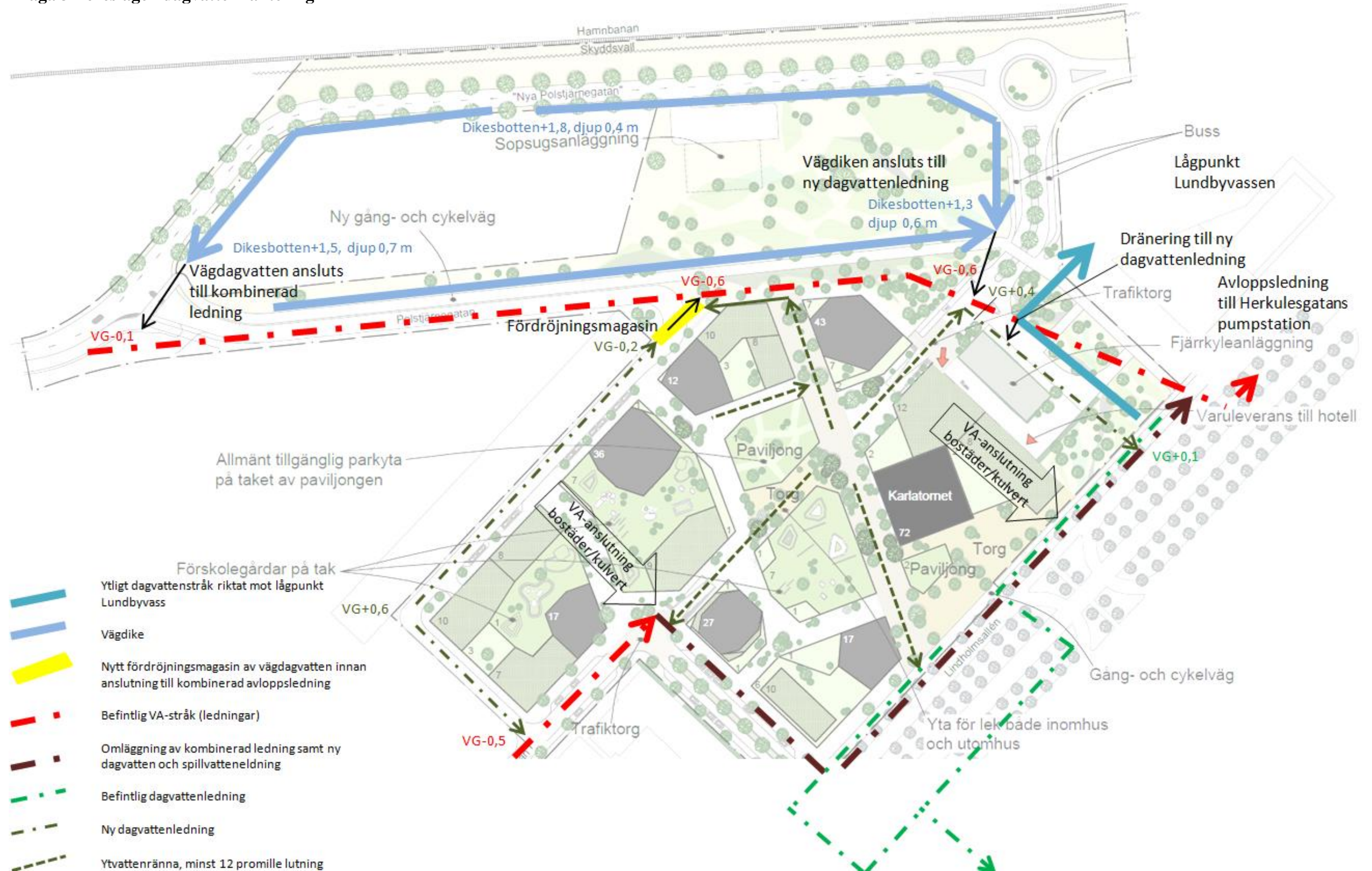
Figur *Beräknad maximala vattendjup för dimensionerande regn för dagens förhållande (vänster) och med framtida höjdsättning enligt strukturplan (höger).*

Steg 6 – Kontroll av påverkan på nedströms områden

I det avslutande steget görs en kontroll av beräknade översvämningsdjup före och efter reviderad höjdsättning och markanvändning enligt ny plan. Detta för att säkerställa att planen inte medför försämringar av översvämningssituationen nedströms planområdet, dvs. att utflödet från området inte ökar. Om så skulle vara fallet ses direkt i jämförelsen vilken effekt på vattendjupen detta ökade utflöde får.

Bedömningen som delvis illustreras i figur ovan visar att ändringarna inte påverkar nedströms liggande områden.

Bilaga 3 Föreslagen dagvattenhantering



Bilaga 4 Recipientanalys med avseende på föroreningsbelastning

Göta älv

Tabell 12. Uppmätta halter i vattendraget ($\mu\text{g/l}$) och uppströms, beräknad/uppsett halt i vattendraget och riktvärden i vattendraget. **Fetstilta** halter visar halter som överskrider riktvärdena. **Grå celler** anger uppmätta/beräknade lösta halter (alt. beräknade biotillgängliga halter). **Röd text** visar osäker data som tagits från andra svenska vattendrag (medianvärden från StormTacs databas).

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	BaP	ANT	FLUO	NAP	Benz	DEHP	4-NP	4-tert-OP	TBT	As
Uppmätt i vattendraget	18	680	0.30	1.4	3.3	0.0090	0.43	0.72	0.00058											0.27
Beräknat/uppsett uppströms	18	631	0.30	1.4	3.3	0.0090	0.43	0.72	0.00058	5800	0.0018	0.0027	0.0037	0.0042	1.0	1.9	0.21	0.0355	0.0034	0.27
Beräknad/uppsett halt i vattendraget	18	680	0.051	1.1	2.1	0.0065	0.28	0.55	0.00028	1400	0.00010	0.00043	0.00016	0.00030	0.96	0.33	0.20	0.034	0.00061	0.20
Riktvärde	20	400	1.2	0.50	5.5	0.080	3.4	4.0	-	6000	0.00017	0.10	0.0063	2.0	10	1.3	0.30	0.10	0.00020	0.50

Tabell 13. Beräknad punktbelastning från brädd- och spillvatten samt uppströms ifrån till vattendraget (kg/år) och uppströms detta. **Röd text** visar osäker data som tagits från dagvattenmedianvärden från StormTacs databas. **Fetstilt text** markerar för vilka ämnen det bedöms föreligga ett reningsbehov. "Dagvatten" avser närområdets (exkl. vattendrag uppströms) belastning av dagvatten inkl. basflöde. "nd" = ingen data (no data). "Naturmark" = jordbruksmark, parkmark, ytvatten, skogs- och ängsmark. **Fetstilt text** markerar för vilka ämnen det bedöms föreligga reningsbehov.

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	BaP	ANT	FLUO	NAP	Benz	DEHP	4-NP	4-tert-OP	TBT	As
Bräddvatten	6200	62000	17	300	350	0.25	6.4	12	0.092	300000	0.056	0.028	0.25	0.48	0.25	26	0.014	0.22	0.0092	8.40
Spillvatten	890	7217	0.64	13	18	0.012	0.43	0.61	0.016	56000	0.0016	0.0016	0.0013	0.0033	0.015	0.16	0.00082	0.00082	0.000082	0.10
Uppströms ifrån	310000	11000000	5200	24000	58000	160	7500	13000	10	100000000	30	47	63	73	17000	33000	3600	620	8.7	4700
Belastning från Lärjeån, Sävveån, Hamnkanalen, Kvillebäcken	15000	780000	1200	2200	5200	6.9	410	1100	4.8	2500000	0.14	0.47	0.31	0.46	840	195	187	31	1.3	94
Dagvatten	7100	71000	527	960	4100	19	210	260	1.4	2500000	1.7	0.74	7.6	3.9	42	221	22	1.8	1.6	160
varav naturmark	1300	26000	39	130	247	1.4	10	15	0.088	450000	0.00063	0.32	0.64	0.69	19	50	5.3	0.88	0.0223	70
varav urbant	5800	45000	490	830	3800	18	200	240	1.3	2050000	1.7	0.42	7.0	3.2	23	171	17	0.92	1.6	93
Total belastning	340000	12000000	7000	27000	67000	180	8100	14000	16	106000000	32	48	71	78	18000	33000	3900	650	12	4900
Acceptabel belastning	380000	7000000	160000	12000	180000	2200	98000	100000	nd	470000000	54	11000	2800	520000	190000	130000	5700	1900	3.8	12000
Reningsbehov	-40000	4900000	-153000	15000(0)	-113000	-2020	-90000	-86000	nd	-3,6E ⁸	-22	-11000	-2700	-520000	-172000	-97000	-1800	-1250	7.9	-7100

Riktvärdet överskrider i hög grad för N, för vilken det bedöms föreligga ett betydligt större reningsbehov än från dagvattenbelastningen inom Göteborgs del av tillrinningsområdet. Riktvärdet för N är dock generellt och inte framräknat för denna recipient. Den höga beräknade överskridelsen för Cu och TBT är osäker. För dessa ämnen kan det även föreligga ett reningsbehov, men det är osäkert och behöver utredas vidare. Om den osäkra modellerade biotillgängliga halten av Cu skulle användas skulle riktvärdet klaras (se Diskussion och osäkerheter).