

Dagvattenutredning för skola på del av Ekebyhov 1:1, Bryggavägen, Ekerö

Ekerö kommun



FÄRDIG HANDLING 3.0, 2021-10-05

TITEL	Dagvattenutredning för skola på del av Ekebyhov 1:1, Bryggavägen, Ekerö
RAPPORTNUMMER	2021-1562-A
BESTÄLLARE	Ekerö kommun
FÖRFATTARE	Hannes Öckerman och Preetam C. Hernefeldt, WRS
GRANSKNING	Sofia Åkerman och hannes Öckerman, WRS
UTGÅVA/STATUS	Färdig handling 3.0
DATUM	2021-10-05
OMSLAGSBILD	Bild: Nuvarande mark i detaljplaneområde Fotograf: Hannes Öckerman, WRS

Sammanfattning

Denna dagvattenutredning gäller detaljplanen för en ny Ekebyhovsskola på del av den kommunala fastigheten Ekebyhov 1:1, söder om Bryggavägen, i Ekerö kommun. Ett 5,1 hektar stort område bestående av åker- och skogsmark är tänkt att exploateras för att bygga en grund- och sarskola med tillhörande idrottshall. Dagvattenutredningens syfte är att ta fram principiella förslag till en långsiktigt hållbar dagvattenhantering inom skolområdet som uppfyller Ekerö kommuns checklista för dagvattenutredningar och Svenskt Vattens branschnormer. Dagvattenhanteringen ska inte medverka till en ökad kvantitativ eller kvalitativ belastning på nuvarande dagvattensystem och berörd recipient.

Marken inom området består främst av svårinfiltrerad lera på den lägre liggande jordbruksmarken, samt morän och berg i dagen på kringliggande skogbeklädda kullar. Inga instängda översvämningsbenägna områden har identifierats. Området bedöms klara ett 100-årsregn väl.

Avrinning från södra delen av planområdet sker söderut mot ett vägdikey, via Ekebyhovsdalen och vidare mot recipienten Fiskarfjärden (Mälaren). I planområdets norra del finns möjlighet att ansluta till befintligt dagvattennät som ligger längs med Bryggavägen.

Fiskarfjärden har idag måttlig ekologisk status på grund av koppar och PCB. Den uppnår ej god kemisk status på grund av höga halter bly, antracen, TBT och PFOS. Miljökvalitetsnormen är satt till god ekologisk och kemisk status 2027. För PFOS, TBT och antracen finns dock undantag i form av senare målår eller tidsfrister.

Tänkt exploatering av marken skulle innebära ökning av dess hårdgörningsgrad från 0,22 till 0,51. Utan dagvattenåtgärder skulle det dimensionerande flödet öka med knappt 250 %, inklusive klimatfaktor. Även föroreningsbelastningen skulle öka generellt, främst av tungmetaller, olja och PAH. Ökningen är större i planområdets norra del.

För att flöden och föroreningar i området inte ska öka behöver dagvatten från hårdgjorda och högbelastande ytor fördröjas och renas i filtrerande dagvattensystem. Som utgångspunkt rekommenderas att detta system ska bestå av gröna, öppna och multifunktionella ytor. Dimensioneringsprincip för anläggningarna bör vara Ekerö kommuns riktlinje att 20 mm avrinning från hårdgjorda ytor ska omhändertas i anläggningar som dimensioneras för ett regn med 2 års återkomsttid.

Totalt krävs det att 454 m³ dagvatten renas och fördröjs inom planområdet. Denna volym bör fördelas enligt följande:

- Upphöjda (eller nedsänkta) växtbäddar som omhändertar dagvatten från idrottshallen och de två skolbyggnadernas norra tak.
- Ett avskärande gräsbeklätt dikey bakom idrottshallen.
- En nedsänkt grönyta eller lekyta söder om de två skolbyggnaderna.
- Träd planterade i skelettjordar som omhändertar avrinning från infartsvägar, hårdgjorda ytor mellan skolbyggnaderna och Bryggavägen.
- En parkeringsplats med genomsläpplig beläggning och underliggande makadammagasin.

- Ett svackdike längs med GC-vägen.

Ovan nämnda åtgärder beräknas kosta mellan 1,2 och 1,4 Mkr. De bidrar förutom till dagvattenhantering även till grönska, lekytor och biologisk mångfald. Anläggningarna kan anpassas eller kompletteras för att lyfta fram och synliggöra dagvatten, som kan integreras i den pedagogiska verksamheten för barnens lek och lärande. Föreslagna åtgärder har även integrerats i landskapsarkitekternas skiss av planförslaget.

Vid införande av dess åtgärder kommer det dimensionerande flödet att minska med knappt 30 %. Transporten av alla föroreningar (näringsämnen, tungmetaller, partiklar, olja) förväntas minska, undantaget kadmium och PAH:er. För dessa ämnen är går det inte med säkerhet att säkerställa varken om de skulle minska eller öka på grund av osäkerhetsintervallen i data och beräkningar. Här antas dock det långtgående kravet om rening och omhändertagande av 20 mm nederbörd vara en pragmatisk princip att anamma då det handlar om små mängder och stora osäkerheter.

Gällande antracen, TBT och PFOS saknas data för att kunna bedöma dess diffusa spridning i dagvattnet.

Med föreslagna dagvattenåtgärder kan det inte förväntas att planen medverkar till att försvåra för recipienten att uppnå miljökvalitetsnormer eller försämra enskilda kvalitetsfaktorer som ligger till grund för statusbedömning.

Innehåll

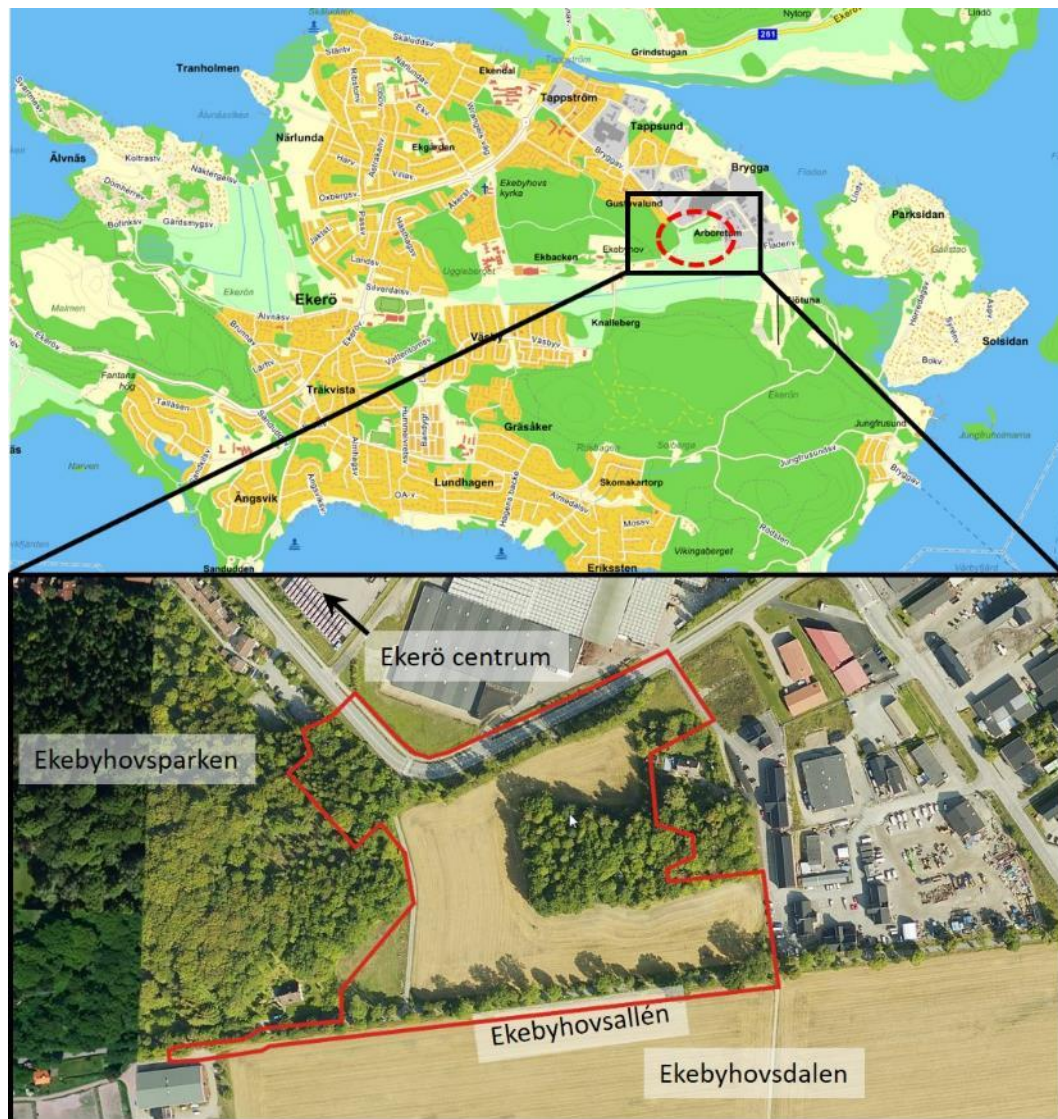
Sammanfattning	3
Innehåll	5
1 Inledning.....	7
1.1 Syfte och uppdrag	8
2 Förutsättningar	8
2.1 Historisk och nuvarande markanvändning	9
2.2 Topografi	10
2.3 Geologi och hydrogeologi.....	11
2.4 Grundvatten.....	12
2.5 Markföroreningar	12
2.6 Befintlig dagvattenhantering och ytavrinning.....	12
2.7 Ytvattenrecipient och dess avrinningsområde	15
2.7.1 Ekologisk status	16
2.7.2 Kemisk status	16
2.7.3 Miljökvalitetsnormer.....	17
2.8 Riktlinjer för dagvattenhantering	18
3 Planerad exploatering	18
3.1 Planens utformning och framtida markanvändning	18
3.2 Planens konsekvens för dagvatten	21
3.2.1 Skyfall, lågpunkter och översvämningssrisker.....	21
3.2.2 Dimensionerande flöde.....	22
3.2.3 Föroreningsbelastning	24
3.2.4 Utjämningsbehov och magasinering	25
3.3 Planens konsekvens för grundvatten och markföroreningar	26
4 Föreslagen principiell dagvattenhantering	27
4.1 Dagvatten för lek och lärande.....	27
4.2 Takytor.....	29
4.3 Parkering	31
4.4 Väg och asfaltsytor	31
4.5 Gång- och cykelväg.....	33
4.6 Anslutning till befintligt dagvattennät	34
4.7 Tekniska beskrivningar av åtgärdsförslag.....	34
4.7.1 Växtbäddar	34
4.7.2 Infiltration i grönyta.....	36
4.7.3 Genomsläpplig beläggning	36
4.7.4 Skelettjord.....	37
4.7.5 Svackdike	38
4.8 Översiktlig dimensionering	39
4.9 Dagvattenåtgärder i planförslaget (landskap)	41
5 Effekter av föreslagen dagvattenhantering.....	42

5.1 Skyfall	42
5.2 Dimensionerande flöde, utjämning och magasinering	42
5.3 Föroreningsbelastning	42
5.4 Ytvattenrecipient	44
6 Kostnadsbedömning	44
7 Slutsatser.....	45
Referenser	47
Bilaga 1. Befintlig dagvattenhantering och ytlig avrinning	
Bilaga 2. Åtgärdsförslag	

1 Inledning

I en förstudie från december 2017 undersöktes två alternativa placeringar för en ny Ekebyhovsskola i Ekerö kommun med kapacitet för upp till 900 elever. Den 14 november 2018 fattade Barn- och utbildningsnämnden i kommunen ett inriktningsbeslut om att ersätta befintliga skollokaler genom att bygga en ny skola vid Bryggavägen. Det beslutades även om att upprätta en detaljplan för det drygt fem hektar stora området, på del av fastigheten Ekebyhov 1:1 (Total arkitektur och urbanism, 2018).

Planens syfte är att möjliggöra en ny skola och en ny idrottshall i Ekebyhov. Platsen ligger inom ett kulturhistoriskt känsligt område och den nya bebyggelsen ska uppföras så att hänsyn tas till den kulturhistoriskt känsliga miljön. Planområdet är beläget sydost om Ekerö centrum, öster om Ekebyhovsparken och precis intill Ekebyhovsdalen (Figur 1).



Figur 1. Planområdet markeras med röd linje och är belägen strax sydost om Ekerö centrum. Karta modifierad från Eniro (2021).

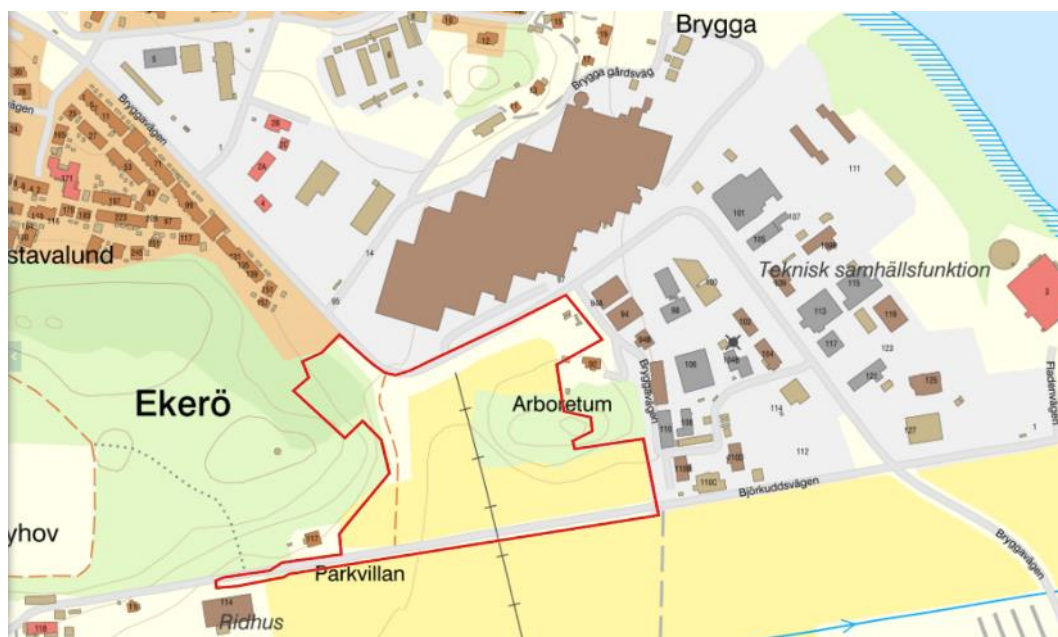
1.1 Syfte och uppdrag

Syftet med denna utredning är att klargöra hur dagvattnet i och med den avsedda exploateringen kan hanteras inom planområdet för att uppfylla riktlinjer enligt Ekerö kommun samt branschnormer framtagna av Svenskt Vatten. Utgångspunkten är att den befintliga vattenbalansen ska upprätthållas, samt att exploateringen inte ska leda till en ökad belastning på det kommunala dagvattennätet eller recipient, varken kvantitativt eller kvalitativt.

2 Förutsättningar

Planområdet är på knappt 5,1 hektar och ägs av Ekerö kommun. Det är del av kulturmiljön och kulturlandskapet kring Ekebyhovs slott. Bland annat angränsar planområdet till en trädgårdsmästarbostad och den så kallade ”parkvillan” som båda har tillhört Ekebyhov. Ekebyhovsparken i väster och skogskullen inom planområdet har båda ingått i det arboretum som tillhört Ekebyhovs verksamheter.

I norr avgränsas området av Bryggavägen, som är utformad som en landsväg kantad av diken, större träd, vegetation och en GC-väg som löper på bilvägen norra sida. På andra sidan Bryggavägen ligger Sveriges största växthus för tulpanodling. I söder gränsas området av Björkuddsvägen och Ekebyhovsallén av lindar som löper i öst-västlig riktning mellan slottet och den tidigare ångbåtsbryggan (Figur 2).

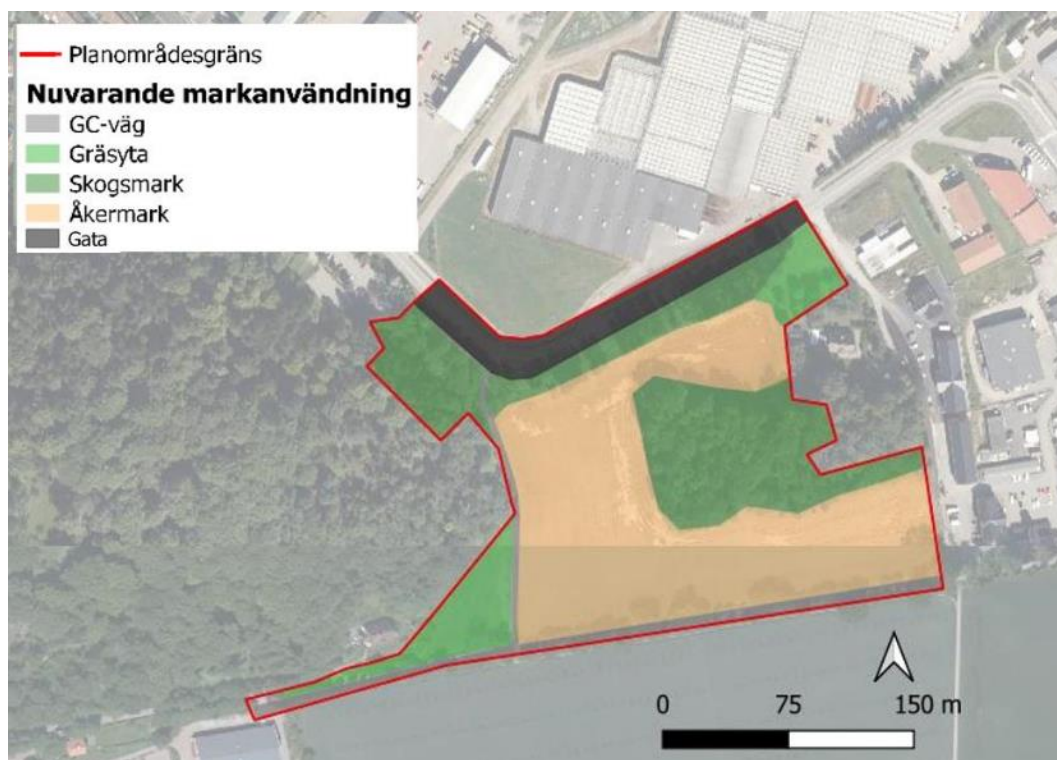


Figur 2. Planområdet för skola på del av Ekebyhov 1:1.

2.1 Historisk och nuvarande markanvändning

Historiskt sett har det förekommit både plantskola och handelsträdgård på marken inom området. Skogskullen har också ingått i ett arboretum.

Idag utgörs ungefär halva området av jordbruksmark som arrenderas ut till en lokal lantbrukare. Åkermarken är av bördighet klass 5 (på en 10-gradig skala för Sverige). Resterade hälft utgörs av två skogshöjder i öst och väst. Det västra skogspartiet är del av Ekebyhovsparken och genomkorsas av ett flertal stigar. Det östra skogspartiet är isolerat mellan jordbruksmarken och omkringliggande fastigheter. Mellan åkermarken och Ekebyhovsparken löper en gång- och cykelväg (Figur 3). I Tabell 2 (avsnitt 3.1, s. 20) återfinns en sammanställning av ytor för nuvarande markanvändning inom planområdet.

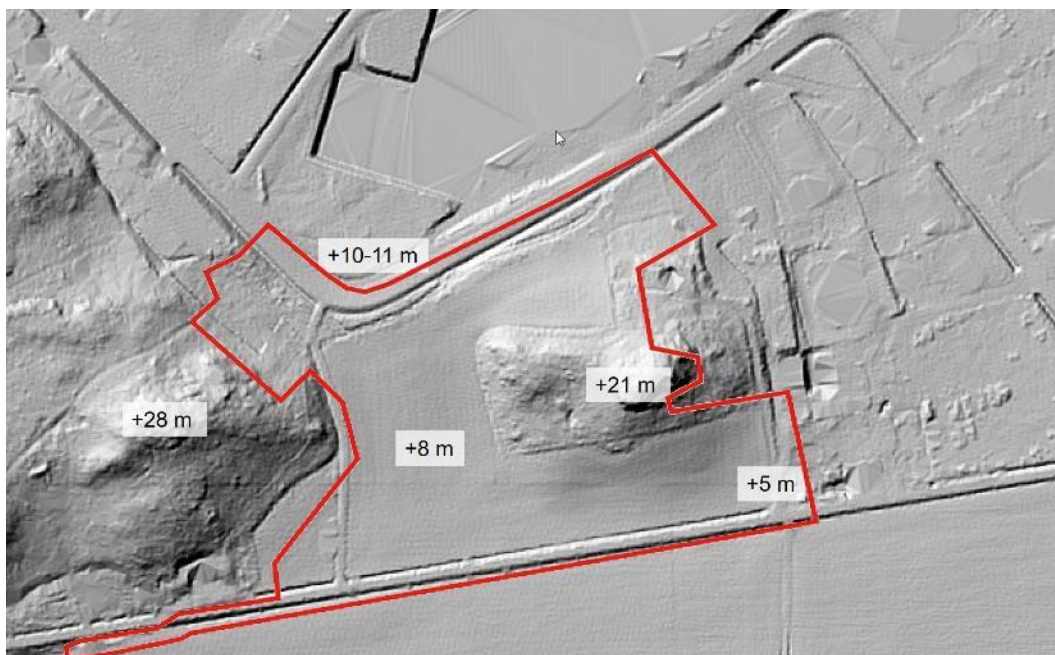


Figur 3. Nuvarande markanvändning inom planområde.

2.2 Topografi

Alla höjder i denna utredning anges i höjdsystemet RH 2000.

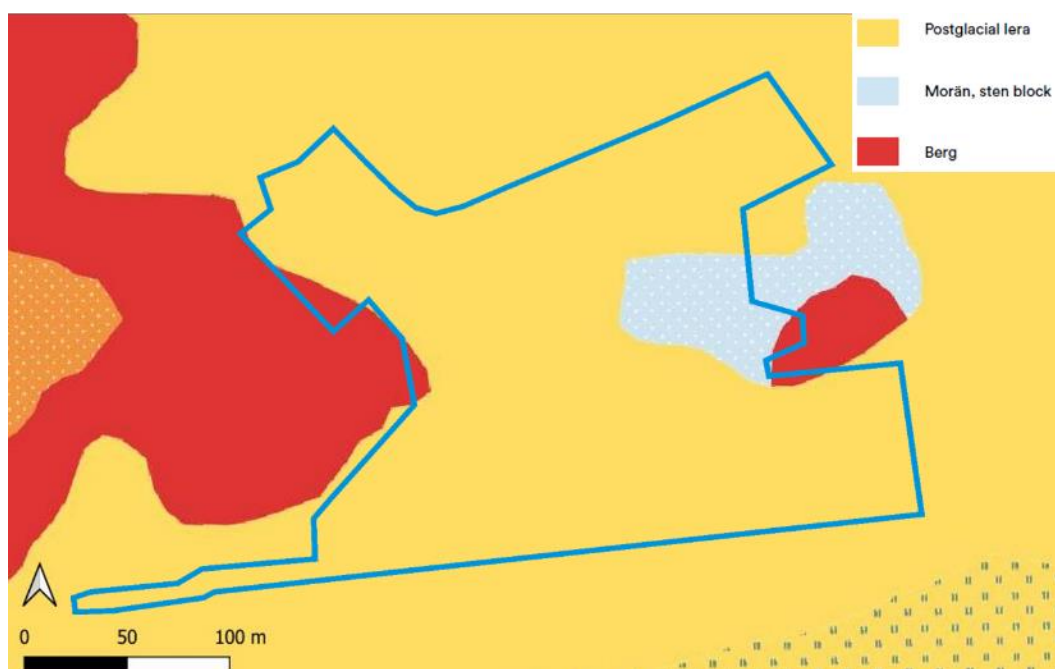
Planområdet är relativt kuperat, framför allt skogspartierna medan åkermarken är flackare. I norr ligger Bryggavägen med en höjd kring +10–11 m.ö.h. Härifrån sluttar marken ganska rak söderut, längs åkermarken, mot Ekebyhovsdalen och når sin lägsta punkt kring +5 m i planområdets sydöstra del. Skogspartiet i väst har sin högsta punkt på cirka +28 m strax utanför planområdesgränsen och sluttar österut mot åkermarken. Även skogsholmen i områdets östra del sluttar ned mot omgivande åkermark. Holmen har sin högsta punkt på +21 m. Skogsholmens norra del sluttar norrut och även en del av åkermarken, mot en lågpunkt i nordöstra hörnet (Figur 4).



Figur 4. Karta med terrängskuggning, modifierad från Lantmäteriet (2019). Kartan ger en översikt över planområdets topografi med några utvalda höjder utsatta.

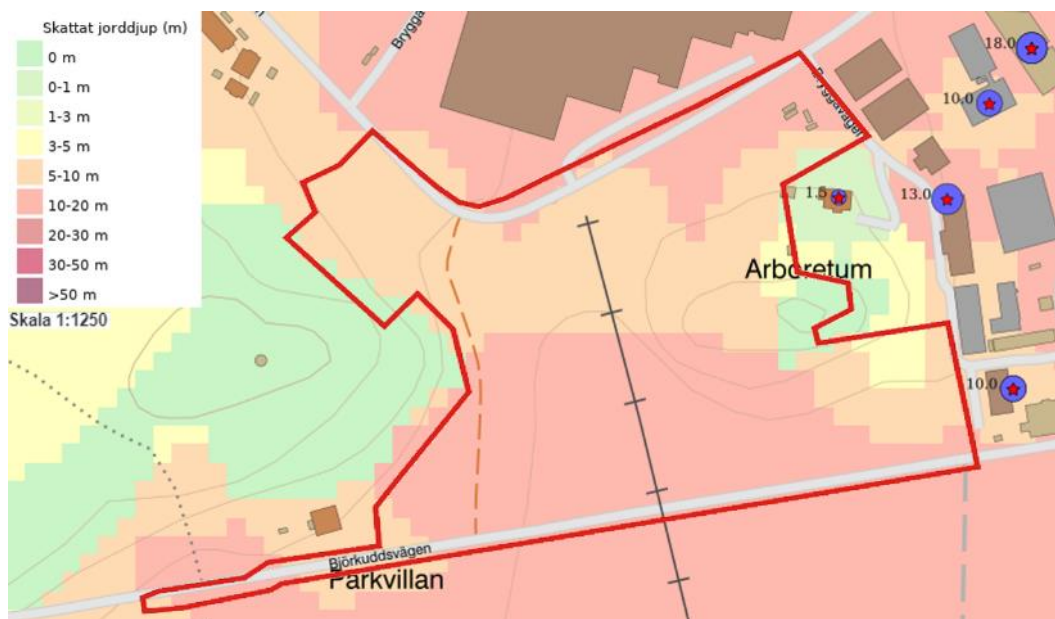
2.3 Geologi och hydrogeologi

Större delen av planområdet består av postglacial lera, inklusive hela åkermarken. Den östra skogsholmen har en jordart av sandig stenblockig morän med en del berg i dagen. Även det västra skogspartiet består av berg i dagen i de högre belägna delarna (Figur 5).



Figur 5. Jordartskarta från SGU (2021) för planområdet (blå linje). Den större delen av området är postglacial lera. Skogskullen består dock av stenblockig morän och berg i dagen.

Lera har låg hydraulisk konduktivitet i förhållande till andra jordarter och kan därför lättare bli vattenmättad. Detta medför generellt höga grundvattennivåer, låg infiltrationskapacitet och sättningskänslighet. Enligt SGU:s jorrdjupskarta (2021) uppskattas jorrdjupet till 0–1 m i de högst belägna punkterna i skogspartierna, 5–10 meters djup i de mellersta partierna och 10–20 meters djup på större delen av åkermarken (Figur 6).



Figur 6. Jorrdjupskarta för planområdet (SGU, 2021).

2.4 Grundvatten

Det finns ingen grundvattenförekomst direkt under planområdet men *Tullingeåsen-Ekebyhov-Riksten* passerar ett tiotal meter sydöst om detaljplanegränsen. Då tillrinningsområdet för grundvatten till stor del följer ytliga vattendelare antas planområdet tillhöra tillrinningsområdet för *Tullingeåsen-Ekebyhov-Riksten*. Denna grundvattenförekomst ligger på 20–50 meters djup och är ett grundvattenmagasin av sand- och grusförekomst. Den bedöms inte vara påverkad av diffusa källor från urban markanvändning som dagvatten (Länsstyrelsen, 2021a). Den står även i hydrologisk kontakt med planområdets ytvattenrecipient Fiskarfjärden (se avsnitt 2.7).

Enligt den senaste statusklassning (hämtad 2021-06-08) har *Tullingeåsen-Ekebyhov-Riksten* mycket goda uttagsmöjligheter och det föreligger ingen risk att inte uppnå god kvantitativ status som miljö kvalitetsnorm. Däremot har den otillfredsställande kemisk status på grund av halter av gruppen högfluorerade ämnen (PFAS₁₁) som överskrider gränsvärden. Miljö kvalitetsnormen har satts till god kemisk grundvattenstatus med undantag för just PFAS₁₁ till år 2027 med motiveringen att även om åtgärder genomförs är det mycket komplicerat att nå låga nivåer inom ett så pass kort tidsintervall (Länsstyrelsen, 2021a).

2.5 Markföroreningar

Miljötekniska markundersökningar har utförts i området av Afry (2021), vars undersökning kompletterar en tidigare översiktlig miljöteknisk undersökning av Hedenvinds Projekt AB (2019). Analyserna av jordprover visade vissa förhöjda halter av ΣDDT, kobolt och bly. Resultaten påvisade en heterogen föroreningsituation inom planområdet där halter i ett antal provpunkter ligger över Naturvårdsverkets generella riktvärden för känslig markanvändning (KM). Rapportens bedömning är att *”riskerna för hälsa och miljö för planerad skolverksamhet [...] är små eller försumbara”* samt att området kan utvecklas enligt plan *”utan restriktioner eller efterbehandlingsåtgärder”* (A fry, 2021: s. 3).

Då området domineras av postglacial lera (Figur 5) och grundvattenytan i undersökningsområdet ligger cirka 20–50 m under markytan är de naturliga förutsättningarna för infiltration i området således begränsade. Dessutom med tanke på den måttliga föroreningsituationen enligt Afry (2021) och Hedenvind (2019) finns det ingen risk för förorening av grundvattnet på grund av dagvattenhantering.

2.6 Befintlig dagvattenhantering och ytavrinning

Alla fotografier som redovisar den befintliga dagvattensituationen är tagna under ett platsbesök daterat 2019-02-12. En översikt av befintlig dagvattenhantering och ytavrinning presenteras i Figur 10 (och Bilaga 1). Det finns inga berörda markavvattningsföretag inom utredningsområdet.

Större delen av områdets avrinning leds idag söderut ned till ett öppet vägdike som rinner längs med Ekebyhovsallén (Figur 7). Diket är delvis kulverterad och leds vidare till ett större dike ute på jordbruksmarken i Ekebyhovsdalen och vidare till Fiskarfjärden (Mälaren). Vägdikey närmast planområdet har troligtvis bra avledningskapacitet men var delvis igensatt vid platsbesök av löv, partiklar och sediment (Figur 9).

I norra delen av området finns både ett större vägdike längs med Bryggavägen (Figur 8), samt ett mindre dike som avvattnar en del av omgivande skogsmark. En del avrinning från områdets nordvästra del avvattnas till skogsdiket och vägdiket. I områdets nordöstra del leds vatten från en del av skogsholmen och del av åkern till vägdiket. Båda diken i norra delen avvattnas till befintligt ledningsnät som leds längs den norra delen av Bryggavägen och vidare österut mot Fiskarfjärden (Mälaren). Ledningsnätet här består av en 400 mm ledning i betong som troligen är underdimensionerad¹.

På grund av berg i dagen och lera är infiltrationsmöjligheterna i området begränsade, vilket innebär att vatten idag troligen avleds på ytan under längre och kraftigare nederbördsepisoder. Dock bör en hel del vatten kunna infiltrera och evapotranspirera (avdunsta och tas upp av växter) sett till hela året då planområdet idag består av naturmark.



Figur 7. Öppet vägdike längs med Ekebyhovsallén. Foto taget i riktning österut.

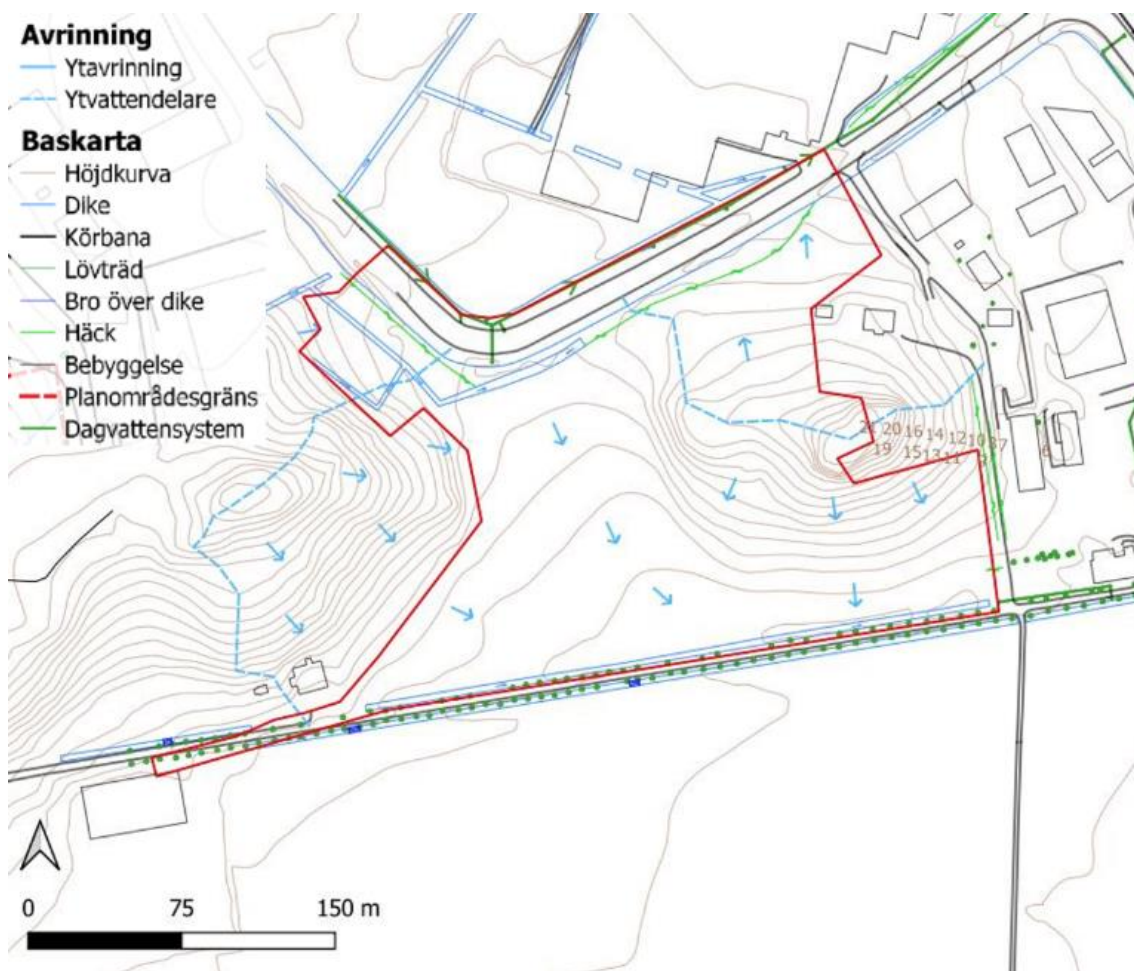
¹ Sjögren, Å., Roslagsvatten. Pers. komm. 2019-02-12.



Figur 8. Vägdike längs med Bryggavägen. Foto taget i riktning österut.



Figur 9. En delvis igensatt trumma i vägdiket längs med Ekebyhovsallén.



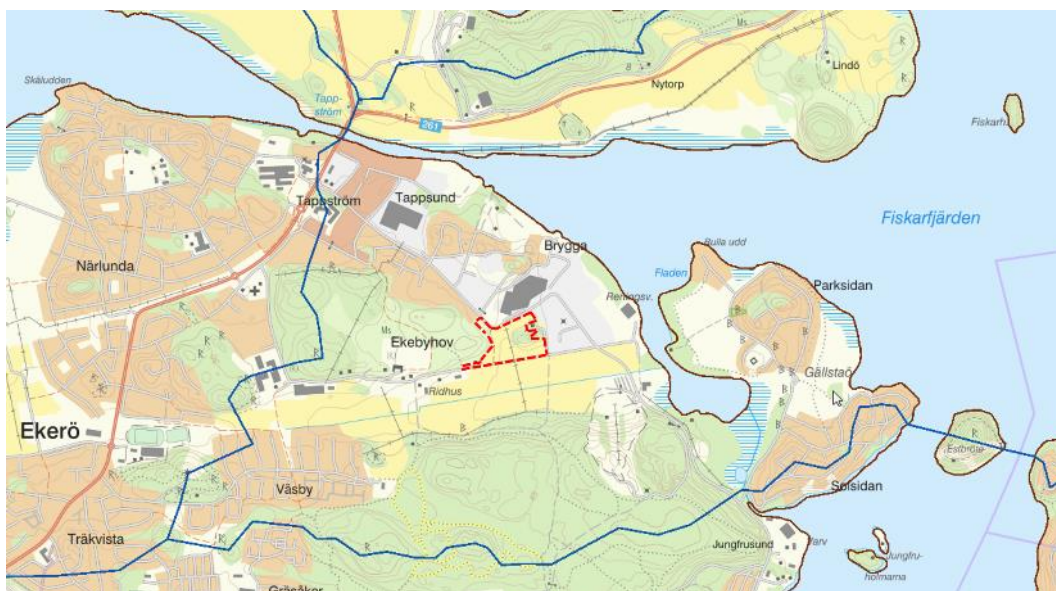
Figur 10. Befintlig dagvattenhantering och ytlig avrinning i planområdet. En större bild återfinns i Bilaga 1.

2.7 Ytvattenrecipient och dess avrinningsområde

Planområdet ligger inom avrinningsområdet "Rinner till Mälaren-Fiskarfjärden" (ARO-ID 657517–161510) som är 403 hektar stort (Figur 11). Avrinningsområdet består i princip av en tredjedel skogsmark, en tredjedel tätort och hårdgjordytor och resterande tredjedel av hedmark och övrig mark (13 %), jordbruksmark (13 %) och en mindre andel myr- och våtmarker (2 %) (SMHI, 2021).

Den modellerade kvävetransporten från avrinningsområdet uppgår till 1 300 kg/år, vilket motsvarar ett arealläckage på 3,3 kg/ha/år. För fosfor är motsvarande siffror en transport på 73 kg/år, motsvarande 0,18 kg/ha/år (SMHI, 2021).

Avrinningsområdets recipient är Fiskarfjärden, en del av Mälaren och en vattenförekomst enligt EU:s ramdirektiv för vatten (2008/105/EG). Enligt de senaste statusklassningarna (arbetsmaterial 2021-05-04) uppnår Fiskarfjärden ej god kemisk ytvattenstatus och har måttlig ekologisk status (Tabell 1).



Figur 11. Planområdet placering (röd linje) inom dess avrinningsområde (markerat med blå linje) "Rinner till Mälaren-Fiskarfjärden" (ARO-ID 657517-161510). Karta modifierad från Länsstyrelsen (2021b).

2.7.1 Ekologisk status

Fiskarfjärdens måttliga ekologiska status beror på den utslagsgivande kvalitetsfaktorn *Särskilda förorenande ämnen (SFÄ)*, det vill säga miljögifter. Inom SFÄ har kopparhalter överskridits i 45 av 60 lokaler för sedimentprovtagning, med en medelhalt på 153 mg/kg TS (bakgrundshalt 35 mg/kg TS). Tillförlitligheten gällande ekologisk status och koppar bedöms som *hög*. Även för icke-dioxinlika PCB:er (PCB₆), en annan ämnesgrupp inom SFÄ, anges måttlig status. Dock har olika mätningar gett olika klassningsresultat, vilket gör att tillförlitligheten här bedöms som *låg*.

Andra kvalitetsfaktorer som klassas som måttliga är *Makrofyter* och *Svämplanets struktur och funktion runt sjöar*. Dessa är inte utslagsgivande för den övergripande ekologiska statusen och heller inte direkt relevanta ur dagvattensynpunkt.

Parametern *Näringsämnen* klassas som god med en uppmätt medelhalt av 59 mätningar på 22 µg P/l. Då referensvärdet är 12 µg/l erhålls ett EK-värde på 0,53. Fiskarfjärden bedöms därför ha god status med avseende på övergödning.

2.7.2 Kemisk status

På grund av överskridande halter av fyra stycken prioriterade ämnen uppnår Fiskarfjärden ej god kemisk status. Dessa ämnen är perfluoroktansulfonat (PFOS, ett PFAS-ämne), antracen (ett polycykliskt aromatiskt kolväte [PAH]), tributyltenn (TBT) och bly (Pb). Halterna av antracen, TBT och bly har uppmätts i sediment, för PFOS i biota. Det bör påpekas att flera av dessa klassningar bygger på få mätningar; en för antracen, tre för TBT och fyra för PFOS. För bly däremot bygger klassningen på flera data (63 mätningar) och gränsvärdet överskrids med ca 15 %, baserat på uppmätt medelvärde (Länsstyrelsen, 2021a).

Huvudsakliga lokala källor till spridning och förorening av dagvatten av antracen inkluderar skyddsmedel för skog, insektsmedel, beläggning på material, pyrotekniska produkter, färger, vattentäta ytbeläggningar, gummi och impregnerat trä.

TBT förknippas framför allt med båtottenfärg. Trots att båtottenfärg förbjöds för småbåtsbruk 1989 och för kommersiella skepp och fartyg 2003 så tyder mätvärden på att de fortfarande används. Andra källor till TBT inkluderar läder, plast och gummi.

PFOS kan transporteras till dagvattnet från exempelvis rengöringsmedel, brandsläckningsskum och via atmosfärisk deposition. Det finns även i vissa elektronikprodukter.

Källor till bly i dagvatten inkluderar bland annat trafik (bromsklossar, bromsbelägg, däck, bilbatterier, asfalt), fordons- och gatutvätt och viss infrastruktur, t.ex. blymönjade broar (Larm och Pirard, 2010).

2.7.3 Miljökvalitetsnormer

Beslutade miljökvalitetsnormer (MKN) är att Fiskarfjärden ska uppnå god ekologisk status och god kemisk ytvattenstatus 2027 (Tabell 1). För PFOS, antracen och TBT anges undantag i form av senare målår eller tidsfrister. För dessa ämnen görs bedömningen att det både saknas kunskap och kommer ta lång tid att uppnå god status även om åtgärder genomförs så snart som möjligt. För antracen är även påverkansbilden komplex och det är oklart vilka åtgärder som är möjliga och mest effektiva.

VISS (Länsstyrelsen, 2021a) anger i sin riskbedömning att det finns risk att miljökvalitetsnormer inte uppnås på grund av påverkan från miljögifter (koppar, PCB₆, antracen, BaP, DEHP, PFOS och TBT) och övergödning (näringsämnen, specifikt fosfor). De anger även att det finns en betydande påverkan av näringsämnen som det är rimligt att anta att den ännu inte har slagit igenom på status.

Tabell 1. Statusklassningar och miljökvalitetsnormer för recipient Fiskarfjärden. Inom parantes anges år för utförd statusklassning. Utslagsgivande orsak anges i kursivt (kvalitetsfaktor för ekologisk status eller överskridande av prioriterat ämnen för kemisk status).

	Kemisk ytvattenstatus*	Ekologisk status
Statusklassning (år)	Ej god status (2021)	Måttlig status (2021)
Utslagsgivande orsak	<i>Antracen, TBT, PFOS, bly</i>	<i>SFÄ (koppar, PCB₆)</i>
Miljökvalitetsnorm (år)	God status (2027)**	God status (2027)

* Med undantag för överallt överskridande ämnen: kvicksilver, kvicksilverföreningar samt PBDE. För dessa ämnen bedöms problemen vara av sådan omfattning och karaktär att det i dagsläget saknas tekniska förutsättningar att åtgärda dem. De nuvarande halterna av kvicksilver och PBDE (december 2015) får dock inte öka.

** med undantag (tidsfrist till 2027) för antracen och TBT.

Miljökvalitetsnormerna för vattenförekomster är bindande. En verksamhet ska inte tillåtas om den riskerar att orsaka en försämring eller äventyra uppnåendet av god status. Det räcker med en försämring av en kvalitetsfaktor för att en försämring av status ska ha skett (HaV, 2016).

Detta innebär att planområdet inte får orsaka en försämring av någon av de kvalitetsfaktorer som ingår i ekologisk status, eller försämma möjligheterna att underskrida halter av prioriterade ämnen som ingår i kemisk status. Enligt den senaste statusklassningen (2021-05-04) bedöms de viktigaste ämnena ur dagvattensynpunkt, för att inte äventyra uppnåendet av miljökvalitetsnormerna, vara koppar och bly, som det

finns mycket data för gällande transport i dagvatten. Till viss del kan även antracen och PFOS transporteras med dagvatten, men dessa har huvudsakligen andra föroreningskällor.

2.8 Riktlinjer för dagvattenhantering

Ekerö kommuns checklista för dagvatten är tillsammans med beslutade miljökvalitetsnormer för berörd recipient och branschnormer i Svenskt Vattens publikationer P104, P105 och P110 vägledande för denna utredning. Detta innebär bland annat att:

- Områdets dagvattenutflöde efter exploatering med föreslagna fördröjningsåtgärder ska inte överskrida flödet före exploatering och inte påverka områden nedströms.
- Föreslagna dagvattenåtgärder ska inte försvåra möjligheten att uppfylla MKN i berörd recipient, det vill säga området ska inte bidra till ytterligare belastning jämfört med idag. Hänsyn ska tas till recipientens specifika belastningsutrymme, utifrån gränsvärden i VISS.
- Utredningen ska utgå från teoretiska beräkningar av flöden med 5, 20 och 100 års återkomsttid (för tätortsbebyggelse) med den för planområdet beräknade varaktigheten (minst 10 minuter) och ett klimatfaktorpåslag på 1,25.
- Som utgångspunkt ska 20 mm regn från hårdgjorda ytor vara dimensionerande för reningsanläggning. Reningsanläggningarna bör dimensioneras för ett motsvarande 2-årsregn.
- En skyfallsanalys ska utföras och sekundära avrinningsvägar alternativt översvämningssytor ska säkras genom robust höjdsättning så att skador på bebyggelsen undviks vid extremregn och/eller stopp i ledningssystemet.
- Dagvatten med högre föroreningsgrad ska om möjligt hanteras separat från övrigt dagvatten.
- SMHI:s och Länsstyrelsens rekommendationer kring höjdsättning av bebyggelse nära Östersjökusten och Mälaren ska beaktas.

3 Planerad exploatering

3.1 Planens utformning och framtida markanvändning

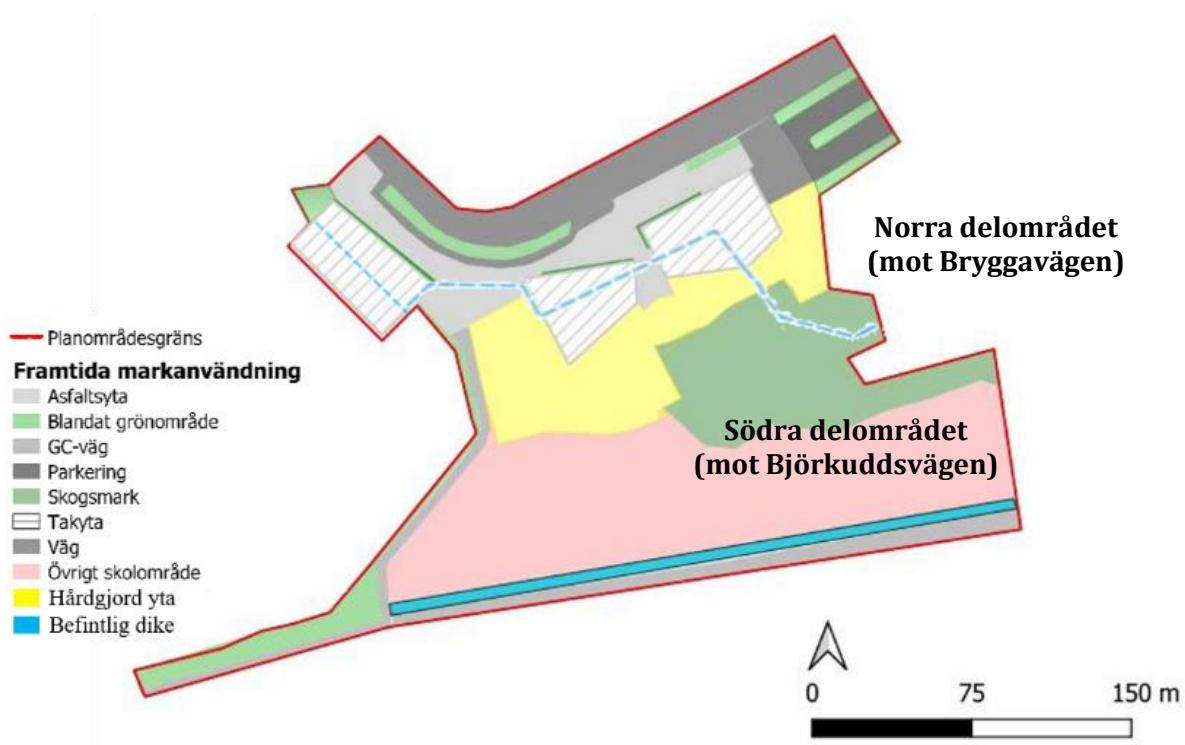
På marken planeras att uppföra en kommunal sarskola och grundskola för upp till 900 elever med byggnader upp till tre våningar och en fullstor idrottshall. Skolbyggnaderna placeras närmast Bryggavägen för att behålla marken och kulturmiljön närmast Ekebyhovsallén så orörd som möjligt. Den södra delen av Åkerholmen är därför tänkt att användas till rastgård och utelek. Även skogspartierna lämnas till stor del orörda.

Planförslaget består av tre byggnader; två huvudbyggnader längs med Bryggavägen och en idrottshall i nordvästra hörnet. Bryggavägen kommer att omformas för att anpassas till skolan med busshållplats, övergångsställen m.m. Längs med Bryggavägen byggs infartsvägar för hämtning och lämning. I östra delen anläggs en personalparkeringsplats

med 60 platser, en lastplats och infartsväg/vändplan till särskolan (Figur 12). Utifrån illustrationsplanen i Figur 12 har en markkartering gjorts (Figur 13).



Figur 12. Situationsplan för skolan daterad 2021-03-02 (Nivå landskapsarkitektur).



Figur 13. Framtida markanvändning för planområdet. Observera att "Övrigt skolområde" delas upp i ytterligare fyra olika markanvändningar, se Tabell 2. En ytvattendelare, ljusblå streckad linje, delar området i det som avrinner mot Bryggavägen i norr och mot Björkuddsvägen i söder.

Exploateringsföreslaget innebär att en del åkermark, och lite skogsmark, omvandlas till hårdgjorda ytor i form av tak, parkering och asfalt. Hårdgörningen sker framför allt i den norra delen av planområdet närmast Bryggavägen, som beräknas ha en årsmedeldygnstrafik (ÅDT) på cirka 3 800 fordon/dygn (Trafikverket, 2021). Mindre grönytor omgärdar skolbyggnaderna och infartsvägarna. Den södra delen av planområdet bebyggs ej utan är tänkt att användas som skolgård, denna benämns ”övrigt skolorråde” i Figur 13. I markkarteringen, som presenteras i Tabell 2, har denna yta antagits bestå till 25 % var av följande fyra ytor; grusyta, gräsyta, ängsmark och blandat grönområde.

I Tabell 2 och Tabell 3 sammanställs nuvarande (Figur 3) och framtida (Figur 13) markanvändning inom planområdet. Framöver i utredningen presenteras det norra delområdet som avrinner mot Bryggavägen och det södra delområdet som rinner mot Björkuddsvägen, var för sig.

För varje typ av markanvändning anges en avrinningskoefficient som är ett mått på hårdgörningsgraden. Avrinningskoefficienten anger den förväntade andelen av nederbörden som bildar avrinning från ytan efter förluster till evapotranspiration, infiltration, interception och lagring i ytojämnheter. En avrinningskoefficient på 0,8 anger exempelvis att 80 % av nederbörden som faller på ytan förväntas bilda avrinning. En markanvändnings avrinningskoefficient multiplicerat med arean anger dess reducerade area, som också kan ses som markanvändningens hårdgjorda areal. Den sammanvägda avrinningskoefficienten är en arealviktad avrinningskoefficient för hela området.

För delområdet som rinner mot Bryggavägen förväntas den sammanvägda avrinningskoefficienten för från 0,27 till 0,71 (Tabell 2). För delområdet som rinner mot Björkuddsvägen förväntas öka avrinningskoefficienten för från 0,20 till 0,41 (Tabell 3). Totalt ökar den uppskattade hårdgörningsgraden från 0,22 till 0,51.

Tabell 2. Sammanställning av ytor för nuvarande och framtida markanvändning inom norra delområdet som rinner mot Bryggavägen. Φ anger avrinningskoefficient, A area och A_{red} den reducerade arean ($A \cdot \Phi$).

Norra delområdet	Φ	Nutida [m²]		Framtida [m²]	
		A	A_{red}	A	A_{red}
Skogsmark	0,05	8 400	420		
Jordbruksmark	0,10	4 100	410		
Blandat grönområde	0,10			2 700	270
Takyta	0,90			3 000	2 700
Asfaltsyta (skolgård)	0,80			4 300	3 400
Parkering	0,80			1 200	930
Väg/köryta	0,80			1 300	1 000
Bryggavägen (ÅDT 3 800)	0,80	4 600	3 700	4 600	3 700
Totalt		17 100	4 500	17 100	12 100
Sammanvägd avrinningskoefficient (Φ)		0,27		0,71	

Tabell 3. Sammanställning av ytor för nuvarande och framtida markanvändning inom delområde som rinner mot Björkuddsvägen. Φ anger avrinningskoefficient, A area och A_{red} den reducerade arean ($A \cdot \Phi$).

Södra delområdet Markanvändning	Φ [-]	Nutida [m^2]		Framtida [m^2]	
		A	A_{red}	A	A_{red}
Skogsmark	0,05	7 200	360		
Jordbruksmark	0,10	21 200	2 100		
Gång- och cykelväg	0,80	2 400	2 000	2 700	2 200
Blandat grönområde	0,10			5 700	570
Takyta	0,90			1 400	1 200
Asfaltsyta (skolgård)	0,80			5 600	4 500
Björkuddsvägen	0,80	2 700	2 200	2 700	2 200
Övrigt skolområde, varav:	0,16			14 500	2 400
Grusyta (25 %)	0,40			3 600	1 500
Gräsyta (25 %)	0,10			3 600	360
Ängsmark (25 %)	0,05			3 600	180
Blandat grönområde (25 %)	0,10			3 600	360
Totalt		33 600	6 600	33 600	13 800
Sammanvägd avrinningskoefficient (Φ)		0,20		0,41	

3.2 Planens konsekvens för dagvatten

Den planerade exploateringen kommer att innebära förändrade förutsättningar för dagvattenhanteringen. Nedan beskrivs förändringar i avrinning och föroreningstransport. I beräkningarna nedan för årsmedelavrinning och föroreningstransport har interpolerad nederbördsdata från LuftWebb (SMHI, 2019) använts. Enligt data har östra Ekerö en medelnederbörd på 595 mm beräknat på åren 1989–2018.

3.2.1 Skyfall, lågpunkter och översvämningsrisker

I Scalgo Live (2021) har ett skyfall motsvarande 100 mm nederbörd simulerats utifrån topografin². Denna nederbördsmängd motsvarar ett dimensionerande regn under sex timmars varaktighet med 100 års återkomsttid och klimatfaktor 1,25. Figur 14 visar att utredningsområdet är förhållandevis väl skyddat mot översvämningsrisker. Inga lågpunkter eller instängda områden där större vattenmängder samlas kan identifieras.

Modellen visar även troliga avledningsvägar vid större nederbördsmängder. En sådan går mitt över jordbruksmarken i sydsydöstlig riktning mot vägdiken vid Ekebyhovsallén. Mindre avrinningsstråk från högre liggande skogsmark leds också ned mot åkern och vidare till diket. I områdets lägsta punkt i diket i sydöstra hörnet kan ett mindre område med stående vatten bildas (Figur 14).

Skyfallskarteringen indikerar inte att några av planens byggnader eller annan viktig infrastruktur tar skada vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25. Vattnet kommer att avledas ytligt över skolgården i söder med grönytor, lekytor, m.m. och ansamlas i diket vid Björkuddsvägen. Själva vägen översvämmas inte enligt modellen. Inga särskilda

² Observera att modellen visar en enkel skyfallsanalys/lågpunktskartering där avledning och ansamling av vatten endast modelleras utifrån topografisk underlag utan en dimension av tid. Den tar inte hänsyn till jordlager (infiltration) eller ledningsnät. Detta gör att modellen troligen överskattar skyfallet något.

åtgärder bedöms därför behövas då Björkuddsvägen inte utgör en samhällsviktig väg (exempelvis utfarts- eller genomfartsväg för räddningsfordon).



Figur 14. En översiktlig översvämningsskartering (SCALGO, 2021) för ett 100-årsregn med sex timmars varaktighet och klimatfaktor 1,25 (motsvarande 100 mm nederbörd). Skarteringen visar stående vatten (blått) utifrån topografiskt underlag och huvudsakliga flödesvägar för vattnet (lila).

3.2.2 Dimensionerande flöde

Dimensionerande flöde har beräknats enligt rationella metoden (Ekvation 1). Den rationella metoden är lämplig använda för områden mindre än 50 hektar som är nära rektangulärformade med liknande rinntider från olika delområden (Lyngfelt, 1981). Det är viktigt att förstå att metoden är en approximation där resultaten ska utläsas som ungefärliga.

Ekvation 1. Rationella metoden för beräkning av dimensionerande flöde

q_{dim}	dimensionerande flöde
A	områdets area
φ	områdets arealviktade avrinningskoefficient
$i(t_r, T)$	dimensionerande regnintensitet (en funktion av varaktighet $[t_r]$ och återkomsttid $[T]$)
k_f	klimatfaktor

$$q_{dim} = A \cdot \varphi \cdot i(t_r) \cdot k_f$$

Följande indata har använts:

- Områdets areal (A) och viktad avrinningskoefficient (ϕ) enligt Tabell 2.
- Den dimensionerande varaktigheten (t_r) definieras som den längsta rinntiden inom avrinningsområdet. För nuvarande situation innebär detta 22 minuter³, för framtida exploatering beräknas den till 17 minuter⁴.
- Återkomsttiden (T) anger sannolikheten att motsvarande flöde inträffar eller överskrids ett enskilt år. Ett 10-årsregn är ett regntillfälle där sannolikheten att det inträffar ett enskilt år är 1 på 10. Sannolikheten att ett 10-årsregn inträffar under någon gång under en 10-årsperiod är 63 %. Sannolikheten att ett 10-årsregn överskrids under en 10-årsperiod är alltså större än sannolikheten att den underskrids. Flöden beräknas för återkomsttider om 5, 20 och 100 år vid tätortsbebyggelse enligt Ekerö kommuns checklista (se kapitel 2.8), samt för 2-årsregn som används för dimensionering av reningsanläggningar.
- Klimatfaktorn (kf) i den rationella metoden används för att kompensera för ökade framtida nederbördsmängd och -intensitet. I Svenskt Vattens P110 (2016) rekommenderas en klimatfaktor på minst 1,25 för regn med kortare varaktighet än en timme. Klimatfaktor 1,25 ska också användas enligt Ekerö kommuns checklista (kapitel 2.8).

I Tabell 4 och Tabell 5 redovisas resultatet av genomförda flödesberäkningar för nutida (exklusive klimatfaktor) och framtida (inklusive klimatfaktor 1,25) markanvändning, för 2-, 5-, 20- och 100-årsregn. För nuvarande markanvändning används 22 minuters varaktighet och för framtida markanvändning 17 minuters varaktighet.

För ett 2-årsregn förväntas nuvarande dimensionerande flöde (exkl. klimatfaktor) på 38 l/s öka till 149 l/s (inkl. klimatfaktor) inom det norra delområdet som rinner mot Bryggavägen (Tabell 4). Detta motsvarar en ökning på 295 %. I södra delområdet som rinner mot Björkuddsvägen ökar det dimensionerande flödet från 55 l/s till 171 l/s (Tabell 5), vilket motsvarar en ökning på 208 %. Samma procentuella ökning gäller även för 5-, 20- och 100-årsregnen. Totalt för hela planområdet ökar ett dimensionerande flöde med 244 %.

Tabell 4. Dimensionerande flöde för nutida (exkl. kf) respektive framtida (inkl. kf) markanvändning för ett regn med 2, 5, 20 och 100 års återkomsttid inom norra delområdet som rinner mot Bryggavägen.

Norra delområdet	Kf	Varaktighet	2-årsregn	5-årsregn	20-årsregn	100-årsregn
<i>Nutida markanvändning</i>	1,00	22 min				
<i>Dim. regnintensitet [$L s^{-1} ha^{-1}$]</i>			84	113	178	304
Flöde Q [$L s^{-1}$]			38	51	81	138
<i>Framtida markanvändning</i>	1,25	17 min				
<i>Dim. regnintensitet [$L s^{-1} ha^{-1}$]</i>			99	133	210	358
Flöde Q [$L s^{-1}$]			149	200	317	540

³ Längsta rinnsträcka inom planområdet har mätts till $s = 310$ m. Med mannings formel ($M = 40$; $R_h = 0,005$ m; $S = 12/310$ m/m) fås $v = 0,23$ m/s på naturmarken i planområdet. Detta ger varaktigheten $t_r = s/v = 310/0,23 = 1348$ s = 22 min.

⁴ Med framtida markanvändning kommer rinnsträckan till 220 m bestå av naturmark med $v = 0,23$ m/s och till 90 m av hårdjord ytor med antagen avrinningshastighet 1,0 m/s (P110). Detta ger $t_r = 220/0,23 + 90/1 = 1047$ s = 17 min.

Tabell 5. Dimensionerande flöde för nutida (exkl. kf) respektive framtida (inkl. kf) markanvändning för ett regn med 2, 5, 20 och 100 års återkomsttid inom södra delområdet som rinner mot Björkuddsvägen.

Södra delområdet	Kf	Varaktighet	2-årsregn	5-årsregn	20-årsregn	100-årsregn
<i>Nutida markanvändning</i>	1,00	22 min				
<i>Dim. regnintensitet [$L s^{-1} ha^{-1}$]</i>			84	113	178	304
Flöde Q [$L s^{-1}$]			55	75	118	201
<i>Framtida markanvändning</i>	1,25	17 min				
<i>Dim. regnintensitet [$L s^{-1} ha^{-1}$]</i>			99	133	210	358
Flöde Q [$L s^{-1}$]			171	230	364	619

3.2.3 Föroreningsbelastning

Föroreningstransport i planområdet har beräknats med Stormtac (2021) med indata i form av markanvändningsarealer enligt Tabell 2 tillsammans med årsmedelnederbörden 595 mm (SMHI, 2019).

StormTac är en statistisk modell som bland annat modellerar föroreningshalter och belastning i dagvatten på årsbasis. Modellen bygger på data från både Sverige och andra delar av världen, främst västra Europa och USA. Föroreningssammansättningen i dagvatten omfattar i verkligheten stora inom- och mellanårsvariationer, samt stora geografiska skillnader. Det är därför svårt att ta hänsyn till lokala förutsättningar. Utifrån denna kunskap är det viktigt att tolka siffror med försiktighet då de inhyser stora variationer och osäkerheter.

Av de fyra prioriterade ämnen som överskrider gränsvärden för god kemisk status i recipient (se avsnitt 2.7.2) kan beräkningar i Stormtac göras för bly, TBT och PAH:er men inte för PFOS (data saknas). För PAH och TBT baseras dock schablonvärden för olika markanvändningar endast på enstaka, ibland inga, data. De bör därför ses som högst osäkra.

Förutom bly, PAH och TBT har även föroreningstransporten i dagvattnet (inkluderat basflöde) beräknats för kväve, fosfor, suspenderad substans (partiklar), olja och ytterligare fem tungmetaller. För de allra flesta ämnen förväntas belastningen öka efter exploatering (om inga åtgärder vidtas). För vissa ämnen, exempelvis kväve och bly i det södra delområdet (Tabell 7), är dock förändringen inom felmarginalen. Föroreningsmängder av alla sex tungmetaller förväntas öka, högst procentuell ökning står kadmium för (Tabell 6, Tabell 7).

Stormtac indikerar en procentuellt stor belastningsökning av PAH efter exploatering, och även en ökning av TBT (Tabell 6, Tabell 7). Ökningen av mängden PAH beror främst på de planerade parkeringsplatserna. En ökning av PAH innebär inte nödvändigtvis en motsvarande ökning av antracen. Gällande TBT är mängderna små i förhållande till den primära källan av TBT (båtbottenfärg) och data är väldigt bristfällig.

Den beräknade näringsämnestransporten efter exploatering motsvarar arealläckage på 5,9 kg N/ha/år och 0,41 kg P/ha/år, vilket är över medelvärdena (79 % respektive 128 %) för hela Fiskarfjärdens avrinningsområde (se avsnitt 2.7).

Tabell 6. Beräknad föroreningsbelastning från norra delområdet som rinner mot Bryggavägen, i nuläget samt efter exploatering. Beräkningarna är genomförda med schablonvärden i StormTac. En ökad belastning markeras med rött och minskad belastning i grönt. Grå text markerar högst osäkra data eller där data saknas.

Norra delområdet			Nuvarande belastning	Framtida belastning	Förändring
Parameter					
Fosfor	P	[kg/år]	0,57	1,1	+93 %
Kväve	N	[kg/år]	9,1	14	+54 %
Bly	Pb	[g/år]	33	63	+90 %
Koppar	Cu	[g/år]	88	180	+100 %
Zink	Zn	[g/år]	240	450	+88 %
Kadmium	Cd	[g/år]	0,97	3,4	+250 %
Krom	Cr	[g/år]	27	56	+110 %
Nickel	Ni	[g/år]	21	45	+110 %
Partiklar	SS	[kg/år]	320	410	+28 %
Olja	Oil	[kg/år]	2,6	4,7	+81 %
PAH ₁₆	PAH	[g/år]	2,0	5,3	+170 %
Tributyltenn	TBT	[g/år]	0,0068	0,015	+120 %
Perfluoroktansulfonat	PFOS		I.u.	I.u.	-

Tabell 7. Beräknad föroreningsbelastning från södra delområdet som rinner mot Björkuddsvägen i nuläget samt efter exploatering. Beräkningarna är genomförda med schablonvärden i StormTac. En ökad belastning markeras med rött och minskad belastning i grönt. Grå text markerar högst osäkra data eller där data saknas.

Södra delområdet			Nuvarande belastning	Framtida belastning	Förändring
Parameter					
Fosfor	P	[kg/år]	0,73	0,98	+34 %
Kväve	N	[kg/år]	15	16	+7 %
Bly	Pb	[g/år]	27	29	+7 %
Koppar	Cu	[g/år]	91	160	+76 %
Zink	Zn	[g/år]	110	210	+91 %
Kadmium	Cd	[g/år]	1,0	2,6	+160 %
Krom	Cr	[g/år]	26	48	+85 %
Nickel	Ni	[g/år]	18	32	+78 %
Partiklar	SS	[kg/år]	360	210	- 42 %
Olja	Oil	[kg/år]	2,6	4,8	85 %
PAH ₁₆	PAH	[g/år]	0,52	2,7	+ 420 %
Tributyltenn	TBT	[g/år]	0,0095	0,027	+ 180 %
Perfluoroktansulfonat	PFOS		I.u.	I.u.	-

3.2.4 Utjämningsbehov och magasinering

För att inte öka belastningen på nuvarande dagvattennät, samt uppnå långtgående rening av planområdets dagvatten, ska motsvarande 20 mm regn från hårdgjorda ytor fördröjas och renas i dagvattenanläggningar. Det innebär att 91 % av årsnederbörden fördröjs och

behandlas, vilket kan minska föroreningsbelastningen från dagvatten för många föroreningar med cirka 70-80 % (Stockholm Vatten, 2017a).

Tabell 8 och Tabell 9 visar det erforderliga magasinbehovet för planområdet för att omhänderta 20 mm nederbörd från hårdgjorda. Magasinsbehov uppkommer vid de hårdgjorda ytorna runtomkring skolbyggnaderna, taken, parkering och vägarna. Totalt behöver 454 m³ dagvatten magasineras och renas inom området.

Tabell 8. Behov av magasinvolym för framtida exploatering för att omhänderta motsvarande 20 mm nederbörd från hårdgjorda ytor från norra delområdet som rinner mot Bryggavägen.

Norra delområdet		
Framtida markanvändning	A_{red} [m²]	Magasinsbehov [m³]
Takyta	2 700	54
Asfaltsyta	3 400	69
Parkering	930	19
Väg/köryta	1 000	20
Bryggavägen	3 700	74
Totalt	11 800	236

Tabell 9. Behov av magasinvolym för framtida exploatering för att omhänderta motsvarande 20 mm nederbörd från hårdgjorda ytor från södra delområdet som rinner mot Björkuddsvägen.

Södra delområdet		
Framtida markanvändning	A_{red} [m²]	Magasinsbehov [m³]
Takyta	2 000	41
Gång-och cykelväg	2 200	44
Asfaltsyta (skolgård)	4 500	90
Björkuddsvägen	2 200	44
Totalt	10 900	218

3.3 Planens konsekvens för grundvatten och markföroreningar

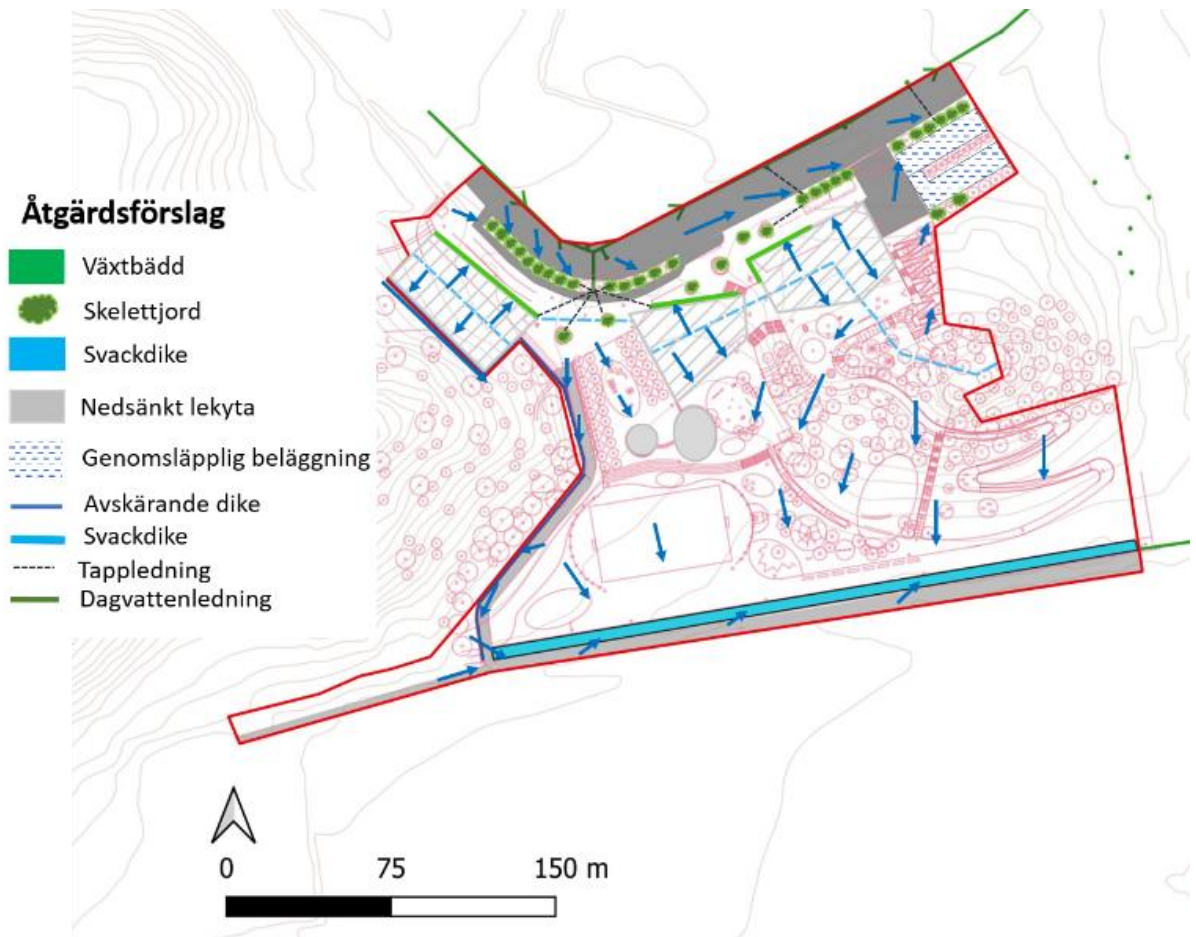
Planen bedöms inte riskera påverka grundvatten eller närliggande grundvattenförekomst negativt. Inga skyddsåtgärder behöver tas.

Anledningen är det täta lerlager som områden vilar på. Lera har en hydraulisk konduktivitet på mindre än 10⁻⁹ m/s (Bovin m.fl., 2015: s. 6), troligen lägre i detta fall då den postglaciala leran bör vara relativt homogen och finkornig. Med ett jorddjup på mellan 5 och 20 meter i det berörda området där dagvattenanläggningar planeras (Figur 6) innebär detta en teoretisk transporttid genom leran på *minst* 160–630 år. Ytterligare transporttid tillkommer genom det marklager mellan leran (på 5–20 m djup) och grundvattenförekomsten (på 20–50 m djup). Dessutom utövar troligen grundvattenförekomsten ett uppåtgående hydrauliskt tryck på grund av vattnets tryckyta.

Sammantaget innebär detta att eventuella föroreningar har hundratals, möjligen tusentals års uppehållstid för fastläggning och nedbrytning i mark. Ovan beräkning får även stöd av SGU:s bedömning av vad som är ett tätande jordlager: *där lerdjupet överstiger 4 m bedöms ett fullgott skydd mot föroreningar finnas* (Bovin m.fl., 2015: s. 7).

4 Föreslagen principiell dagvattenhantering

Dagvattenhanteringen för skolan utgår från principen om fördröjning av 20 mm regn från hårdgjorda ytor, samt att reningsanläggningarna bör dimensioneras för ett motsvarande 2-årsregn. I avsnitten 4.1-4.6 beskrivs föreslagen dagvattenhantering för de olika hårdgjorda ytorna. Sedan följer kortare tekniska beskrivningar av de föreslagna åtgärderna i avsnitt 4.7 och en principiell dimensionering i avsnitt 4.8. I avsnitt 4.9 visas hur föreslagna dagvattenåtgärder har inarbetats i landskapsarkitekternas planskiss för området. För orienteringens skull presenteras de föreslagna åtgärderna nedan i Figur 15. Bilden återfinns även i Bilaga 2.



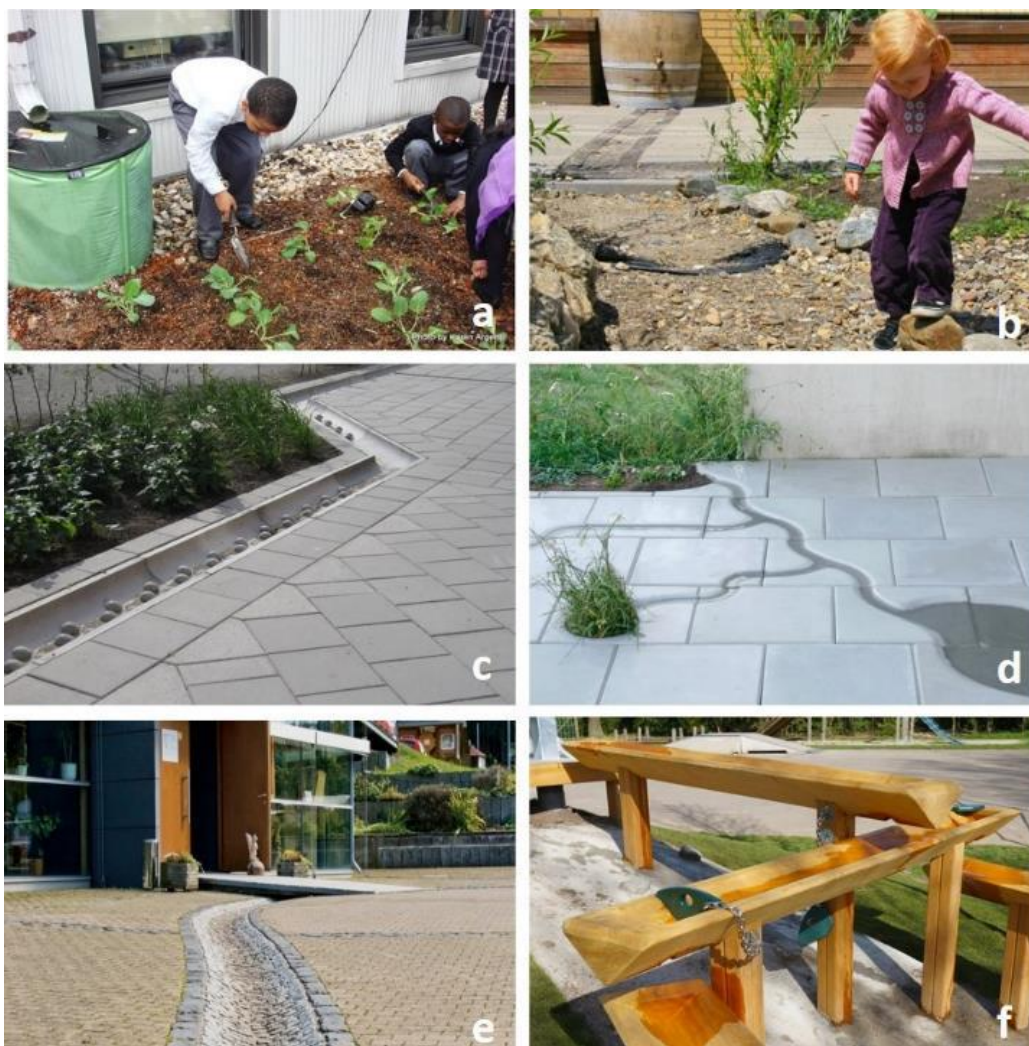
Figur 15. Föreslagna åtgärdsförslag i planområdet. Åtgärdsförslagen överensstämmer ungefärligt med dimensionering enligt Tabell 10. En större bild återfinns i Bilaga 2.

4.1 Dagvatten för lek och lärande

Först och främst ska det poängteras att dagvatten kan användas som en resurs och tillgång. Det behöver inte bara vara något som ska avledas och renas. Takdagvatten kan samlas upp i regntunnor och användas till bevattning. Även på hårdgjorda ytor kan små dagvattenrännor och ”dammar” (pölar) anläggas i exempelvis gatsten. Lätt lutande trärrännor kan byggas i olika vinklar för att bjuda in till lek. Se exempel i Figur 16.

Ett annat exempel där dagvatten används som en resurs är på Tåsinge plads, Köpenhamn. Regnvatten från omkringliggande takytor samlas upp i en underjordisk tank där vattnet renas. Från tanken kan vattnet sedan pumpas upp till ytan genom ”regndroppar” på torget.

Från ytan rinner vattnet sedan till nedsänkta växtbäddar i en annan del av torget. Regnparasoll bredvid dropparna samlar också upp regnvatten och tillsammans bildar de även en konstinstallation (Figur 17). Att synliggöra dagvattnet kan vara en viktig pedagogisk resurs och skulle i detta fall kunna integreras i skolverksamheten.



Figur 16. Exempel på tillvaratagande av takvatten som en resurs för skolverksamhet. (a) Regntunna för bevattning av rabatter på grönt tak [stormwater.pca.state.mn.us], (b) Regntunna för vattenlek [www.fonds1818.nl], (c) "Lökrädda" för öppen avledning som bjuder in till vattenlek [www.steriks.se], (d) Betongplattor med rännor och "dammar" som kan läggas i olika mönster [www.kathlijndebooij.nl], (e) Öppen dagvattenränna i gatsten [groenblauwenetwerken.com], (f) Träränna för vattenlek (som skulle kunna anslutas till en regntunna) [www.houtplezier.nl].



Figur 17. Regnparasoll och vattendroppar på Tåsinge plats. Parasollen samlar upp regnvatten och ger skydd mot regnet. Vid vattendropparna kan renat dagvatten från taktytor genom underjordiska magasin pumpas upp till ytan med manuella pumpar.

4.2 Takytor

Idrottshallen i planområdets nordvästra hörn kommer att placeras nedanför en skogsbacke. Det är därför lämpligt att anlägga ett avskärande dike på två sidor om huset. Diket kan förstärkas med ett infiltrerbart matjordslager ovanpå dräneringsrör som ansluter till husgrundsdräneringen. På så sätt fördröjs naturmarksavrinningen innan vidareledning till svackdiket som löper längs med GC-banan. Diket bör dimensioneras för att även omhänderta avrinning från idrottshallens södra tak. Takdagvattnet kan ledas till diket via kortare, stensatta (eller på annat sätt erosionsskyddade) avledningsvägar nedanför utkastarna.

Avrinningen från idrottshallens norra tak omhändertas i upphöjda växtbäddar. De fungerar på samma vis som nedsänkta växtbäddar men är upphöjda i förhållande till marknivån istället för nedsänkta i gatan. I växtbäddarna fördröjs takdagvattnet i ett ytligt magasin ovanpå matjorden innan det infiltrerar och renas genom växtjordssubstratet. På liknande sätt kan dagvatten från huvudbyggnadernas norra tak ledas till växtbäddar för rening och fördröjning. Upphöjda växtbäddar kan estetiskt och praktiskt passa bra längs huskroppar då de upplevs som rabatter/planteringar (Figur 18). Ett alternativ är att ha växtbäddarna nedsänkta i en nivå ett par decimeter under omgivande marknivå då detta minskar anläggningskostnaderna, se kapitel 6. Se teknisk beskrivning av växtbäddar i avsnitt 4.7.1.

Anläggningen av växtbäddar ger också möjlighet att synliggöra dagvattnet och integrera frågor kring odling och vattnets kretslopp i skolverksamheten. Enklare åtgärder som att placera en regntunna innan, eller bredvid, växtbädden skulle möjliggöra att barnen kan leka med vattnet och vattna växterna. Regntunnorna bör ha en bräddfunktion som ansluter till växtbädden och en enklare avtappningskran för att kunna ta vatten, se exempelvis Figur 16 (a) och (b).

Huvudbyggnadernas södra takdelar skulle kunna ledas till en nedsänkt gräsyta som integreras i ytorna för utelek. Gräsytan bör vara lätt nedsänkt, skålformad och förstärkt med ett ytligt infiltrerbart matjordslager (Figur 18). Gräsytan bör placeras i omgivningens lägsta punkt, vid mittersta byggnadens sydvästra hörn. Se teknisk beskrivning av nedsänkt grönyta i avsnitt 4.7.2. Avledning från taket kan även här ske via takvattenutkastare med tät avledning, t.ex. betongränna. Rännan bör vara minst 2,5 m och luta 5 % för att vattnet inte ska belasta husgrundsdräneringen.

Ett mindre slit- och erosionskänsligt alternativ till en nedsänkt gräsyta är att anlägga en nedsänkt lekyta som kan integreras i skolgården. Ytan täcks med exempelvis grus eller markplattor med genomsläppliga fogar och underbyggs med ett makadammagasin för renande effekt. Vatten kommer endast vara stående i ytan vid kraftiga eller väldigt långvariga regn, varför den kan samutnyttjas som lekyta, samlingsplats, amfiteater (Figur 19), basketplan eller liknande.



Figur 18. (t.v.) Upphöjd växtbädd längs en husvägg. (t.h.) Nedsänkt grönyta.



Figur 19. En nedsänkt yta på skolgård i Augustenborg, Malmö, fylls vid kraftiga regn och fördröjer dagvattnet som infiltrerar genom grusbotten. Ytan fungerar också som amfiteater, samlingsplats och vattenlekplats (Huddinge kommun, 2014).

4.3 Parkering

Parkeringar är sett till dagvattenkvalitet ofta högbelastande ytor. Skolans parkering bör anläggas med helt, eller delvis genomsläppliga ytor. Om endast delar av parkeringen anläggs med permeabel yta bör dessa ytor utgöra lågpunkter dit de hårdgjorda ytorna lutar. Under den genomsläppliga beläggningen anläggs ett makadammagasin som möjliggör rening av framför allt partikelbundna föroreningar genom sedimentation. För att uppnå högre avskiljningsgrad bör magasinets dränering vara placerad en bit ovanför dess bottenivå. Se teknisk beskrivning av genomsläpplig beläggning i avsnitt 4.7.3.

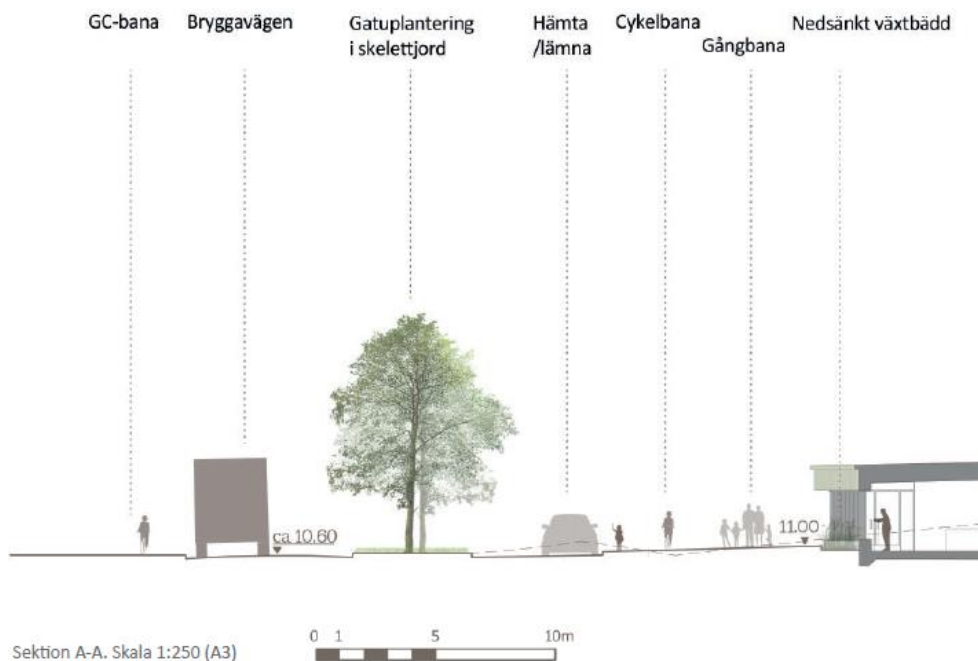
Figur 20 visar exempel på genomsläpplig beläggning som är lämplig för parkeringsytor med personbilar. Ett alternativ för skolan är att ha genomsläpplig beläggning på parkeringsplatserna, medan tillfartsvägarna byggs av konventionell asfalt. Alternativt anläggs hela parkeringen med genomsläpplig asfalt som även tål tyngre trafik.



Figur 20. Exempel på användning av genomsläppliga material på parkeringsytor. (a) Gräsarmering med betonghålsten, (b) gräsarmering med "Pelle-platta" [www.vegtech.se], (c) Marksten med glesa, genomsläppliga fogar, (d) Gräsarmeringsplattor [alltimark.se].

4.4 Väg och asfaltsytor

Utmed Bryggavägen kommer en del hårdgjorda gång- och körytor att anläggas för till exempel hämtning och lämning. Mellan dessa ytor och själva Bryggavägen planeras även trädplanteringar, vilket ger en ypperlig möjlighet att omhänderta dagvattnet i skelettjordar. Enligt ett preliminärt förslag till gatusektion utmed Bryggavägen finns gott om plats för grönska och trädplantering (Figur 21). I situationsplanen (Figur 12) har ett 30-tal träd schablonmässigt placerats ut längs med Bryggavägen. Det krävs i princip att alla dessa, totalt 28 träd, planteras i skelettjord för att omhänderta dagvattnet från skolans vägar, asfaltsytor och Bryggavägen.



Figur 21. Förslag till gatusektion för Bryggavägen intill planområdet (Gestaltningssprogram 2021-03-02).

Träden planteras i luftiga jordar av makadam med en avvägd mängd av biokol och kompost inblandad. Det är viktigt att inte blanda in för höga mängder kompostjord utifrån risk för näringsläckage. Se teknisk beskrivning av skelettjord i avsnitt 4.7.4 eller *Växtbäddar i Stockholms stad - en handbok 2017* (Stockholms stad, 2017) för vidare information om utformning.

Dagvattnet från omgivande ytor leds till trädens rotsystem exempelvis genom ytliga dagvattenrännor eller genom rännstensbrunnar. I skelettjorden (Figur 22) skapas en fördröjningsvolym för dagvattnet, där det samtidigt kan ske ett näringsupptag av trädrötterna.



Figur 22. Skelettjord på lokalgata i Norra Djurgårdsstaden, Stockholm.

Ett alternativ till skelettjordar är att anlägga färre träd i skelettjord och istället leda en del av dagvattnet från körytor till det magasin under parkeringens genomsläppliga beläggning.

Då både Bryggavägen och andra hårdgjorda ytor inom planområdet i framtiden kommer att omhändertas i lokala lösningar behövs troligen inte det befintliga vägdiket som löper på södra sidan Bryggavägen (se Figur 8, s.14). Det kan givetvis behållas helt eller delvis om det finns utrymme för detta i framtida ombyggnation för att fungera som en nödlösning för bräddande vatten vid kraftiga regn.

4.5 Gång- och cykelväg

För den gång- och cykelväg som leder från skolgården och söderut till Ekebyhovsallén kan ett svackdike, alternativt ett makadamdike, anläggas. Svackdiket består av en skålformad gräsyta som avleder dagvattnet (Figur 23). Diket kan förstärkas med dränering i botten för att förbättra reningsfunktionen. Det bedöms dock inte vara nödvändigt i detta fall då föroreningsbelastningen som når diket är liten. För att minska kostnaderna är det tillräckligt att anlägga ett svackdike på ena sidan GC-vägen, som därför bör luta svagt ned mot diket. Då GC-vägens sträckning lutar knappt 3 % bör svackdiket anläggas i sektioner med dämmen (Figur 23) för att förhindra höga vattenhastigheter (maximalt 1 m/s). Se teknisk beskrivning av svackdike i avsnitt 4.7.5.

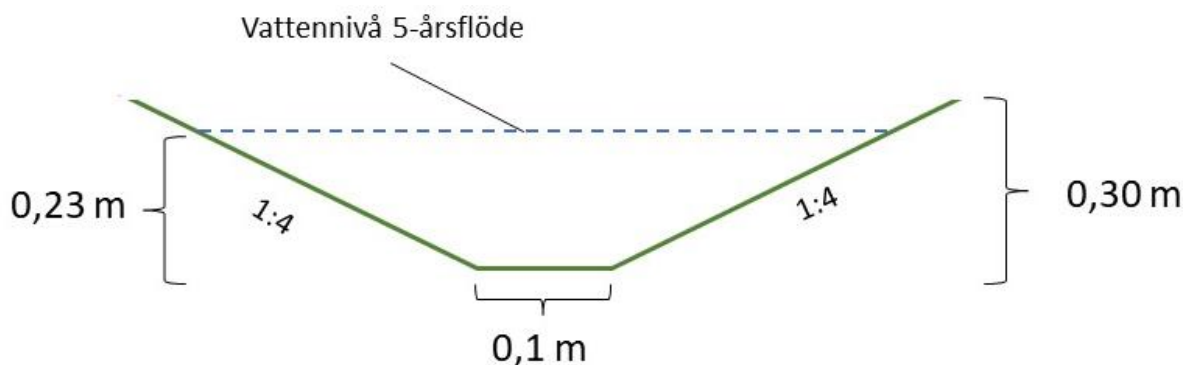


Figur 23. (T.v.) Svackdike mellan GC-väg och bilväg i Uppsala. (T.h.) Svackdike med erosionsskyddat inlopp i makadam och sektioner med dämmen.

Tillrinningen till svackdiket sker från cirka 1,48 hektar mark med en genomsnittlig avrinningskoefficient på 0,25 (tak, GC-väg och skogsmark utanför planområdet). Ett dimensionerande 5-årsflöde för diket motsvarar 289 l/s.

Med en lutning på svackdiket på 2,6 % (utifrån dagens topografi) och med antagandet att dikets hydrauliska motstånd motsvarar ett Mannings tal på $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (grävt dike med viss vegetation) kan en ungefärlig dikessektion beräknas med Mannings formel. Sektionen som visas i Figur 10 har potential att avleda ett dimensionerande 5-årsregn vid 0,23 m

vattendjup. Vid fyllt dike upp till 0,30 m kan ett 32-årsregn avledas. Dikets slutliga utformning bör dock specificeras i projekteringsstadiet.



Figur 24. Ungefärlig tvärsektion för svackdiket längs med GC-vägen i planområdets västra del.

4.6 Anslutning till befintligt dagvattennät

De dagvattenanläggningar som konstrueras närmast Bryggavägen (skelettjordan, genomsläpplig parkeringsyta och växtbäddar intill byggnadernas fasader) kan höjdmässigt anslutas till den befintliga dagvattenledningen utmed Bryggavägen. Viktigt att poängtera är att anslutning sker genom dränering i botten av anläggningarna, efter rening och fördröjning. Växtbäddarna måste förses med bräddavlopp som också ansluts till dagvattennätet. Föreslagna tappledningar för anslutning är markerade i Figur 15 och Bilaga 2.

Det avskärande diket bakom idrottshallen leds via svackdiket längs med GC-vägen söderut och ansluts till befintligt vägdike utmed med Ekebyhovsallén (Figur 7). Under den nedsänkta gräsyta/lekytan kan ett dräneringslager av makadam anläggas som också ansluts till svackdiket. Då enbart nedsänkningen av gräsyta/lekytan har dimensionerats för 20 mm i ett ytligt magasin, finns då även en buffertvolym i det porösa dräneringslagret. Vid kraftigare regn som överstiger ytans totala kapacitet kan ytan brädda naturligt och vattnet rinna söderut i terrängen till vägdiket utmed Ekebyhovsallén.

4.7 Tekniska beskrivningar av åtgärdsförslag

Nedan följer kortfattade tekniska beskrivning av de åtgärder som föreslås i avsnitt 4.2 till 4.5, samt en översikt av respektives anläggnings behov av skötsel och drift.

4.7.1 Växtbäddar

För att hantera dagvatten som alstras på de norra takytorna av idrottshallen och huvudbyggnaden rekommenderas upphöjda växtbäddar som placeras i anslutning till byggnaderna. Takvatten leds exempelvis till växtbäddarna genom utkastare med erosionsskydd.

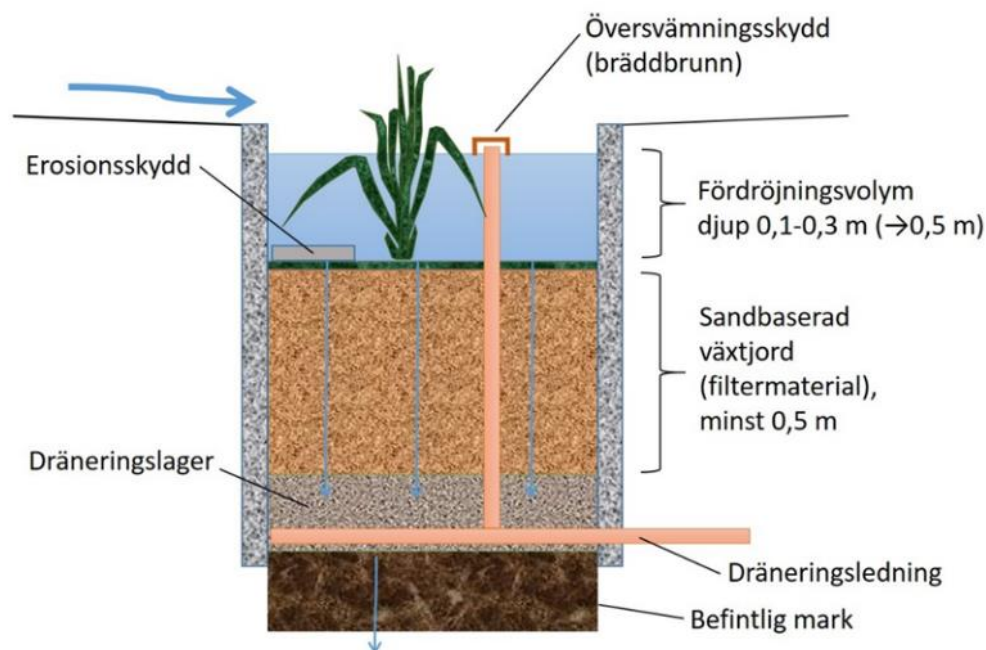
Växtbäddars utformning kan anpassas till platsspecifika förhållanden och önskat utseende, vilket innebär att de kan se väldigt olika ut. Följande beståndsdelar förekommer dock i de flesta anläggningar (i ordning av vattnets väg genom anläggningen); inlopp med erosionsskydd, fördröjningszon med bräddbrunn, filtermaterial och dräneringslager (Figur 25). Minsta anläggningsdjup för växtbäddar är cirka en meter. Om de anläggs

något upphöjda kring skolbyggnaderna, exempelvis 0,5m, kan avvattning och dränering då ligga cirka 0,5 m under mark.

Fördröjningszonen består av ett ytmagasin som oftast är 10–30 cm högt och gör att dagvatten tillfälligt kan bli stående i bädden innan det infiltrerar. Om fördröjningszonen fylls leds överskottsvattnet till dagvattennätet genom en bräddbrunn som anläggs i höjd med växtbäddens övre kant. Det är viktigt att anlägga bräddbrunnen på rätt nivå (se Figur 25), annars försvinner hela fördröjningsvolymen!

Under fördröjningsvolymen anläggs en filterzon av sandbaserad växtjord men en mindre andel lera. Organiskt material (till exempel kompost) kan tillföras i bäddens övre skikt för att förbättra den vattenhållande förmågan, till nytta för växtligheten. Det är viktigt att sandjorden har tillräcklig infiltrationskapacitet. Rekommenderad infiltrationskapacitet är cirka 100 (50–300) mm/h och filterdjupet bör vara minst 500 mm.

Växtbädden kan både ha en tät eller öppen botten beroende på föroreningsbelastning och/eller infiltrationskapaciteten i underliggande mark. I detta projekt kommer infiltration till underliggande mark vara begränsad på grund av lera. Oavsett val ska det anläggas ett dräneringslager i botten av bädden med en dräneringsledning omgiven av ett lager makadam (Figur 25).



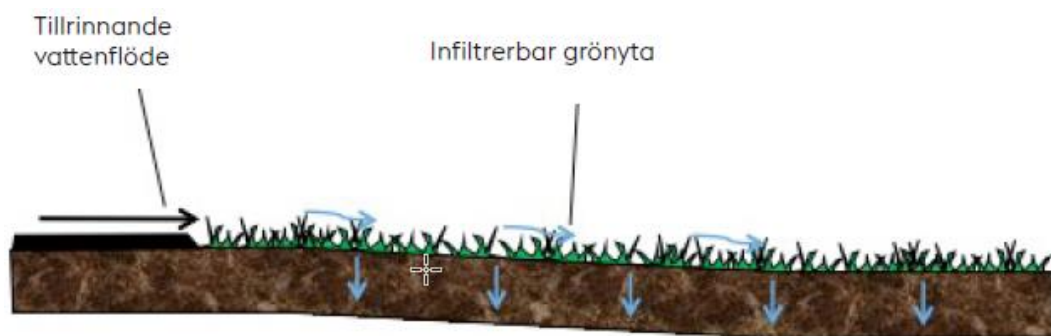
Figur 25. Principiell uppbyggnad av en växtbädd.

Under etablering av växtbädden krävs regelbunden bevattning. Kontroll av växtligheten etablering bör ske under de första ett till två åren. Löpande underhåll innefattar ogrärensning och växtskötsel samt inspektion och rensning av inlopp och bräddavlopp. Efter hand kommer filtermaterialets genomsläpplighet att minska. För att åtgärda detta behöver ytlagrets antingen luckras upp eller bytas ut. Den senare åtgärden minskar risken för att de föroreningar som bundits i ytan frisätts genom nedbrytning av organiskt material.

4.7.2 Infiltration i grönyta

Den infiltrerbara grönytan är tänkt att omhänderta dagvattnet från huvudbyggnadens södra tak. Det utformas lätt skålformad för att undvika att vatten rinner vidare söderut. För att motverka erosionsbildning bör lutningen på markytan inte överstiga 5 %. Om vattnet leds från exempelvis en takvattenutkastare bör ett tvärgående dike anläggas för att sprida ut dagvattnet på bred front över gräsytan. Gräsytan anläggs så att den utgör en lokal lågpunkt i landskapet dit vattnet leds och kan bli stående tillfälligt innan det infiltrerar ner genom marken (Figur 26).

Den viktigaste komponenten i grönytan, utöver höjdsättningen för att skapa fördröjningsvolymen, är den väl-dränerade överytan som besås med gräs. Här kan sand användas som huvudkomponent, likt växtbäddar, eller en markuppbbyggnad av sten (90 %) och kompost (10 %), så kallad *schotterrasen*. Ytan får därigenom en hög infiltrationskapacitet. Under överytan bör det finnas ett lager sorterat, grovkornigt material för att säkerställa god dränering.



Figur 26. Principskiss för infiltration i en vanlig grönyta. Vattnet leds till ytan på bred front. Infiltrationsförmågan kan förstärkas om sand blandas in i det jordlager som ligger närmast gräsytan. Ytan kan också göras skålformad.

Bevuxna grönytor är relativt enkla att underhålla. Det är viktigt att etablera önskad växtlighet snarast för att motverka erosionsskador och ogräs. Därefter innefattar underhållet av gräsklippning och rensning av skräp och löv. Genomsläppligheten kan minska något med tiden och bör därför återställas genom att luckra upp ytlagret eller ta bort det helt.

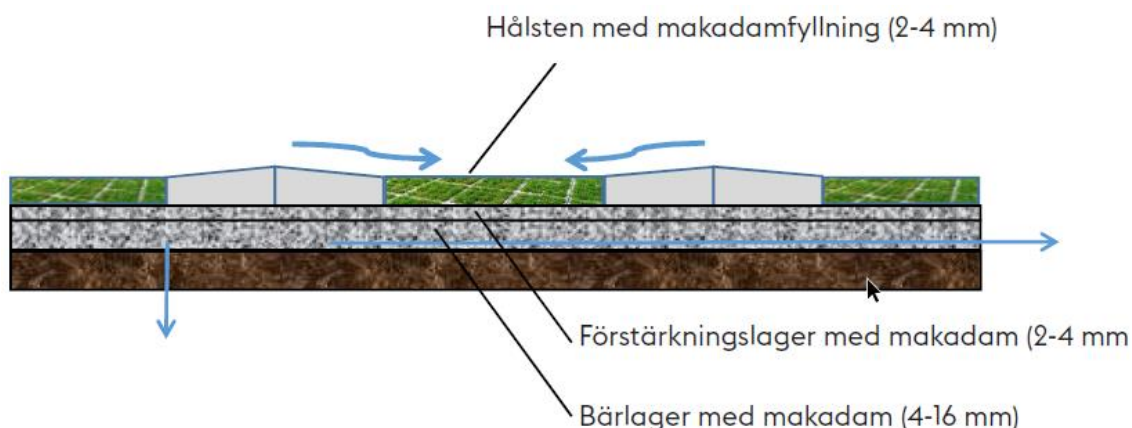
4.7.3 Genomsläpplig beläggning

Det finns flera olika slags genomsläppliga beläggningar som kan användas som alternativ till skolans parkering: grus, hålstensbeläggning, beläggningar med genomsläppliga fogar och genomsläpplig asfalt är några exempel. Utformningen måste anpassas efter platsens förutsättningar och tänkt användning. Exempelvis betonghålsten tål inte belastning från tyngre fordon om de anläggs på sättsand utan nollfraktion.

För att parkeringsytan ska tåla belastningen från motorfordon krävs en konstruktion med ett bärlager i botten, som förslagsvis kompletteras med ett förstärkningslager. Bärlager och förstärkningslager får inte innehålla nollfraktion för att upprätthålla en god porositet. Bärlagret kan exempelvis bestå av makadam 4–16 mm och förstärkningslagret av makadam 2–4 mm (Figur 27) som trycks samman för att minska risken för förskjutningar. Dessa makadamlager utgör därmed det magasin som krävs för att fördröja 20 mm avrinning.

I konstruktionens botten installeras dräneringsrör som ansluts till dagvattennätet. Anslutningen sker lämpligen via en brunn med flödesstrykning för att säkerställa en trög dränering som ökar föroreningsavskiljningen i konstruktionen. Ovanpåliggande beläggning i detta fall skulle kunna vara genomsläpplig asfalt eller marksten med genomsläppliga fogar (se Figur 20c).

Vald beläggning styr också drift och skötselbehovet. Exempelvis kan en behöva klippa gräs, rensa ogräs, högtryckstvätta och vakuumsuga eller byta igensatt fogmaterial. Vid rengöring med högtrycksspolning är det viktigt att samla upp eventuella föroreningar som frigörs. Vintertid bör sandning ske med fraktion som ej innehåller nollfraktion. Rekommenderad sandfraktion är 4–8 mm för att inte sätta igen ytan. Salt bör undvikas då det kan leda till igenslamning.



Figur 27. Principskiss för genomsläpplig beläggning. Ytan byggs upp med ett bärlager av grov makadam i botten, eventuellt överlagrat av ett förstärkningslager och slutligen vald beläggning, i detta fall gräsarmerande betonghålsten.

4.7.4 Skelettjord

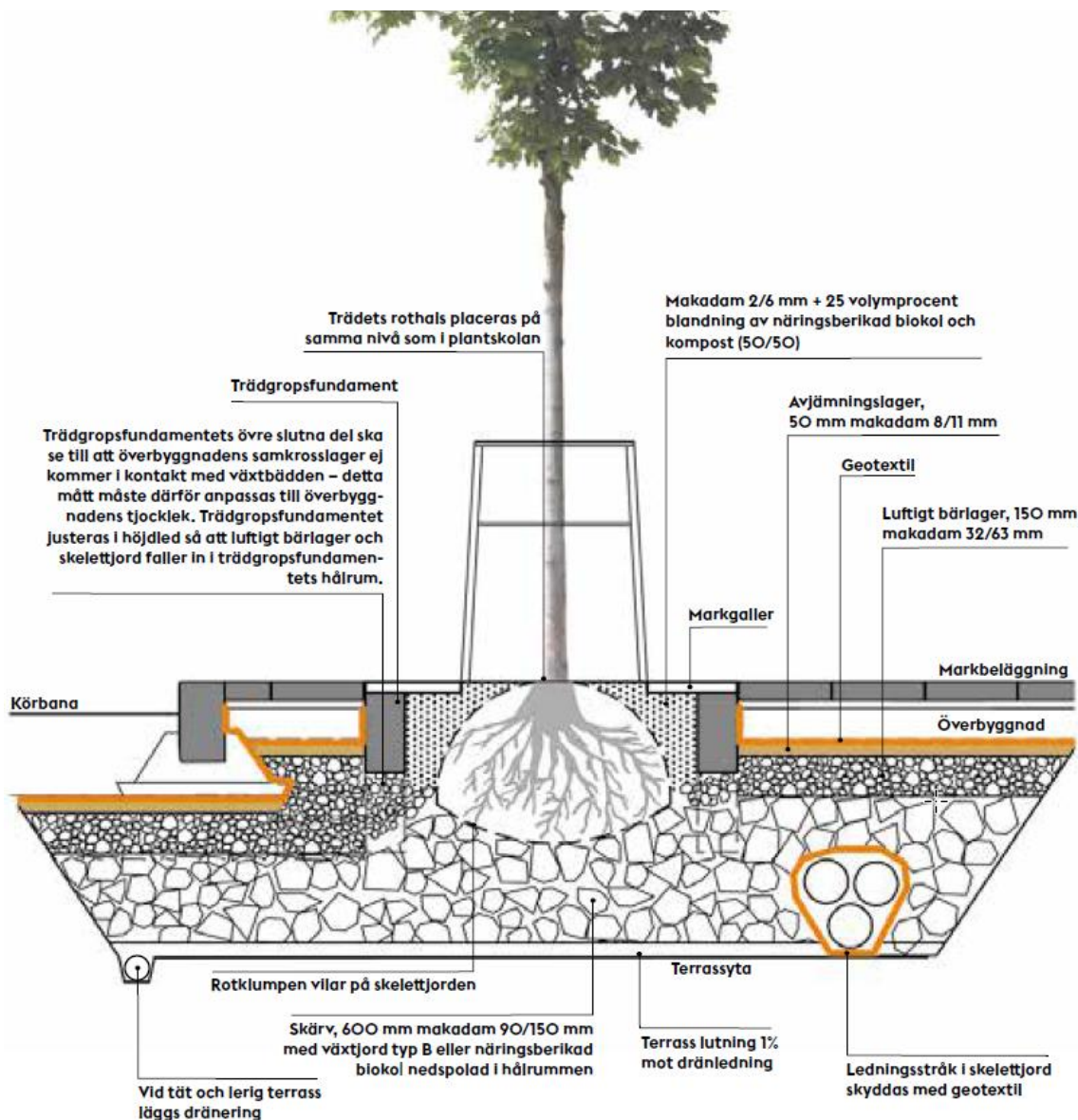
Att plantera träd i stadsmiljö i skelettjord ger flera fördelar. Förutom att fördröja och rena dagvatten bidrar de även med näringsstillförsel och vitalitet till träden. Ofta har träd i stadsmiljö ett för litet markutrymme för att utvecklas naturligt. Med så kallad skelettjord skapas en extra tillväxtzon för rotsystemen. Träden längsmed Bryggavägen bör anläggas i skelettjord. På så vis kan de omhänderta dagvatten både från hårdgjorda ytor inom planområdet, men även från Bryggavägen.

När trädet ska planteras fylls en utschaktad grop med grov makadam (100–150 mm skärv) i vilket kompostjord vattnas ned i hålrummen. I Stockholm stad är det standard att även blanda i biokol tillsammans med jorden för ökad rening. I skärslagret läggs cirka 15 volymprocent kompost och biokol (50/50). Detta överlagras sedan med ett cirka 20 cm tjockt luftigt bärlager (makadam 32–64 mm). Närmast rotklumpen kan även ett finare makadamlager (2–6 mm) med ungefär 25 volymprocent biokol och kompost (50/50) anläggas (Figur 28). Andelen kompostjord bör vara väl avvägd för att inte förorsaka näringsläckage. Se *Växtbäddar i Stockholms stad - en handbok 2017* (Stockholms stad, 2017) för ytterligare utförliga beskrivningar av skelettjordars utformning.

Dagvatten som alstras på omkringliggande ytor kan ledas till skelettjordarna via rännstensbrunnar med sandfång och dräneringsledningar, alternativt via kombinerade luftnings- och dagvattenbrunnar. Strax ovanför skelettjordens botten anläggs en dräneringsledning. På så sätt skapas ett sedimentationsmagasin för ytterligare

föroreningsavskiljning. En normalstor skelettjord med porositet på 30 % har förmågan att fördröja cirka 5 m³ dagvatten per träd.

Efter anläggning är skelettjor dar relativt underhållsfria. Dock krävs regelbunden rensning av brunnar så att tillförsel av både vatten och syre kan upprätthållas (gäller där skelettjor dar ligger under tät beläggning). Om föroreningsbelastningen är hög (t.ex. om dagvatten omhändertas från tungt trafikerade vägar) kan skelettjor den behöva bytas ut med jämna mellanrum då sedimenterade partiklar kan sätta igen porer och minska infiltrationskapaciteten

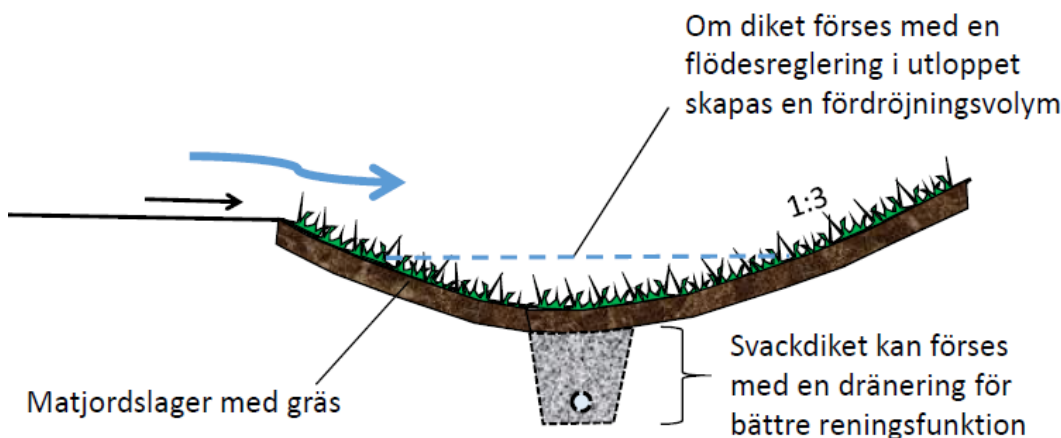


Figur 28. Principskiss för en skelettjord (Stockholms stad, 2017).

4.7.5 Svackdike

Ett svackdike, som är enkel i sin konstruktion, är lämplig att anlägga utmed GC-vägen. Det är ett skålformat dike med svagt sluttande, gräsbevuxna kanter (Figur 29) som etableras på naturmark i nivå under GC-vägen. Svackdiket bidrar till en trög, renande avledning av dagvattnet. Dikets flödesutjämnande funktion kan förstärkas med dämmen som byggs i sektioner och eventuellt ett strypt utlopp. Svackdiket bör i vart fall anläggas

med dämmen i detta fall på grund av markens fall (cirka 4 %). Dess renande funktion kan också öka om ett dränerande makadamlager anläggs under diket. Detta behövs emellertid inte här då dagvattnet bedöms vara relativt ”rent”. Under vintertid kan svackdiken med fördel utnyttjas som lagringsyta för bortplogad snö.



Figur 29. En principskiss för ett svackdike som etableras på naturmark i nivå under ytan som ska avvattnas.

Vid nyanläggning bör diket snarast besås med snabbväxande gräs, som ger skydd mot erosion och ogräs. Därefter är anläggningen relativt lättskött. Underhåll inkluderar gräsklippning, renhållning och rensning av eventuellt sediment på dikesbotten. Sedimentrensningen minskar risken för att föroreningar ska spolas bort eller frisättas genom nedbrytning av organiskt material. In- och utlopp bör kontrolleras regelbundet.

4.8 Översiktlig dimensionering

I detta avsnitt har föreslagna åtgärder (se Figur 15) dimensionerats översiktligt (Tabell 10). Dimensioneringen har utgått från de riktlinjer för kvartersmark och parkeringsytor som har tagits fram för Stockholm stad (Stockholm Vatten, 2017b). Det innebär att 20 mm nederbörd från hårdgjorda ytor omhändertas i renande och filtrerande dagvattenanläggningar som dimensioneras utifrån ett 2-årsregn, i enlighet med Ekerö kommuns checklista.

Tabell 10. En översiktlig dimensionering av föreslagna dagvattenåtgärder för att omhänderta 20 mm avrinning från hårdgjorda ytor inom planområdet. Ytbehov anges i dagvattenåtgärdens ytprocent i förhållande till den hårdgjorda yta den avvattnar.

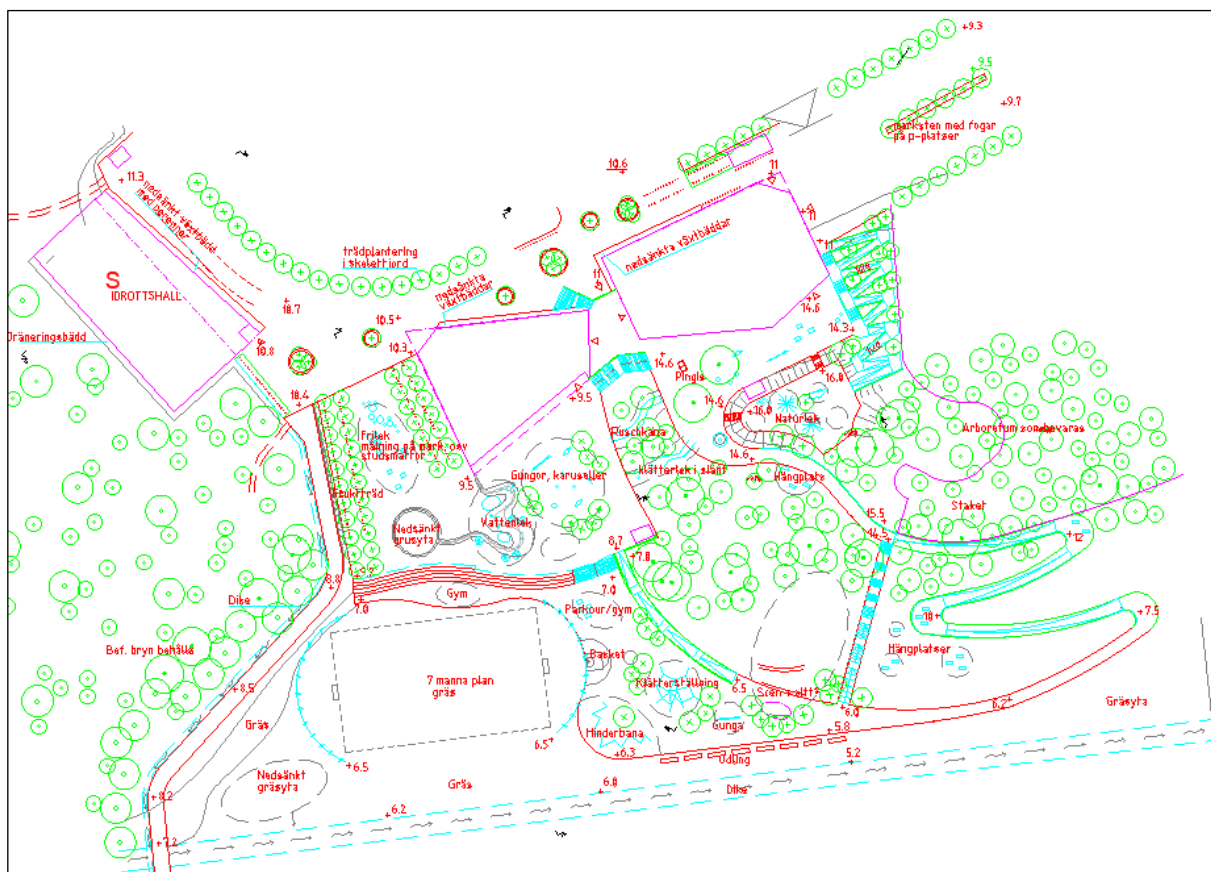
Yta som avvattnas	A _{red} [m ²]	Dagvattenåtgärd	Ytbehov	Dimensionering
Tak idrottshall	570	Norr sidan: växtbäddar	5 %	1 st. bädd à 24 x 1,2 m Fördröjningsvolym = 150 mm Filterdjup = 500 mm med porositet 0,3 och infiltrationskapacitet 100 mm/h
	570	Södra sidan: avskärande dike	14 %	Gräsbeklätt dike, 80 m långt 1 m brett (mottar även en del naturvatten från skogsslänten)
Tak mittersta skolbyggnaden (norra taket)	700	Växtbäddar	5 %	1st. bädd à 29 x 1,2 m Fördröjningsvolym = 150 mm Filterdjup = 500 mm med porositet 0,3 och infiltrationskapacitet 100 mm/h
Tak östra skolbyggnaden (norra taket)	890	Växtbäddar	5 %	1st. bädd à 37 x 1,2 m Fördröjningsvolym = 150 mm Filterdjup = 500 mm med porositet 0,3 och infiltrationskapacitet 100 mm/h
Tak båda skolbyggnaderna (södra taken)	1 600	Nedsänkt grönyta med tvärgående spridningsdike	25 %	Yta = 400 m ² Fördröjningsvolym (medeldjup nedsänkning) = 60 mm Filterdjup = 200 mm med porositet 0,15 och infiltrationskapacitet 100 mm/h
Parkeringsplats	930	Genomsläpplig beläggning med underliggande makadammagasin	70 %	70 % av parkeringsytan (drygt 650 m ²) anläggs med genomsläpplig beläggning Underliggande makadammagasin = 100 mm med porositet 0,3, bestående av förstärkningslager (2–4 mm makadam) och bärlager (4–16 mm makadam)
Infartsväg och asfaltytor framför skolbyggnader	1 000	Skelettjord	6 %	Minst 4 träd anläggs med skelettjord. Filterdjup (för fyllnad av makadam, kompost, biokol) = 1000 mm Porositet = 0,3 Yta per träd = 15 m ²
Bryggavägen	3 700	Skelettjord	6 %	Minst 15 träd anläggs med skelettjord. Filterdjup (för fyllnad av makadam, kompost, biokol) = 1000 mm Porositet = 0,3 Yta per träd = 15 m ²
GC-väg (inkl. avrinning från skogsslänt och avskärande dike bakom idrottshall)	3 700	Svackdike	14 %	Längd = 174 m Lutning 2,6 % Bottenbredd = 0,1 m Total bredd = 2,5 m Släntlutning = 1:4 (se Figur 24)
Ytor för lek och lärande på olika delar av skolgården	-	Regntunnor, vattenrännor, "dammar", manuella vattenpumpar osv.	-	Utformas och designas vid projektering. Bör tas med av exempelvis arkitekt och/eller landskapsarkitekt.

4.9 Dagvattenåtgärder i planförslaget (landskap)

Utifrån denna utrednings tidigare granskningsversion har dagvattenåtgärder inarbetats i planförslaget utformat av landskapsarkitektfirman Nivå landskapsarkitektur (Figur 30). I stort sätt har de föreslagna åtgärderna antagits, för vissa har mindre justeringar gjorts.

- Upphöjda växtbäddar har placerats på byggnadernas framsida för att omhänderta dagvatten från taken.
- Bakom idrottshallen anläggs en dräneringsbädd. Vårt förslag är fortfarande ett avskärande gräsbeklätt öppet dike och även tar emot naturvattnet från skogsslätten.
- Söder om huvudbyggnaden planeras en nedsänkt grusyta som föregås av ”vattenlek” (ett slingrande öppet dike).
- Träd längs med Bryggavägen planeras med skelettjord.
- Parkeringsplatser i öster beläggs med marksten med genomsläppliga fogar.
- Ett dike anläggs utmed GC-vägen.

Dessutom har det tillkommit en nedsänkt gräsyta i områdets sydvästra del, som kan avvattas till diket som löper parallellt med Ekebyhovsallén.



Figur 30. Planförslag (landskap) för Bryggavägen daterad 2020-06-22 med dagvattenåtgärder inarbetade (Nivå Landskapsarkitektur).

5 Effekter av föreslagen dagvattenhantering

Utifrån att föreslagna åtgärder implementeras enligt kapitel 4 kan det förväntas en robust och långsiktigt hållbar dagvattenhantering inom planområdet med långtgående rening av alla sorters föroreningar. Ett omhändertagande av 20 mm nederbörd från hårdgjorda ytor under ett 2-årsregn innebär också ett välbalanserat system där stora volymer dagvatten fördröjs, samtidigt som anläggningarna inte överdimensioneras och blir kostandsineffektiva. Trots att detaljplanen innebär exploatering av naturmark minskar det dimensionerande flödet och även föroreningsbelastningen för alla ämnen med undantag för PAH:er. Se diskussion i avsnitt 5.3.

5.1 Skyfall

Det är viktigt att inte skapa instängda områden som kan medföra översvämningar och skador på byggnader vid större regn. Detta görs främst genom höjdsättning av markytan. Marken bör luta bort från byggnaderna och ut mot de delar av skolgården som inte är hårdgjorda och mot parkytorna. Planområdet är väl höjdsatt utifrån naturlig topografi för att undvika översvämningssrisker på byggnader och viktig infrastruktur.

Föreslagna nedsänkta ytor kan också användas för utjämning av större regn. Viktigt är då att de anläggs med en bräddmöjlighet samt att höjdsättningen av marken runt om medför att vattnet kan avrinna yttledes mot ytor som inte är känsliga för översvämning och kan inhysa tidvis stående vatten. Genom att ha ett dagvattensystem som i första hand är öppet, med öppna dagvattenanläggningar och öppna avledningsstråk, skapas ett större utrymme för utjämning av stora nederbördstillfällen än med anläggningar och ledningsnät som är förlagda under mark.

5.2 Dimensionerande flöde, utjämning och magasinering

Med omhändertagande av 20 mm avrinning innebär det att ett dimensionerande 2-årsregn får en varaktighet på 167 min⁵. Vid denna varaktighet har det dimensionerande regnets intensitet sjunkit så pass att det dimensionerande flödet för planområdet blir 67 l/s (inkl. klimatfaktor 1,25), vilket är 29 % lägre än det dimensionerande flödet för nuvarande situation på 94 l/s (exkl. klimatfaktor), se Tabell 4 och Tabell 5.

Totalt utjämnas och magasineras 454 m³ dagvatten från hårdgjorda ytor i områdets föreslagna dagvattenanläggningar, se Tabell 8 och Tabell 9.

5.3 Föroreningsbelastning

Utifrån internt arbetsmaterial samt data från Stormtac (2021) har den förväntade föroreningsbelastningen efter exploatering med föreslagna åtgärder uppskattats (Tabell 11 och Tabell 12). Avskiljningsgrader presenteras som intervall för de anläggningar som föreslås i utredningen. Den norra delen av planområdet som avrinner mot Bryggavägen har en högre exploateringsgrad men det föreslås även mer filtrerande och långtgående reningstekniker som växtbäddar och skelettjordar. Därför är reningsschablonerna för det norra området (Tabell 11) högre än för det södra området (Tabell 12) som exploateras i

⁵ För ett dimensionerande 2-årsregn faller 20 mm nederbörd under 150 min. Den dimensionerande varaktigheten blir då uppfyllnadstiden för anläggningarna (150 min) + rinntiden (17 min) = 167 min.

mindre grad och där avskiljning av föroreningar istället sker i svackdiken och nedsänkta gräsytor.

Ur belastningssynpunkt är det viktigast att de anläggningar som mottar dagvatten från högbelastande ytor som infartsvägar och parkeringsytor är väl dimensionerande. I detta fall innebär det genomsläpplig beläggning med makadammagasin och skelettjordar, vilka också generellt har något högre reningsgrader än exempelvis svackdike och nedsänkta grönytor. Därför kan Tabell 11 och Tabell 12 ses som en försiktig beräkning som ändå visar att med föroreningsbelastningen av både näringsämnen, tungmetaller, partiklar och olja förväntas minska eller i alla fall inte öka (inom ett visst osäkerhetsintervall).

Två ämnen ligger lite högre inom osäkerhetsintervallet; kadmium (total belastning går från 2,0 idag till 1,4–2,8 g/år med framtida åtgärdsförslag) och PAH:er (2,5 till 1,9–3,2 g/år). Data är dock bristfälliga, framför allt för PAH:er. Det är inte heller ett oväntat resultat då exploatering av naturmark innebär en ökning av antropogena föroreningar från väldigt låga mängder. Resultaten ligger dock inom osäkerhetsintervallet att det inte går att konstatera att föroreningsmängderna varken skulle öka eller minska.

Det kan heller inte anses vara rimligt att anlägga seriekopplade anläggningar⁶ eller dyra, tekniska och driftintensiva anläggningar som skulle krävas för att få ner föroreningsbelastningen ytterligare. Inter heller kan dagvattnet infiltrera till och perkolera ner till grundvattnet på grund av underliggande marklager av lera.

För TBT och PFOS finns ingen data tillgänglig gällande avskiljning i dagvattenanläggningar.

Tabell 11. Schablonmässigt beräknad avskiljning av föroreningar i föreslagna anläggningar för norra delområdet som rinner mot Bryggavägen. Avskiljningsgrader anges med ett intervall, då det skiljer sig något mellan de olika anläggningarna (skelettjord, genomsläpplig beläggning, växtbädd osv.). Grå text markerar högst osäkra data eller där data saknas.

Norra delområdet Parameter		Nuvarande belastning	Avskiljning (%)	Framtida belastning med åtgärdsförslag	Förändring (%)	
P	[kg/år]	0,57	55 – 65 %	0,38 – 0,49	-13 %	-32 %
N	[kg/år]	9,1	40 – 75 %	3,5 – 8	-8 %	-62 %
Pb	[g/år]	33	70 – 80 %	13 – 19	-43 %	-62 %
Cu	[g/år]	88	65 – 75 %	45 – 63	-28 %	-49 %
Zn	[g/år]	240	80 – 95 %	22 – 90	-63 %	-91 %
Cd	[g/år]	0,97	65 – 85 %	0,51 – 1,2	+23 %	-47 %
Cr	[g/år]	27	55 – 70 %	17 – 25	-7 %	-38 %
Ni	[g/år]	21	65 – 75 %	11 – 16	-25 %	-46 %
SS	[kg/år]	320	80 – 90 %	42 – 82	-74 %	-87 %
Olja	[kg/år]	2,6	70 – 85 %	0,7 – 1,4	-46 %	-73 %
PAH	[g/år]	2,0	75 – 85 %	0,8 – 1,3	-34 %	-60 %
TBT	[g/år]	0,0068	I.u.	I.u.	-	-
PFOS		I.u.	I.u.	I.u.	-	-

⁶ Det är inte säkert att seriekopplade anläggningar skulle kunna reducera kadmium- och PAH-halterna tillräckligt ändå på grund av så kallad *irreducible concentration*. Under en viss halt går det inte att avskilja mer av föroreningen på grund av dess utspädning.

Tabell 12. Schablonmässigt beräknad avskiljning av föroreningar i föreslagna anläggningar för södra delområdet som rinner mot Björkuddsvägen. Avskiljningsgrader anges med ett intervall, då det skiljer sig något mellan de olika anläggningarna (skelettjord, genomsläpplig beläggning, växtbädd osv.). Grå text markerar högst osäkra data eller där data saknas.

Södra delområdet		Nuvarande belastning	Avskiljning (%)	Framtida belastning med åtgärdsförslag	Förändring (%)	
Parameter						
P	[kg/år]	0,73	10 – 35 %	0,64 – 0,82	+21 %	-13 %
N	[kg/år]	15	25 – 35 %	10 – 12	-20 %	-31 %
Pb	[g/år]	27	40 – 65 %	10 – 17	-36 %	-62 %
Cu	[g/år]	91	30 – 50 %	80 – 110	+23 %	-12 %
Zn	[g/år]	110	30 – 65 %	74 – 150	+34 %	-33 %
Cd	[g/år]	1,0	40 – 65 %	0,9 – 1,6	+56 %	-9 %
Cr	[g/år]	26	40 – 50 %	24 – 29	+11 %	-8 %
Ni	[g/år]	18	30 – 50 %	16 – 22	+24 %	-11 %
SS	[kg/år]	360	50 – 70 %	63 – 110	-71 %	-83 %
Olja	[kg/år]	2,6	75 – 85 %	0,7 – 1,2	-54 %	-72 %
PAH	[g/år]	0,52	30 – 60 %	1,1 – 1,9	+263 %	+108 %
TBT	[g/år]	0,0095	I.u.	I.u.	-	-
PFOS		-	I.u.	I.u.	-	-

5.4 Ytvattenrecipient

Ytvattenrecipienten når idag inte god ekologisk eller kemisk status. De dagvattenrelaterade ämnen som gör att god status inte nås är bly, koppar och antracen. Gällande bly och koppar förväntas föroreningsbelastningen att minska efter exploatering med genomförda dagvattenreningsåtgärder. För antracen finns inga data för att beräkna detta men ämnet ingår i gruppen PAH:er som enligt beräkningar skulle kunna förändras med -0,6 g/år till +0,7 g/år.

Det bör poängteras att en ökning av mängden PAH inte automatiskt innebär en ökning av antracen. PAH, eller PAH₁₆, är summan av 16 utvalda enskilda polycykliska aromatiska kolväten, varav antracen är en utav de sexton. Det saknas alltså information och data i detta fall för att kunna göra en fullgod bedömning påverkan på recipient. Därför har resonemanget om omhändertagande av 20 mm avrinning från hårdgjorda ytor inom planområdet och rening av dessa i filtrerande anläggningar anammats. Denna är princip som bedöms som pragmatisk och tillräcklig åtgärd ur miljösynpunkt, vilket bland annat kan ses i det underlag som har tagits fram till Stockholms stads åtgärdsnivå om 20 mm (Stockholm Vatten och Avfall, 2018).

6 Kostnadsbedömning

Med internt arbetsmaterial och data från Stormtac (2021) har en översiktlig kostnadsbedömning gjorts för de föreslagna dagvattenåtgärderna. Den enskilt största kostnaden beräknas vara plantering av träd i skelettjord, knappt 0,7 Mkr i merkostnad för 19 träd, men också den åtgärd som skulle omhändertä störst andel av dagvattnet (95 m³).

Totalt bedöms åtgärderna kosta mellan cirka 1,2 och 1,4 Mkr (Tabell 13). Flertalet av åtgärderna kan förutom dagvattenhantering även bidra med gestaltning, grönska och pedagogik (växtbäddar, skelettjord, svackdike, nedsänkt grönyta), samt att de i många fall föreslås på platser redan utpekade som ytor för träd, planteringar eller grönytor.

Tabell 13. Uppskattade kostnader för de föreslagna dagvattenåtgärderna inom planområdet.

Dagvatten-anläggning	Plats	Kostnad per enhet ^a	Behov	Uppskattad kostnad (kkr)
Anläggningar för lek & lärande (små dammar, regntunnor och rännor)	Skolgården	-	-	-
Växtbäddar ^b	Framsida av skolbyggnader + idrottshall	3 500 – 7 000 kr/m ³	43 m ³	150 – 300
Avskärande dike	Bakom idrottshall	250 kr/m	80 m	20
Infiltration i grönyta ^c	Baksida av skolbyggnad	450 kr/m ²	400 m ²	180
Genomsläpplig beläggning ^d	Parkering	90 – 120 kr/m ²	650 m ²	60 – 80
Underjordiskt makadammagasin	Parkering	3 000 – 6 000 kr/m ³	19 m ³	60 – 110
Svackdike ^e	Längs med GC-väg	250 kr/m	174 m	44
Skelettjord ^f	Längs med Bryggavägen	35 000 kr/träd	19 träd (95 m ³)	670
Totalt				1 200 – 1 400

^a Enheten är m³ betyder m³ dagvatten. Enheterna m² och m anger yta respektive längd av anläggning.

^b Den lägre kostnaden avser upphöjda växtbäddar, den högre kostanden nedsänkta växtbäddar.

^c Här antas en kostnad som motsvarar det lägre spannet av anläggandet av en torr damm.

^d Kostnaderna varierar med typen av beläggning. Gräsarmering är kostsamma. Grusbeläggningar kostar exempelvis mindre än beläggningar med plattor. Siffran anger kostnad för genomsläpplig asfalt som är 45 mm tjock.

^e Här antas samma anläggningskostnad som ett gräsbeklätt dike eftersom svackdiket anläggs utan underliggande makadamdränering.

^f Kostanden för att plantera träd i skelettjord är cirka 60 000 kr/träd, medan konventionell trädplantering i stadsmiljö vanligtvis ligger kring 25 000 kr/träd. Merkostnaden blir då 35 000 kr/träd.

7 Slutsatser

- Planområdets recipient är Fiskarfjärden (Mälaren), som idag har måttlig ekologisk status på grund av överskridande halter av koppar och PCB. Fiskarfjärden uppnår heller inte god kemisk status på grund av PFOS, TBT, antracen och bly.
- Inga instängda områden eller ytor med översvänningsrisker har identifierats från ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25.
- Även om detaljplanens exploateringsgrad är relativt låg ställs höga krav på dagvattenhanteringen då det till stor del är naturmark som exploateras. Det dimensionerande flödet och föroreningsbelastningen bör inte öka efter exploatering. För att möta dessa krav är Ekerö kommuns riktlinje om omhändertagande av 20 mm

avrinning från hårdgjorda ytor är en långtgående och pragmatisk grund för områdets dagvattensystem.

- I och med områdets begränsade infiltrationsmöjligheter så kommer dagvattnet behöva omhändertas i nedsänkta ytor och diken, samt i porösa matjords- och makadamlager. Föreslagen hantering innefattar att:
 - Dagvatten synliggörs i landskapet och runt skolans öppna ytor för lek och lärande, exempelvis med regntunnor, och rännor och små ”dammar” i markbeläggningen.
 - Dagvatten från idrottshallens norra tak leds till upphöjda växtbäddar längs med byggnadens fasad. Takvatten från södra taket, samt från kringliggande skogsmark, leds till ett gräsbeklätt dike bakom byggnaden.
 - Dagvatten från de två skolbyggnadernas norra tak leds till upphöjda växtbäddar på framsidan. I söder leds det till en nedsänkt gräsyta, alternativt till en nedsänkt lekyta med genomsläppliga fogar och underliggande makadammagasin.
 - Parkeringsytor anläggs med genomsläpplig beläggning med underliggande makadammagasin.
 - Dagvatten från infartsvägar, hårdgjorda ytor mellan skolbyggnader och Bryggavägen leds till träd planterade i skelettjord längs med Bryggavägen.
 - Ett svackdike anläggs längs med GC-vägens västra del. Troligen behöver svackdiket anläggas i sektioner på grund av markens lutning.
- Med ovan nämnda åtgärder kan områdets dimensionerande flöde minska från nuvarande 94 l/s till 67 l/s, med klimatfaktor inkluderad.
- Med omhändertagande av 20 mm nederbörd och väl dimensionerade och utformade dagvattenanläggningar kan föroreningsbelastningen av näringsämnen, tungmetaller (inklusive bly och koppar), partiklar och olja minska, undantaget kadmium och PAH:er. För dessa ämnen är går det inte med säkerhet att säkerställa varken om de skulle minska eller öka på grund av osäkerhetsintervallen i data och beräkningar.
- För antracen, TBT och PFOS saknas dataunderlag för att kunna bedöma dess föroreningstransport med dagvattnet. Troligen är den diffusa spridningen av TBT och PFOS i dagvatten dock liten då dess huvudsakliga källor är båtbottnfärg (TBT) och brandskyddsmedel (PFOS).
- Det kan därför inte förväntas att planen med föreslagna dagvattenåtgärder medverkar till att försvåra för recipienten att uppnå miljö kvalitetsnormer eller försämra enskilda kvalitetsfaktorer som ligger till grund för statusbedömning.

Referenser

- AFRY, 2021. Översiktlig miljöteknisk undersökning av del av fastigheten Ekebyhov 1:1, Ekerö kommun.
- BOVIN, K., VIKBERG, E., och MORÉN, I., 2015. *Tätande jordlager – en kunskapssammanställning*. Uppsala: SGU, Nr. 2015:32.
- ENIRO, 2021. Kartor, vägbeskrivningar, flygfoton, sjökort & mycket mer [internet]. (c) *Lantmäteriet*. Tillgängligt: <https://kartor.eniro.se> [Hämtad 2021-6-8].
- HAV, 2016. *Följder av Weserdomen - Analys av rättsläget med sammanställning av domar*. Göteborg: Juridiska enheten, Nr. 2016:30.
- HEDENVINDS PROJEKT AB, 2019. *Del av Ekebyhov 1:1, Ekerö kommun. Översiktlig miljöteknisk undersökning*.
- HUDDINGE KOMMUN, 2014. *Ta hand om dagvattnet - Råd vid planering och byggande av flerbostadshus*. Huddinge: Miljö- och samhällsbyggnadsförvaltningen.
- LANTMÄTERIET, 2019. Kartsök och ortnamn [internet]. Tillgängligt: <https://kso.etjanster.lantmateriet.se/> [Hämtad 2019-3-21].
- LARM, T. och PIRARD, J., 2010. *Utredning av föroreningsinnehållet i Stockholms dagvatten*. Stockholm: SWECO Environment AB.
- LYNGFELT, S., 1981. *Dimensionering av dagvattensystem - Rationella metoden*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola, Rapport Nr. 56.
- LÄNSSTYRELSEN, 2021a. VISS - Vatteninformationssystem Sverige [internet]. Tillgängligt: <http://viss.lansstyrelsen.se> [Hämtad 2021-6-8].
- LÄNSSTYRELSEN, 2021b. Vattenkartan [internet]. *Visualiseringar av data från VISS*. Tillgängligt: <https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=1589fd5a099a4e309035beb900d12399> [Hämtad 2021-6-8].
- SCALGO, 2021. SCALGO Live [internet]. Tillgängligt: <https://scalgo.com/live/> [Hämtad 2021-6-8].
- SGU, 2021. SGU:s Kartvisare [internet]. *Jordartskartan skala 1:1250*. Tillgängligt: <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-25-100.html> [Hämtad 2021-6-8].
- SGU Jorddjupskarta [internet], 2021. Tillgängligt: <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jorddjup.html?zoom=668138.6015975618,6548972.248586705,691798.6489176565,6560886.272414753>.
- SMHI, 2019. LuftWebb [internet]. Tillgängligt: <http://luftwebb.smhi.se/> [Hämtad 2017-3-26].
- SMHI, 2021. Vattenwebb - Modelldata per område [internet]. Tillgängligt: <http://vattenwebb.smhi.se/modelarea/> [Hämtad 2021-6-8].
- STOCKHOLM VATTEN, 2017a. Hållbar dagvattenhantering i Stockholms stad [internet]. Tillgängligt: <https://www.stockholmvattenochavfall.se/dagvatten/> [Hämtad 2019-5-3].
- STOCKHOLM VATTEN, 2017b. Riktlinjer för kvartersmark [internet]. *Hållbar dagvattenhantering i Stockholms stad*. Tillgängligt: <https://www.stockholmvattenochavfall.se/dagvatten/vagledningar/rad-och-anvisningar/riktlinjer/> [Hämtad 2019-5-11].
- STOCKHOLM VATTEN OCH AVFALL, 2018. Hållbar dagvattenhantering i Stockholms stad [internet]. *Hållbar dagvattenhantering i Stockholms stad*. Tillgängligt: <https://www.stockholmvattenochavfall.se/dagvatten/> [Hämtad 2021-5-14].
- STOCKHOLMS STAD, 2017. *Växtbäddar i Stockholms stad - en handbok*. Stockholm.
- STORMTAC, 2021. StormTac Web v.20.2.2 [internet]. *Utvecklad av Larm, T.* Tillgängligt: <http://app.stormtac.com/>.
- SVENSKT VATTEN, 2016. *Avledning av dag-, drän-, och spillvatten: Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem*. Stockholm, Rapport Nr. P110.

TOTAL ARKITEKTUR OCH URBANISM, 2018. *Lokaliseringsförstudie - Ny skola, Bryggavägen, Ekerö*. Stockholm.

TRAFIKVERKET, 2021. Vägtrafikflödeskartan [internet]. v.1.5.0.3. Tillgängligt: <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation> [Hämtad 2021-8-27].

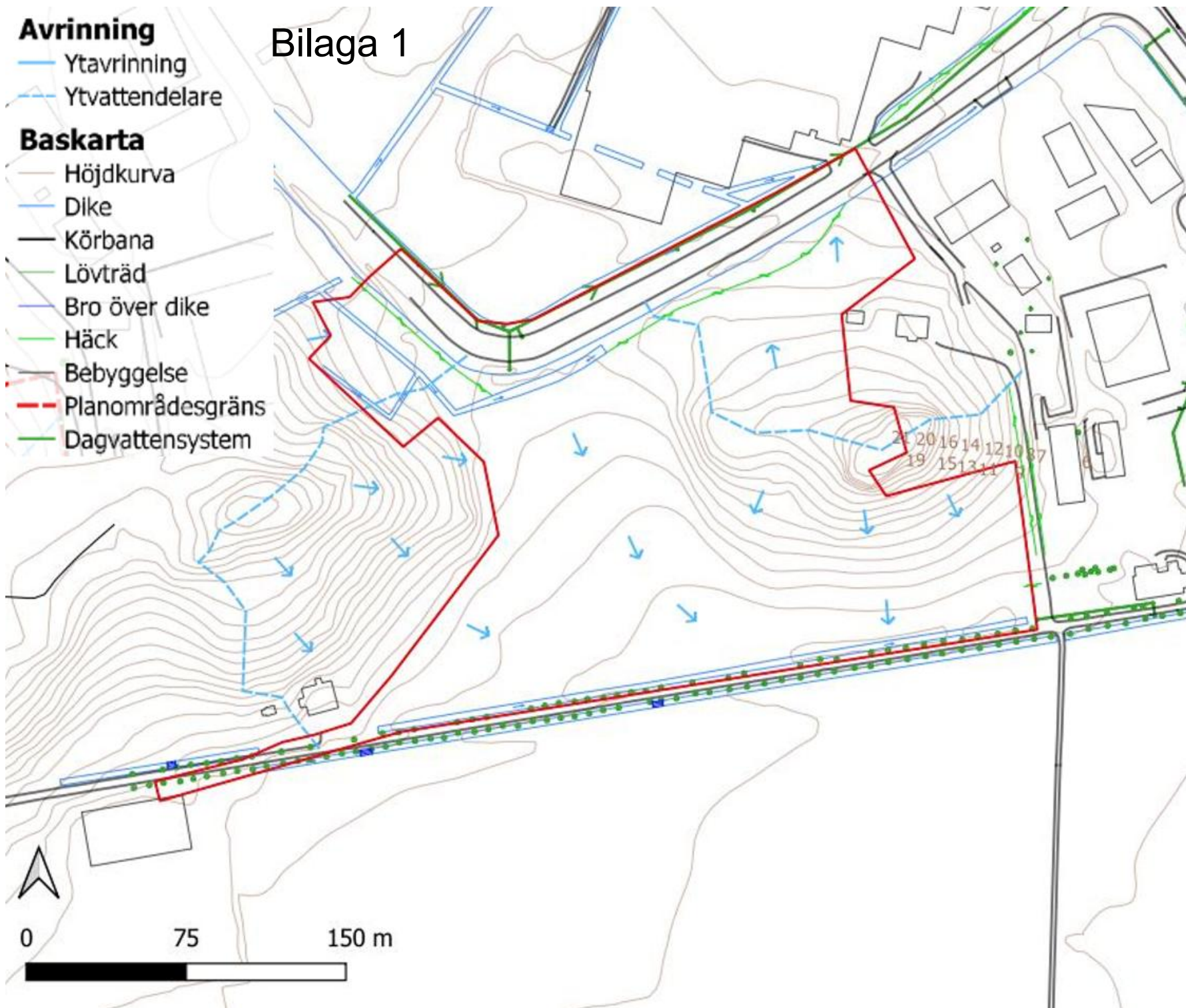
Bilaga 1

Avrinning

- Ytavrinning
- Ytvattendelare

Baskarta

- Höjdkurva
- Dike
- Körbana
- Lövträd
- Bro över dike
- Häck
- Bebyggelse
- Planområdesgräns
- Dagvattensystem



Bilaga 2

Åtgärdsförslag

-  Växtbädd
-  Skelettjord
-  Svackdike
-  Nedsänkt lekyta
-  Genomsläpplig beläggning
-  Avskärande dike
-  Svackdike
-  Tappledning
-  Dagvattenledning

