

RAPPORT**Dagvattenutredning för detaljplan***Tygeln 1 & 3 i Solna*

Framställd för:

Skanska Fastigheter AB och Fabege AB

Insänd av:

Golder Associates AB

Box 20127

104 60, Stockholm, Sverige

08-506 306 00

18108440

2021-10-15



Distributionslista

Skanska Fastigheter AB

Fabege AB

Innehållsförteckning

1.0	INLEDNING	5
2.0	PLANERAD BYGGNATION	5
2.1	Tygeln 1	5
2.2	Tygeln 3	5
3.0	FÖRUTSÄTTNINGAR	6
3.1	Allmänt	6
3.2	Underlag	6
3.3	Referenssystem	7
4.0	OMRÅDESBESKRIVNING	7
4.1	Utredningsområde	7
4.2	Geologi	8
4.3	Grundvatten	9
4.4	Avrinning	10
4.5	Befintligt dagvattennät	11
4.6	Recipient	13
5.0	DAGVATTENBERÄKNINGAR	14
5.1	Beräkningsmetodik	14
5.2	Befintliga dagvattenflöden	15
5.2.1	Allmän platsmark (Gator)	15
5.2.2	Tygeln 1 och stationsbyggnad	16
5.2.3	Tygeln 3	18
5.2.4	Lilla Frösunda	20
5.2.5	Sammanställning flöden	20
5.3	Nollalternativet	21
5.3.1	Sammanställning flöden i nollalternativet	23
5.4	Framtida flöden utan dagvattenanläggningar	24
5.4.1	Allmän platsmark (Gator)	24
5.4.2	Tygeln 1 och stationsbyggnad	24
5.4.3	Tygeln 3	26

5.4.4	Sammanställning flöden.....	28
5.5	Framtida flöden med dagvattenåtgärder och fördröjningsbehov	29
5.5.1	Allmän platsmark (Gator).....	29
5.5.2	Tygeln 1 och stationsbyggnad	30
5.5.3	Tygeln 3	32
5.5.4	Lilla Frösunda.....	34
5.5.5	Sammanställning flöden.....	35
5.6	Föroreningsbelastning.....	36
6.0	FÖRSLAG PÅ DAGVATTENHANTERING	38
6.1	Gröna tak.....	38
6.2	Växtbäddar inom Tygeln 1	38
6.3	Växtbäddar i gatumiljön.....	39
6.4	Grönbeklätt krossdike och nedsänkta växtbäddar inom Tygeln 3	39
6.5	Generell dagvattenhantering.....	39
7.0	SKYFALLSUTREDNING	40
8.0	PÅVERKAN PÅ RECIPIENT OCH MILJÖKVALITETSNORMER.....	40
9.0	SAMLAD BEDÖMNING.....	40
10.0	FORTSATTA UTREDNINGAR	41

TABELLFÖRTECKNING

Tabell 1:	Valda avrinningskoefficienter för olika marktyper	14
Tabell 2:	Beräknade regnintensiteter vid olika återkomsttider.....	15
Tabell 3	Beräknade dimensionerande flöden från allmän platsmark (gata).....	16
Tabell 4:	Dimensionerade befintliga dagvattenflöden från Tygeln 1.	17
Tabell 5:	Beräknade dimensionerande flöden från befintlig yta vid området för ny stationsbyggnad.....	18
Tabell 6:	Dimensionerade befintliga dagvattenflöden i Tygeln 3.....	19
Tabell 8:	Framräknande dimensionerande flöden för hela detaljplanen under befintliga förhållanden.	20
Tabell 9:	Framräknande dimensionerande flöden för nollalternativet, Tygeln 1.	21
Tabell 11:	Framräknande dimensionerande flöden för nollalternativet, Tygeln 3.	22
Tabell 12:	Framräknande dimensionerande flöden för nollalternativet, allmän platsmark (gator).	22
Tabell 13	Framräknande dimensionerande flöden för nollalternativet, Lilla Frösunda	23
Tabell 17:	Beräknade framtida dimensionerade flöden utan fördröjning i Tygeln 1.....	26

Tabell 18: Beräknade framtida dimensionerade flöden utan fördröjning i Tygeln 3.....	28
Tabell 20: Beräknade framtida dimensionerade flöden med nedsänkta växtbäddar i gatumiljö (allmän platsmark).	29
Tabell 22: Beräknade framtida dimensionerade flöden med fördröjning i Tygeln 1.....	31
Tabell 23: Beräknade framtida dimensionerade flöden med fördröjning på Tygeln 3.....	33
Tabell 24: Dimensionerande flöden från Lilla Frösunda i framtida förhållanden.....	35
Tabell 26: Total belastning från detaljplaneområdet. Föroreningsmängder anges i g/år.....	36

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1: Vy från Gårdsvägen över planerad kontorsbyggnad (Wingårdhs, 2019).....	5
Figur 2: Vy över planerad byggnad på Tygeln 3 från Gårdsvägen/Kolonnvägen (Archus, 2020).....	6
Figur 3: Utredningsområdets läge (Tygeln 1 och 3 samt Gårdsvägen är svartmarkerad yta, Parken vid Lilla Frösunda är mörkgrön yta).	7
Figur 4: Utdrag från SGU:s jordartskarta (SGU, Jordartskartan 1:25000- 1:100000, 2019a). Gränsen för utredningsområdet har markerats med en tjock svart linje.....	8
Figur 5: Grundvattenförekomster i utredningsområdets närhet (SGU, Grundvattenmagasin, 2019b). Utredningsområdet har markerats med svart streckad linje.....	9
Figur 6: Tolkad flödesriktning för ytavrinning inom fastigheterna Tygeln 1 och Tygeln 3 och allmän platsmark (exklusive Lilla Frösunda) tillhörande detaljplanen.....	10
Figur 8: Översiktskarta redovisande för befintligt dagvattenledningsnät i anslutning till fastigheterna och Gårdsvägen samt instängda lågpunkter i anslutning till Gårdsvägen och Tygeln 1 och 3.....	12
Figur 10: Klassificering av befintliga markytor som bidrar till avrinningen från Tygeln 1 område för ny stationsbyggnad inom detaljplaneområdet.....	17
Figur 11: Klassificering av befintliga markytor som bidrar till avrinningen från Tygeln 3 och allmän platsmark inom detaljplaneområdet.....	19
Figur 12: Klassning av markytor utifrån underlag från Wingårdhs och Landskapslaget.....	25
Figur 13: Klassificering av planerade markytor som bidrar till avrinningen från Tygeln 3 utan gröna tak.....	27
Figur 14 Klassificering av planerade markytor som bidrar till avrinningen från Tygeln 1 och stationsbyggnad med gröna tak.....	31
Figur 15 Klassificering av planerade markytor som bidrar till avrinningen från Tygeln 3 med gröna tak och förslagen placering av dagvattenanläggningar inom tomten.....	33
I Tabell 23 redovisas framtida dimensionerande flöden med fördröjningseffekt i gröna tak och sprängstensfyllt krossdike med grön beklädnad samt nedsänkta växtbäddar söder om huset.....	33

1.0 INLEDNING

Golder Associates AB har uppdragits av Fabege AB och Skanska Fastigheter AB att genomföra en dagvattenutredning för den gemensamma detaljplanen för fastigheterna Tygelin 1 och 3 i Solna. Uppdraget har omfattat en utredning av förutsättningarna för dagvattenhantering inom respektive fastighet med utgångspunkt från de krav som anges i Solna Stads dagvattenstrategi. Detaljplanen omfattar även parken vid Lilla Frösunda, den del av Gårdsvägen som kommer att få en ny utformning och en ny planerad stationsbyggnad med placering väster om Tygelin 1.

Golder har även genomfört en skyfallsutredning men den redovisas i en separat rapport.

2.0 PLANERAD BYGGNATION

2.1 Tygelin 1

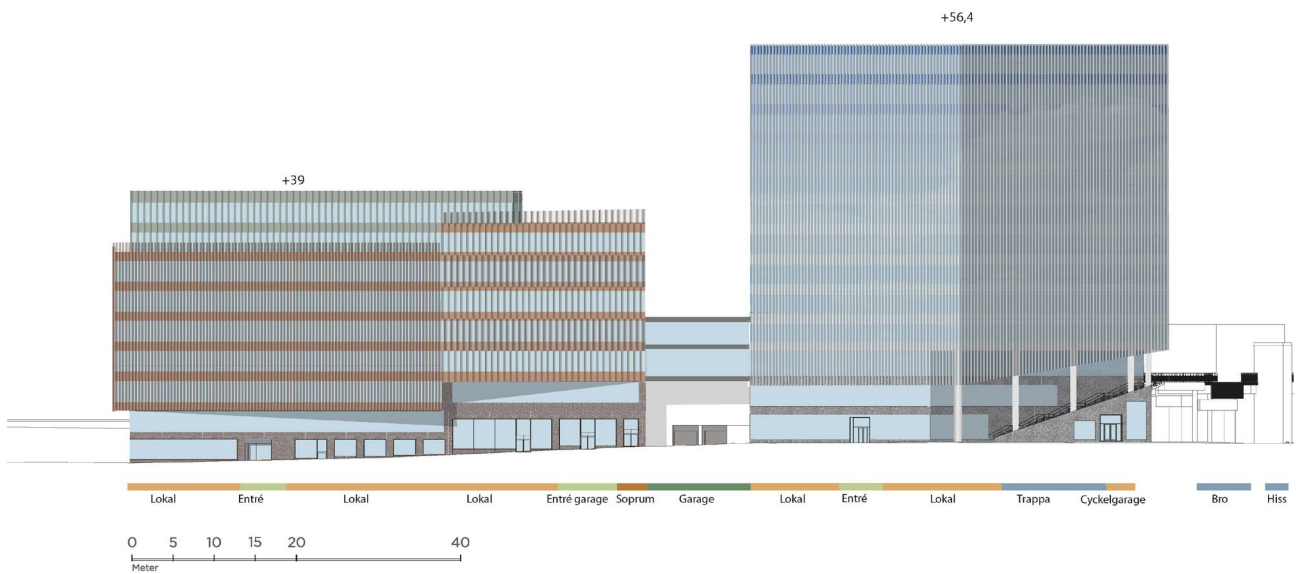
Den befintliga byggnaden kommer att rivas och ersättas med en ny kontorsbyggnad med upp till 11 våningsplan, inklusive två plan under mark (exkl. tekniktappar på taket). Färdigt golv i den lägsta källarvåningen kommer att anläggas på ca nivå -1,0 (RH2000). Byggnadens preliminära utformning redovisas i Figur 1.



Figur 1: Vy från Gårdsvägen över planerad kontorsbyggnad (Wingårdhs, 2019).

2.2 Tygelin 3

Den nuvarande byggnaden inrymmer garage och kontor. Kontorsdelen i söder ska enligt planerna rivas för att ge plats åt nya byggnadsvolymer, övriga delar bevaras. Enligt planerna byggs två nya kontorsdelar i den norra respektive södra delen av fastigheten. Båda tillbyggnaderna kommer ha volymer som skjuter över trottoarer. Den norra tillbyggnaden kommer ha direktanslutning till Målbron och trappa som leder till Kolonnvägen. I Figur 2 redovisas planerad utformning av byggnaden (vy från Gårdsvägen).



Figur 2: Vy över planerad byggnad på Tygelin 3 från Gårdsvägen/Kolonnvägen (Archus, 2020).

3.0 FÖRUTSÄTTNINGAR

3.1 Allmänt

Golder har utgått från Solna Stads dagvattenstrategi och de planer som är utarbetade för projektet avseende framtida markanvändning och tillgängliga ytor för gröna tak m.m. I Solna Stads dagvattenstrategi anges följande:

- 20 mm nederbörd som faller inom området skall fördröjas och renas.
- Klimatfaktor 1,25 skall användas vid framtida scenarier.
- Dimensionerade flöden vid ett 10, 50 och 100-årsregn skall beräknas.
- Dagvatten från fastigheterna ska fördröjas inom kvartersmark.
- En instängd lågpunkt har lokaliserats mellan Tygelin 1 och 3.

3.2 Underlag

Golder har baserat dagvattenutredning på underlag som beskriver nuvarande och framtida förhållanden på de båda objekten. Följande underlag har använts:

- Solna Stads Dagvattenstrategi, daterad 2017-12-11
- Solna Stads åtgärdsprogram för Brunnsviken, daterad 2018-04-25
- Solna stads Checklista för dagvattenutredningar, daterad 2018-02-28.
- Schablonvärden på föroreningsmängder från Stormtac's databas daterad 2017- 07-19.
- Rekommenderade avrinningskoefficienter från Svenskt Vatten publikation P110.

- Gröna takhandboken, daterad 2017-03-07.
- Ritning markytor Tygel 1 erhållen av Landskapslaget 21-06-03.
- Samlingskarta Tygel från Solna stad, daterad 2018-12-13.
- Ritning plankarta Tygel 3 erhållen av Archus 2019-09-24.
- Ritning Gårdsvägen erhållen av Landskapslaget, daterad 2020-07-06
- Solna Vattens dagvattenledningar, erhållen 2019-01-08.

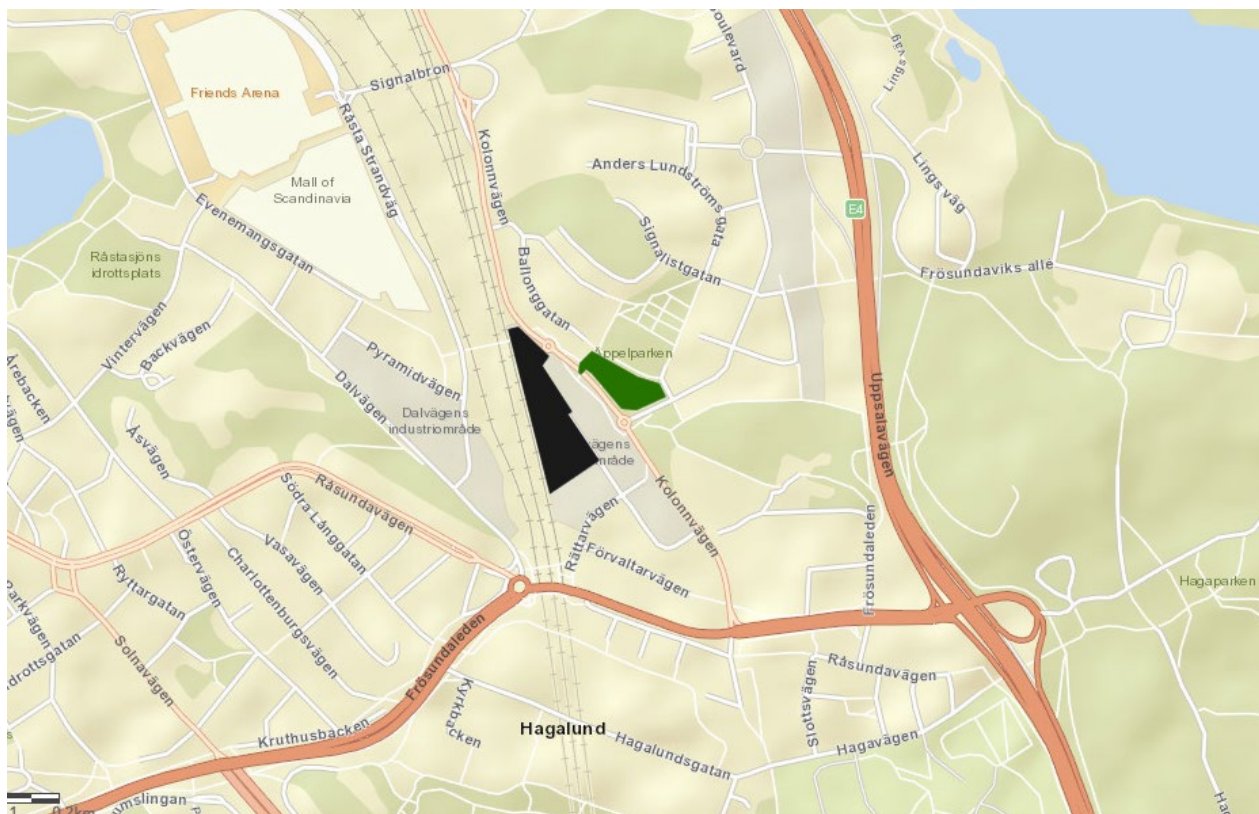
3.3 Referenssystem

I projektet används koordinatsystem SWEREF 99 18 00 och höjdsystem RH2000.

4.0 OMRÅDESBESKRIVNING

4.1 Utredningsområde

Föreliggande dagvattenutredningen omfattar fastigheterna Tygel 1 och 3 samt en del av Gårdsvägen och parken vid Lilla Frösunda. En del av Tygel 1 har även reserverats för en ny stationsbyggnad. Utredningsområdets läge har markerats i figuren nedan. Området som berör fastigheterna Tygel 1 och 3 gränsar i öster till Gårdsvägen och i väster till Ostkustbanan. I söder finns Tygel 2, där Skanska uppfört en ny kontorsbyggnad (Solna United). Den norra delen av planområdet sträcker sig strax norr om Målbron och gränsar till Kolonnvägen. Öster om Kolonnvägen ligger Lilla Frösunda. Parkmiljön ska byggas om för att fungera som fördröjningsmagasin vid större skyfall. Marken inom den nuvarande delen av Tygel 3 som tillhör Målbron och ett mindre område norr om Målbron planeras att justeras genom markreglering.



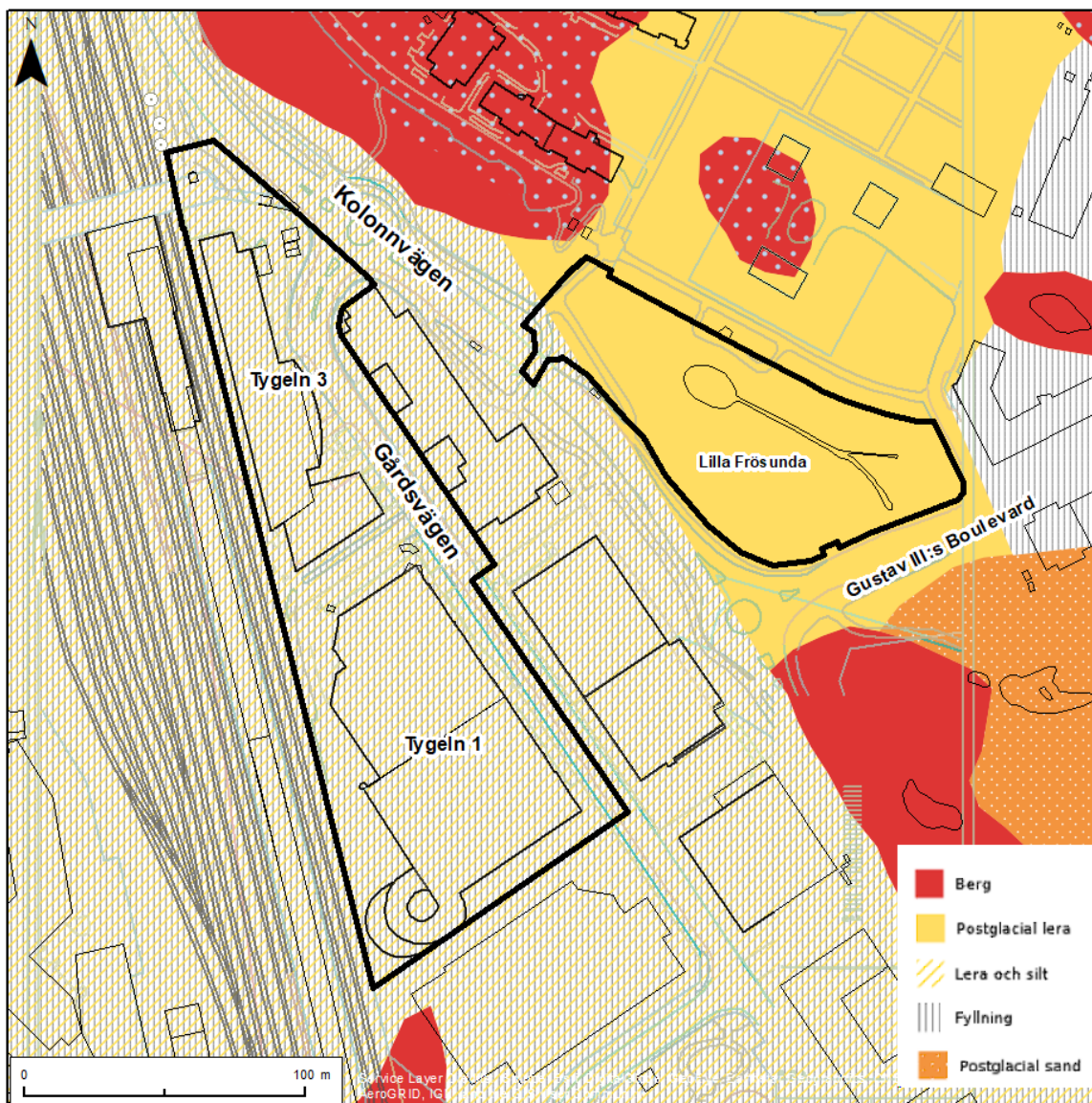
Figur 3: Utredningsområdets läge (Tygel 1 och 3 samt Gårdsvägen är svartmarkerad yta, Parken vid Lilla Frösunda är mörkgrön yta).

4.2 Geologi

SGUs jordartskarta över området visar att de ytliga jordlagren vid Tygel 1 och 3 utgörs av fyllning på ler- och siltjordar (se Figur 4). Det har genomförts översiktliga geotekniska undersökningar inom Tygel 1 och de bekräftar SGUs beskrivning, dvs. att de ytliga jordlagren utgörs av grus- och sandfyllning på naturlig lera. Fyllnadslagrets mäktighet varierar från ca 0,5-3 m. Den underliggande leran är mycket lös och lerlagrets tjocklek uppgår till mellan 5 och 16 m. Friktionslagret under leran har en mäktighet på ca 1-5m.

Vid Lilla Frösunda genomfördes i april 2021 geotekniska undersökningar för att bedöma förutsättningarna att anlägga ett skyfallsmagasin i den befintliga parken. Resultaten visar att jorddjupet varierar mellan 8- 12 meter inom parken. Jordlagren utgörs av ett par meter fyllning av grusig, lerig och siltig karaktär underlagrat av ett tunt lager torrskorpelera. Därunder är jordlagren mer skiktade med sand och lera med olika karaktär upp till 4 meter. Underst förekommer den naturliga friktionsjorden med ca 4 meters mäktighet.

Fortsatt beskrivning av befintliga och framtida förhållanden vid Lilla Frösunda redovisas under kapitel 6.0.



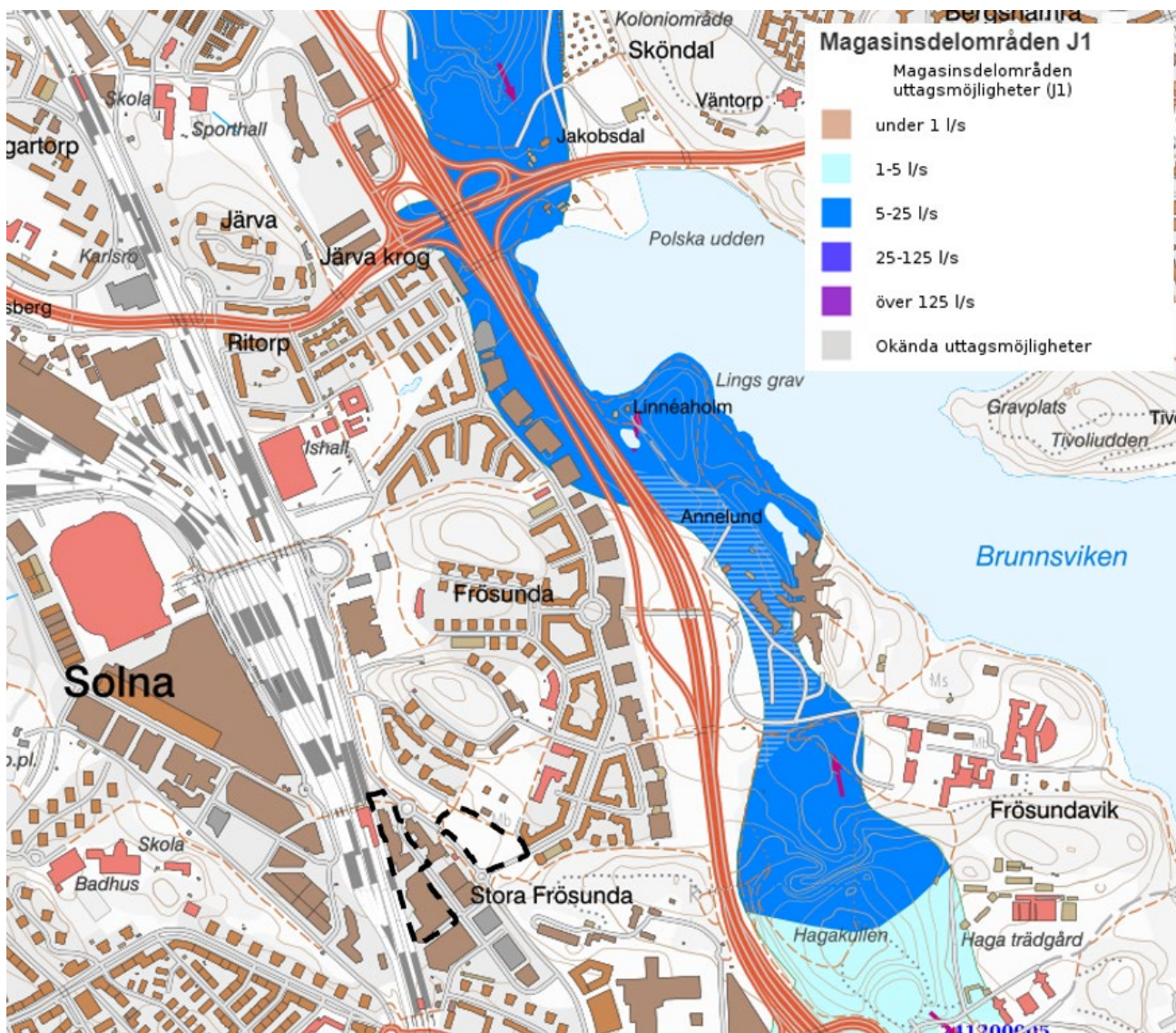
Figur 4: Utdrag från SGU:s jordartskarta (SGU, Jordartskartan 1:25000- 1:100000, 2019a). Gränsen för utredningsområdet har markerats med en tjock svart linje.

4.3 Grundvatten

Grundvatten förekommer vid Tygeln 1 och 3 i två magasin som är separerade av ett tätt lerlager. Ett undre magasin i friktionsjorden närmast berg och ett övre öppet magasin i fyllnadsmassorna över leran. Det finns grundvattendata från flera projekt i fastigheternas närområde och huvuddelen av dessa utgörs av observationer i det undre grundvattenmagasinet. Grundvattenmätningar har bl.a. utförts från juni 2016 fram till januari 2019 i samband med byggandet av Solna United. De högsta nivåerna som observerats i det undre magasinet under denna period är +3,5 och i det övre magasinet +3,0.

Vid Lilla Frösunda har 3 nya grundvattenrör installerats under april/maj 2021. Ett par mätningar visar att nivån ligger på ca +8,5 i sydöstra delen av parken och på ca +5 i ett undre magasin i nordvästra hörnet av parken.

Det finns inga större grundvattenförekomster i fastigheternas närområde, se Figur 5. Cirka 350 m öster om utredningsområdet sträcker sig Stockholmsåsen i nord-sydlig riktning längs E4:an, en grundvattenförekomst med stora uttagsmöjligheter och som är reservvattentäkt för Norrvatten.

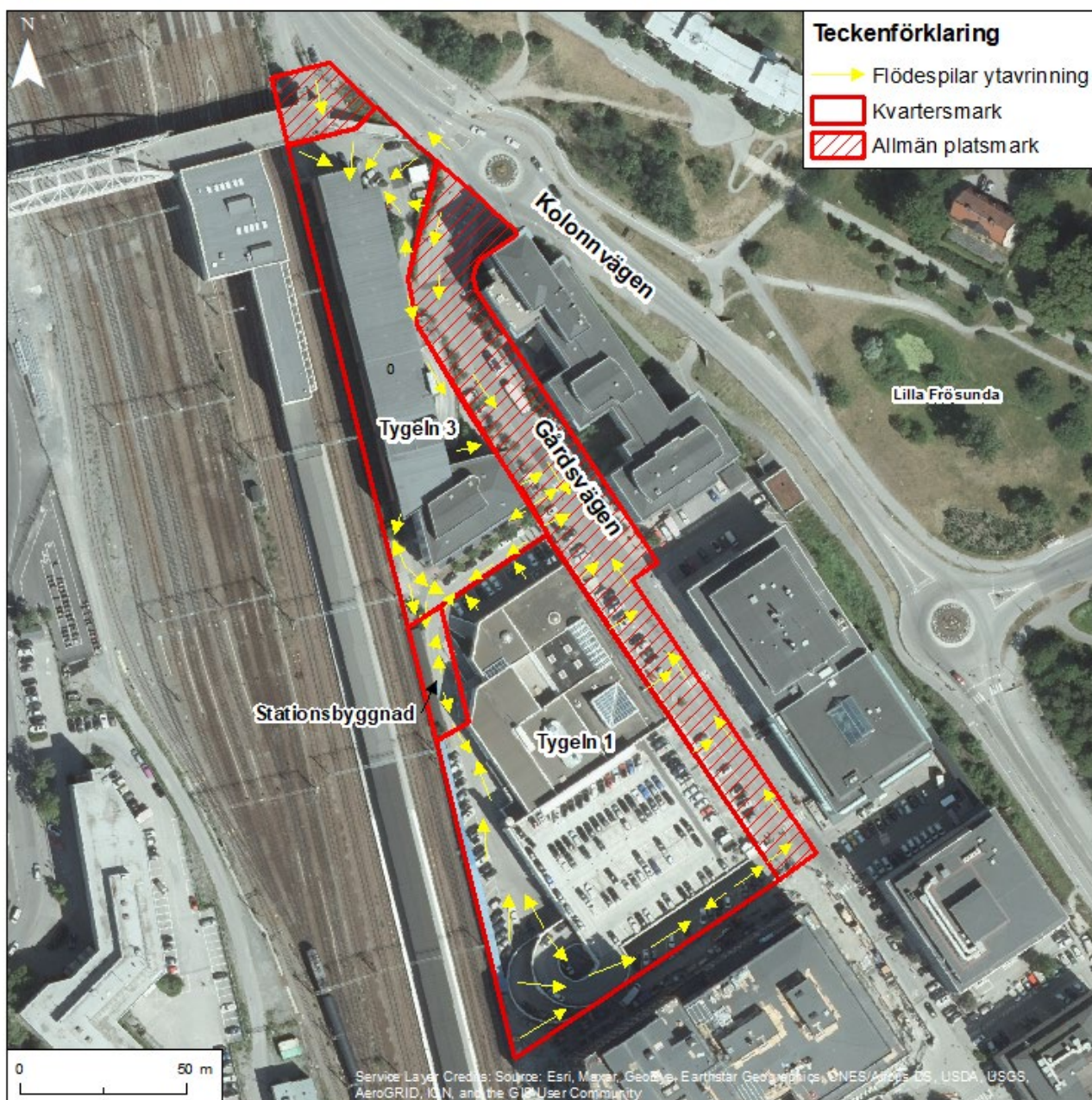


Figur 5: Grundvattenförekomster i utredningsområdets närhet (SGU, Grundvattenmagasin, 2019b). Utredningsområdet har markerats med svart streckad linje.

4.4 Avrinning

Marken inom fastigheterna Tygeln 1 och 3 är till stora delar hårdgjord. De befintliga byggnaderna upptar största delen av fastighetsarean och dessa inrymmer kontor, en bilanläggning och parkeringsgarage. Hårdgjorda ytor utgörs av asfalt och plattor med viss genomsläpplighet. En mindre del planteringar förekommer.

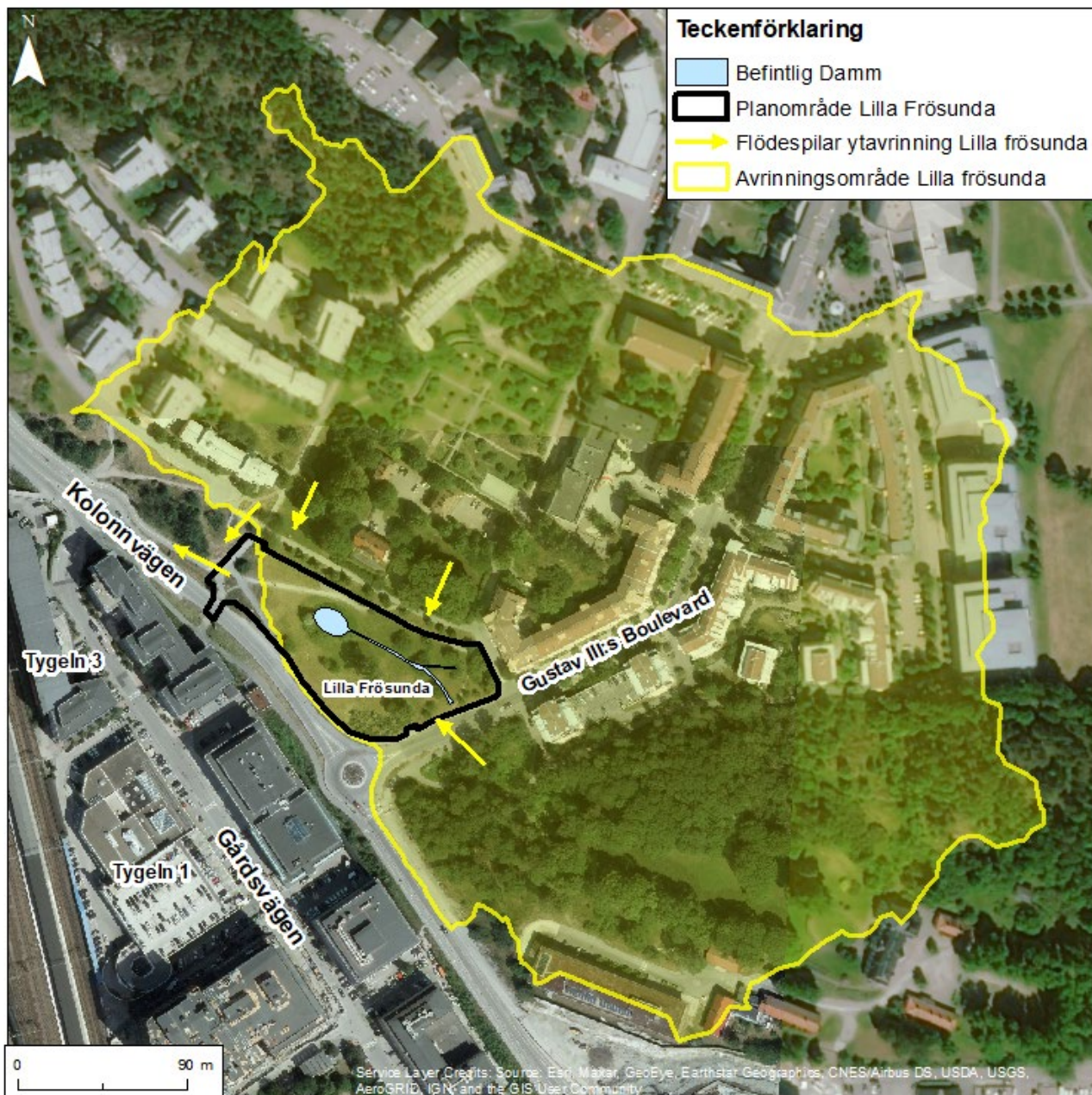
Markytans topografi varierar mycket lokalt inom både Tygeln 1 och 3 vilket gör att ytavrinningen till befintliga rännstensbrunnar sker i olika riktningar. Ett par instängda lågpunkter finns med lägsta marknivåer på +3,8 (Figur 8). De högsta marknivåerna ligger kring +7,7. I Figur 6 redovisas ytavrinningen under nuvarande förhållanden.



Figur 6: Tolkad flödesriktning för ytavrinning inom fastigheterna Tygeln 1 och Tygeln 3 och allmän platsmark (exklusive Lilla Frösunda) tillhörande detaljplanen.

Parken vid Lilla Frösunda utgörs i huvudsak av öppna gräsytor med viss busk- och trädvegetation. En liten andel av ytan utgörs av asfalterade gång- och cykelvägar. Totalt är ytan ca 7600 m².

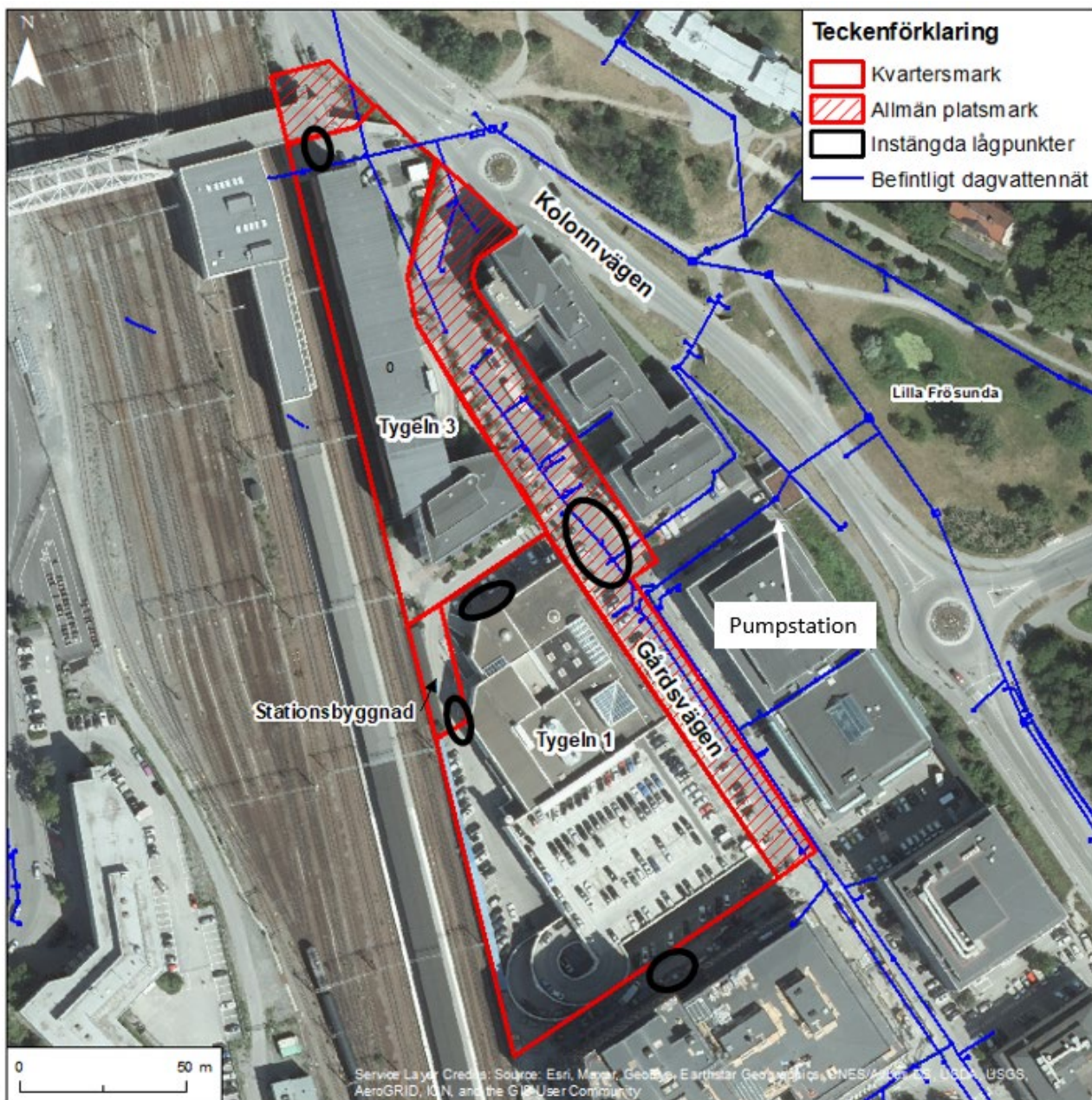
Större delen av markytan inom parken vid Lilla Frösunda sluttar ner till en befintlig dagvattendamm som är förlagd centralt i parken medan den västra delen av parken avrinner åt söder ner i den befintliga gång och cykelvägen eller västerut längs med Kolonnvägen. Hela avrinningsområdet till parken i Lilla Frösunda täcker ett område på ca 0,14 km², se Figur 7



Figur 7 Ytavrinning till parken i Lilla Frösunda i befintliga förhållanden.

4.5 Befintligt dagvattennät

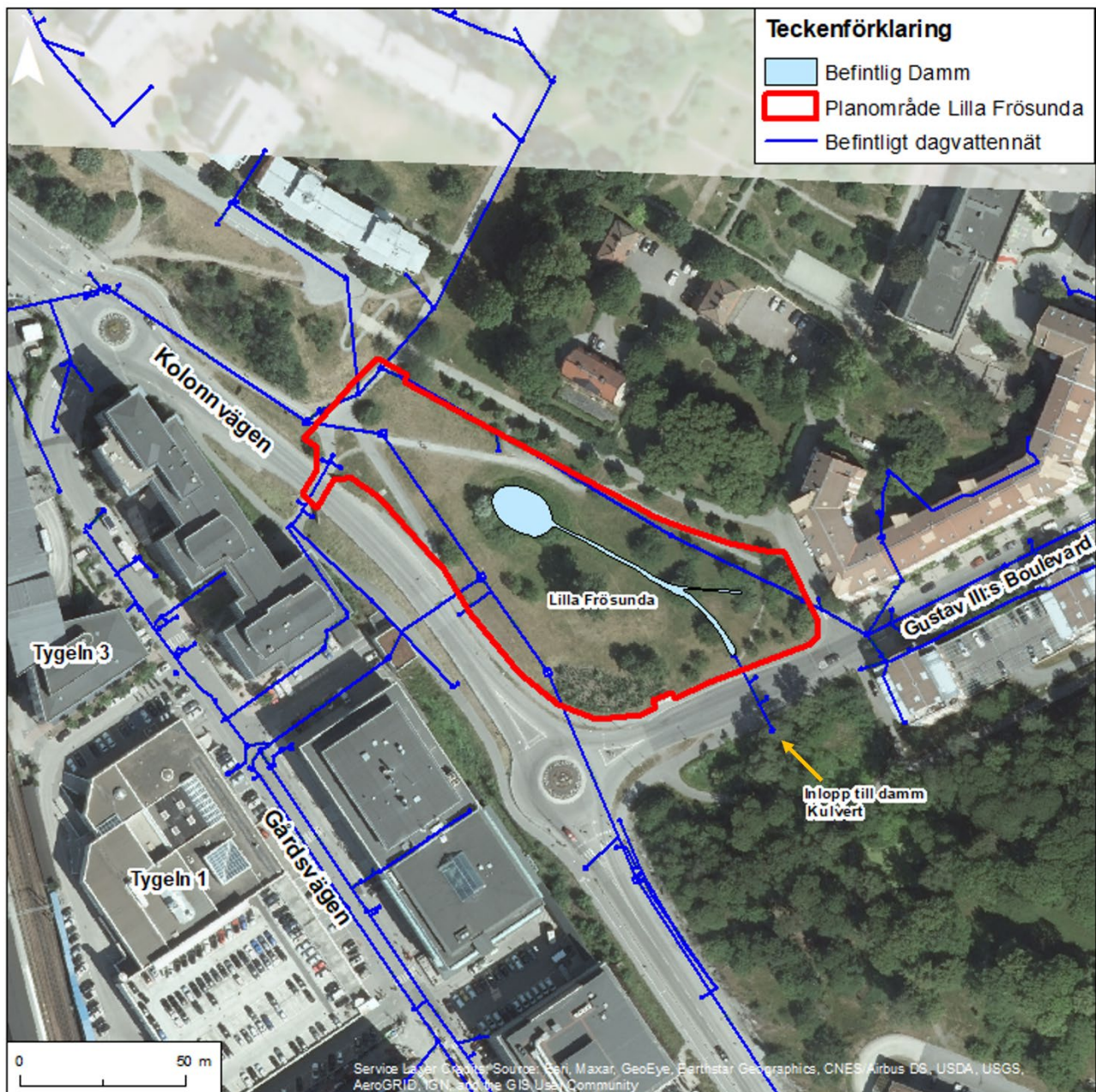
Det finns ett internt dagvattensystem inom respektive fastighet och Golder bedömer att dessa är anslutna till dagvattenledningen i Gårdsvägen. Från servispunkten rinner dagvattnet till lågpunkten i Gårdsvägen som ligger mellan Tygelin 1 och 3. Därifrån pumpas vattnet via en pumpstation upp till Kolonnvägen (Figur 8). Ett par mindre instängda lågpunkter återfinns även söder och nordväst om Tygelin 1 samt nordväst om Tygelin 3.



Figur 8: Översiktskarta redovisande för befintligt dagvattenledningsnät i anslutning till fastigheterna och Gårdsvägen samt instängda lågpunkter i anslutning till Gårdsvägen och Tygeln 1 och 3

Från planområdet vid Lilla Frösunda leds dagvatten bort från området åt nordväst och vidare norrut via dagvattenledningar i Kolonnvägen. En mindre del avrinner på marken ner i den befintliga gång- och cykelpassagen där vattnet därefter pumpas upp till ledningarna i Kolonnvägen via en pumpstation.

I Figur 7 redovisades det topografiska avrinningsområdet för ytavrinning. En betydande del av dagvattnet inom detta område tas upp av ledningssystemet. Inom parken avleds dock merparten av dagvattnet först till en damm via öppna diken och markavrinning. I sydöstra delen av parken går en kulvert under Gustav III:s Boulevard vilket gör att avrinningsområdet även sträcker sig söder om vägen. Utloppsledningen från dammen finns inte på ledningskartan men ansluter troligtvis till servisen strax norr om dammen (Figur 9).



Figur 9 Dagvattenledningar och öppet dike/damm vid Lilla Frösunda

4.6 Recipient

Dagvattnet från det aktuella planområdet avrinner via kommunens dagvattennät och den delvis kulverterade Råstaån till Brunnsviken. Vattenförekomsten Brunnsviken har enligt den senaste statusklassningen av Miljökvalitetsnormer (MKN) otillfredsställande ekologisk status. Statusklassningen grundar sig framförallt på att Brunnsviken har stor förekomst av växtplankton samt höga koppar- och zinkhalter. Även den kemiska statusen med avseende på bl.a. PBDE, PFOS, bly, kadmium, antracen och tributyltenn (VISS, 2019) är inte god. De juridiskt bindande miljökvalitetsnormerna för vattenförekomsten är att den ekologiska och kemiska ytvattenstatusen skall vara god år 2027.

Solna stad står för cirka 65 % av den totala föroreningsbelastningen till Brunnsviken. För att förbättra den kemiska och ekologiska statusen för Brunnsviken och samtidigt ta hänsyn till en växande befolkning har Solna stad tagit fram ett åtgärdsprogram för Brunnsviken som utgår från en hållbar dagvattenhantering (Solna Stad, 2018). Det handlar bland annat om att utnyttja grönytor och diken för infiltration och fördröjning, använda genomsläppliga beläggningar, växtbäddar och dagvattendammar som lokala åtgärder uppströms recipienten för att minska belastningen.

5.0 DAGVATTENBERÄKNINGAR

5.1 Beräkningsmetodik

Beräkningar av dagvattenflöden och föroreningsbelastning har gjorts för fyra olika scenarier:

- **Scenario 1** – Befintliga markförhållanden
- **Scenario 2** – Nollalternativ (befintliga markförhållanden i framtida klimat)
- **Scenario 3** – Framtida markförhållanden utan dagvattenanläggningar
- **Scenario 4** – Framtida markförhållanden med dagvattenanläggningar

Dagvattenflöden med en viss återkomsttid beräknas med rationella metoden enligt Svenskt Vattens publikation P110 (2016):

$$q(\text{dim}) = A \cdot \Phi \cdot i(\text{tr}) \cdot kf \quad \text{Ekvation 1}$$

där;

$q(\text{dim})$ = dimensionerande flöde, [l/s]

A = Avrinningsområdets storlek, [ha]

Φ = avrinningskoefficient

$i(\text{tr})$ = dimensionerande regnintensitet [l/s · ha]

tr = regnets varaktighet

Vid beräkningarna tas även hänsyn till framtida klimatförändringar med förväntade större nederbördsmängder. Enligt Solna Stads riktlinjer ska en klimatfaktor (kf) på 1,25 användas när rinntiden är kortare än 1 timme.

Dagvattenavrinningen varierar beroende på markytans beskaffenhet och Golder har vid beräkningarna använt de avrinningskoefficienter som anges av Svenskt Vatten och Grönatakhandboken. I Tabell 1 redovisas valda avrinningskoefficienter för de olika marktyperna.

Tabell 1: Valda avrinningskoefficienter för olika marktyper

Marktyp	Avrinningskoefficient (Φ)	Källa
Hårdgjord yta (asfalt/plattor)	0,8	Svenskt vatten P110
Grönyta	0,1	Svenskt vatten P110
Tak	0,9	Svenskt vatten P110
Parkering (asfalt)	0,8	Svenskt vatten P110
Makadam	0,2	Svenskt vatten P110, "Grusplan"

Marktyp	Avrinningskoefficient (ϕ)	Källa
Gröna tak (150-250mm)	0,3	Grönatakhandboken (2017)
Permeabel yta (ex Stenmjöl)	0,4	Svenskt vatten P110

Rinntiden beräknas utifrån vattnets hastighet och den längsta rinnvägen inom delavrinningsområdet fram till beräkningspunkten. I rationella metoden förutsätts att rinntiden (t_c) är densamma som regnets varaktighet. För beräkningar på måttligt branta ytor sätts hastigheten i mark, dike och ledning schablonmässigt till 0,1 m/s, 0,5 m/s och 1,5 m/s enligt rekommendationer från Svenskt Vattens P110 (2016). Regnets varaktighet har satts till 10 minuter för både Tygeln 1 och 3 vilket ger följande regnintensitet för återkomsttiderna 10, 50 och 100 år:

Tabell 2: Beräknade regnintensiteter vid olika återkomsttider

Återkomsttid	Regnintensitet [l/s ha]
10 år: i (10 min)	228
50 år: i (10 min)	388
100 år: i (10 min)	489

Årsmedelnederbörden, $Q_{\text{årsmedelnederbörd}}$, för området har ansatts till 550 mm/år (Solna Stad, 2017). Värdet baseras på verklig årsmedelnederbörd (korrigerad för mätfel) från SMHI:s mätstation i Stockholm. Årsmedelflödet är beräknat enligt ekvation 2.

$$Q_{\text{årsmedelflöde}} = A \cdot \phi \cdot 10^{-3} \cdot Q_{\text{årsmedelnederbörd}} \quad \text{Ekvation 2}$$

$$Q_{\text{årsmedelflöde}} = \text{årliga flödet [m}^3/\text{år]}$$

$$Q_{\text{årsmedelnederbörd}} = \text{årliga nederbörd [mm/år]}$$

Erforderlig fördröjningsvolym beräknas utifrån den regnvolyms som ska hanteras och den reducerade anslutna arean (ekvation 3). Enligt Solna stads dagvattenstrategi ska 20 mm regn fördröjas och renas lokalt inom kvartersmarken.

$$U_i = d_r \cdot A_i \cdot \phi_i = d_r \cdot A_{\text{red}} \quad \text{Ekvation 3}$$

där;

$$U_i = \text{Erforderlig fördröjningsvolym [m}^3\text{]}$$

d_r = Regndjup som omhändertas i en dagvattenanläggning

A_{red} = Reducerad area

5.2 Befintliga dagvattenflöden

5.2.1 Allmän platsmark (Gator)

Gårdsvägen som löper öster om Tygeln 1 och 3 kommer att få ett nytt utseende med justerat läge på vägmitt. Den allmänna platsmarken som ingår i detaljplanen (exklusive Lilla Frösunda) utgör förutom en del av Gårdsvägen öster om Tygeln 1 och 3 även av ett mindre område under Målbron och strax norröver Målbron.

Totalt upptar gatumiljön inom allmän platsmark en area på ca 5000 m² och utgörs idag av hårdgjorda ytor och en mindre andel planteringar (Figur 10 och Figur 11).

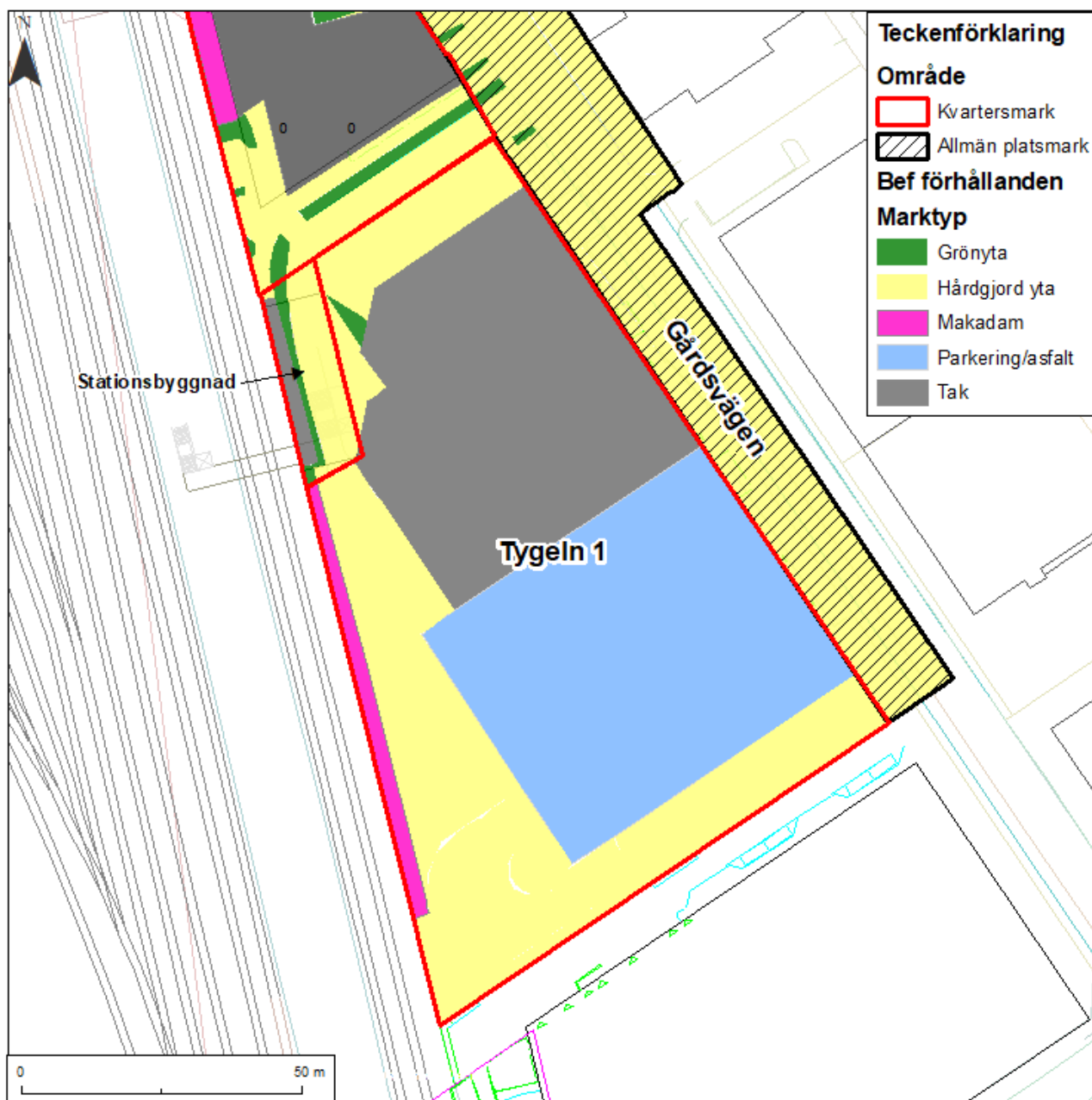
Beräknade dimensionerande flöden gatorna redovisas i Tabell 3. Flödet från ett 10-årsregn (Q10) beräknades till 83 l/s och årsmedelflödet till 0,064 l/s.

Tabell 3 Beräknade dimensionerande flöden från allmän platsmark (gata).

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	φ	Area _{red}	Q10 (l/s)	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Grönyta	485	0,0485	0,1	0,0049	1,11	27	0,0008
Hårdgjord yta	4515	0,452	0,8	0,361	82	1987	0,063
Summa	5000	0,50	0,73	0,366	83	2013	0,064

5.2.2 Tygeln 1 och stationsbyggnad

Den sammanlagda ytan som bidrar till det dimensionerande flödet från Tygeln 1 uppgår till ca 8 800 m² (0,88 ha). Den två största ytorna som bidrar till avrinningen från Tygeln 1 är klassad som takyta och en parkeringsyta som utgör halva hustaket av den befintliga byggnaden på fastigheten. Den hårdgjorda ytan kring byggnaden utgörs främst av asfalt och plattor med liten fog. En asfalterad ramp mellan parkeringsplanen finns på den befintliga byggnadens sydöstra sida. Befintliga grönytor utgör bara mindre andel av tomten (Figur 10). Inom detaljplaneområdet kommer en ny stationsbyggnad upprättas invid Tygeln 1 som tar i anspråk en större yta än den befintliga tunnelnedgången till Solna station från fastigheten. Stationsbyggnaden kommer uppta en area av ca 390 m² (Figur 10). Ytan utgörs idag till största delen av hårdgjorda ytor.



Figur 10: Klassificering av befintliga marktytor som bidrar till avrinningen från Tygeln 1 område för ny stationsbyggnad inom detaljplaneområdet.

Beräknade dimensionerade dagvattenflöden för befintliga förhållanden i Tygeln 1 har gjorts för ett 10-årsregn (Q10). Resultaten redovisas i Tabell 4. 10-årsflödet från kvarteret beräknades till 163 l/s vilket motsvarar ett årsmedelflöde på 0,042 l/s.

Tabell 4: Dimensionerade befintliga dagvattenflöden från Tygeln 1.

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	Area _{red}	Q10 (l/s)	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Hårdgjord yta	2950	0,30	0,8	0,24	54	1298	0,041
Parkering (asfalt)	3020	0,30	0,8	0,24	55	1329	0,042

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	Area _{red}	Q10 (l/s)	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Grönyta	30	0,003	0,1	0,0003	0,07	2	0,0001
Makadam	200	0,02	0,2	0,004	0,91	22	0,001
Tak	2600	0,26	0,9	0,23	53	1287	0,04
Summa	8800	0,88	0,8	0,72	163	3937	0,12

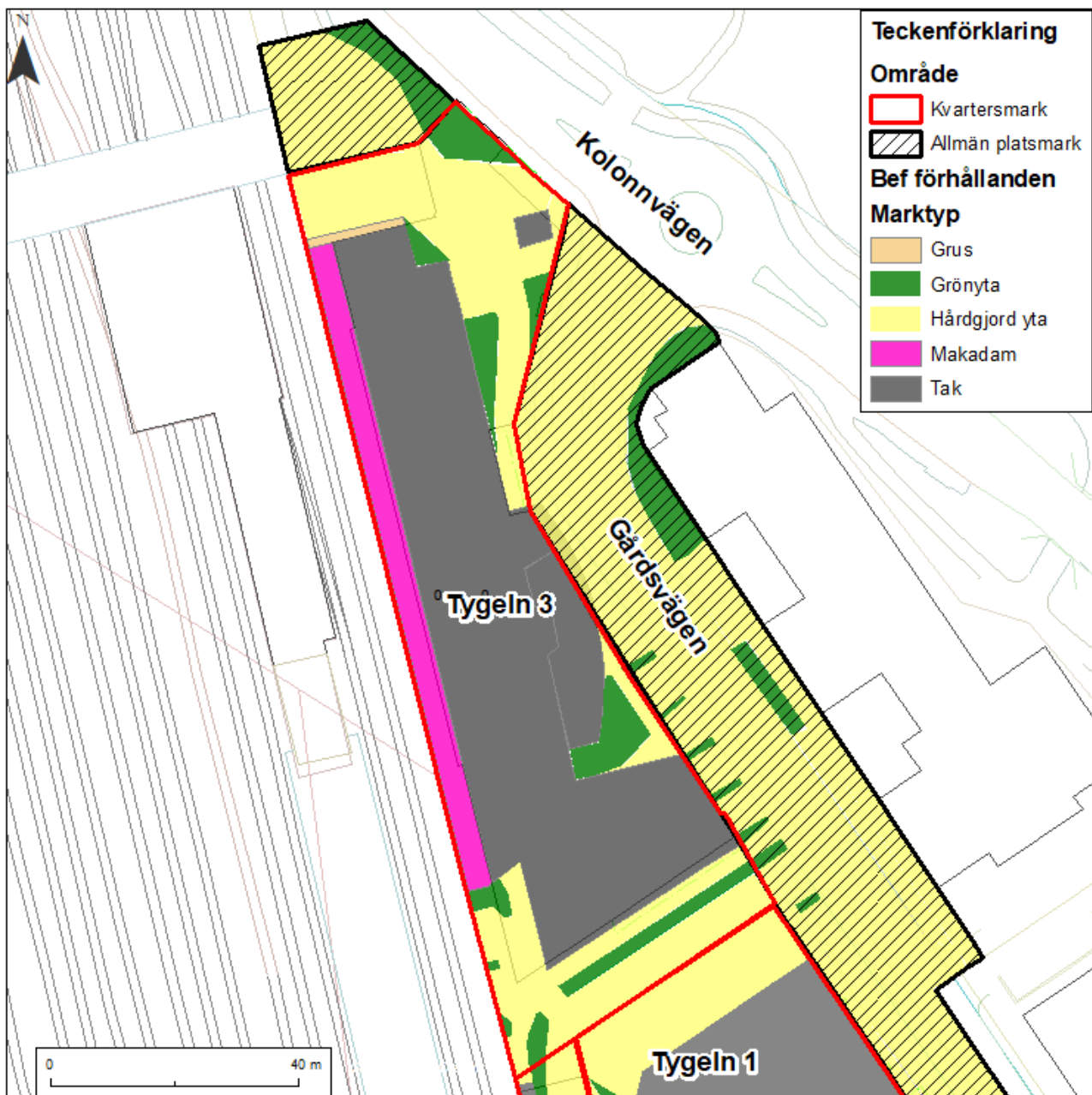
Det befintliga flödet från kvartersmarken där ny stationsbyggnad ska upprättas uppgår till 6,6 l/s vilket motsvarar ett årsmedelflöde på 0,005 l/s

Tabell 5: Beräknade dimensionerande flöden från befintlig yta vid området för ny stationsbyggnad.

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	Area _{red}	Q10 (l/s)	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Grönyta	50	0,0050	0,1	0,0005	0,11	3	0,0001
Hårdgjord yta	260	0,026	0,8	0,021	5	114	0,004
Tak	85	0,009	0,9	0,01	1,75	42	0,001
Summa	395	0,04	0,73	0,029	6,6	159	0,005

5.2.3 Tygeln 3

Den sammanlagda ytan som bidrar till det dimensionerande flödet från Tygeln 3 är ca 5000 m² (ca 0,5 ha). Tygeln 3 utgörs till största delen av den befintliga byggnaden med hårdgjord takyta. Inom fastigheten finns också asfalterade ytor med ett fåtal parkeringsplatser samt några mindre planteringar (Figur 11). Området mellan huset och banvallen väster om Tygeln 3 är utfyllt med makadam.



Figur 11: Klassificering av befintliga marktytor som bidrar till avrinningen från Tygeln 3 och allmän platsmark inom detalplaneområdet.

Beräknade dimensionerade dagvattenflöden för befintliga förhållanden i Tygeln 3 har gjorts för ett 10-årsregn. Resultaten redovisas i Tabell 6. Flödet vid ett 10-årsregn beräknades till 84 l/s och årsmedelflödet till 0,06 l/s.

Tabell 6: Dimensionerade befintliga dagvattenflöden i Tygeln 3

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	Area _{red}	Q ₁₀ (l/s)	Q _{årsmedelflöde} (m ³ /år)	Q _{årsmedelflöde} (l/s)
Hårdgjord yta	1350	0,14	0,8	0,11	25	594	0,02
Grus	20	0,002	0,2	0,0004	0,09	2	0,0001

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	Area _{red}	Q ₁₀ (l/s)	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Grönyta	420	0,04	0,1	0,0042	0,96	23	0,001
Makadam	420	0,04	0,2	0,01	2	46	0,001
Tak	2745	0,27	0,9	0,25	56	1359	0,04
Summa	4955	0,50	0,74	0,37	84	2024	0,06

5.2.4 Lilla Frösunda

För att minska risken för översvämning i lågpunkten mellan Tygeln 1 och 3 och Gårdsvägen kommer parken vid Lilla Frösunda anpassas för att magasinera ytvatten vid större skyfall. Cirka 50 % av dagvattnet som flödar till lågpunkten i Gårdsvägen vid större skyfall kommer från nordost, varav en stor del via den befintliga gång- och cykeltunneln som går under Kolonnvägen. För mer information om bakgrunden för skyfallsåtgärderna hänvisas till Golders skyfallsutredning (2020).

Det dimensionerande dagvattenflödet i befintliga förhållanden vid 10-årsregn är beräknad till ca 22 l/s och årsmedelflödet till ca 0,02 l/s (Tabell 7).

Tabell 7: Dimensionerande flöden från Lilla Frösunda i befintliga förhållanden.

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	Area _{red}	Q ₁₀ (l/s)	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Grönyta	7300	0,73	0,1	0,073	17	402	0,01
Hårdgjord yta	300	0,03	0,8	0,024	5	132	0,004
Summa	7600	0,76	0,12	0,1	22	534	0,02

5.2.5 Sammanställning flöden

Hela detaljplaneområdet täcker en yta av ca 2,68 hektar. Nedan redovisas det beräknade dimensionerande flödet från hela detaljplanen under befintliga förhållanden. 10-årsflödet beräknades till ca 360 l/s och årsmedelflödet till 0,27 l/s.

Tabell 8: Framräknade dimensionerande flöden för hela detaljplanen under befintliga förhållanden.

Marktyp	Area (m ²)	Area ha	ϕ	Area _{red}	Q ₁₀ (l/s)	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Hårdgjord yta	9375	0,94	0,8	0,75	171	4125	0,13
Parkering (asfalt)	3020	0,30	0,8	0,24	55	1329	0,042

Marktyp	Area (m ²)	Area ha	ϕ	Area _{red}	Q10 (l/s)	Q _{årsmedelflöde} (m ³ /år)	Q _{årsmedelflöde} (l/s)
Grönyta	8285	0,83	0,1	0,08	19	456	0,014
Makadam	620	0,06	0,2	0,01	3	68	0,002
Tak	5430	0,54	0,9	0,49	111	2688	0,085
Grus	20	0,002	0,2	0,0004	0,09	2	0,0001
Summa	26 750	2,68	0,6	1,6	359	8668	0,27

5.3 Nollalternativet

För att bedöma hur framtida klimatförändringar påverkar det dimensionerande flödet om dagens markanvändning bibehålls, har ett så kallat nollalternativ beräknats. En klimatafaktor (1,25) multipliceras på regnintensiteten samtidigt som avrinningskoefficienterna ökas med 50% vid regn med återkomsttiderna 50 och 100 år. Vid större regn antas ytan bli vattenmättad och ytavrinningen öka.

Resultaten av beräknade dimensionerande flöden och årsmedelflöden för nollalternativet redovisas i Tabell 9 och Tabell 11 för Tygeln 1 respektive Tygeln 3. Flöden från kvartersmarken för ny stationsbyggnad redovisas i Tabell 10. Flöden från allmän platsmark (gata) redovisas i Tabell 12 och flöden för parken i Lilla Frösunda i Tabell 13.

Beräkningarna visar att det dimensionerade 10-års flödet från Tygeln 1 ökar från 163 l/s till 204 l/s, dvs. ca 25% ökning. Årsmedelflödet ökar från 0,12 l/s till 0,16 l/s. Från området för ny stationsbyggnad ökar flödet från 6,6 l/s till 8,3 l/s och årsmedelflödet ökar från 0,005 till 0,01. För Tygeln 3 ökar 10-års flödet från 83 l/s till 105 l/s och årsmedelflödet från 0,064 l/s till 0,08 l/s. Från allmän platsmark (gator) ökar 10-års flödet från ca 77 l/s till 104 l/s och årsmedelflödet ökar marginellt från 0,06 l/s till 0,08 l/s och för parkområdet vid Lilla Frösunda ökar 10-års flödet från 22 l/s till 36 l/s. Årsmedelflödet ökar från 0,017 l/s till 0,02 l/s.

Tabell 9: Framräknade dimensionerande flöden för nollalternativet, Tygeln 1.

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	ϕ_{50-100} år	A _{red 10 år} (ha)	Q10 (l/s)	Q50 (l/s)	Q100 (l/s)	Q _{årsmedelflöde} (m ³ /år)	Q _{årsmedelflöde} (l/s)
Hårdgjord yta	2950	0,30	0,8	1	0,24	67	143	180	1623	0,05
Parkering	3020	0,30	0,8	1	0,24	69	147	185	1661	0,05
Grönyta	30	0,003	0,1	0,15	0,0003	0,1	0,2	0,3	2	0,0001
Makadam	200	0,02	0,2	0,3	0,004	1	2,9	4	28	0,001
Tak	2600	0,26	0,9	1	0,23	67	126	159	1609	0,05
Summa	8800	0,9	0,8	1	0,72	204	419	528	4922	0,16

Tabell 10 Framräknande dimensionerande flöden för nollalternativet, kvartersmark för ny stationsbyggnad.

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	ϕ_{50-100} år	A_{red} 10 år (ha)	Q_{10} (l/s)	Q_{50} (l/s)	Q_{100} (l/s)	$Q_{\text{årsmedelflöde}}$ (m ³ /år)	$Q_{\text{årsmedelflöde}}$ (l/s)
Grönyta	50	0,005	0,1	0,15	0,0005	0,1	0,4	0,5	3,4	0,0001
Hårdgjord yta	260	0,03	0,8	1,0	0,02	6	13	16	143	0,005
Tak (tunnelnedgång)	85	0,009	0,9	1	0,01	2	4	5	53	0,002
Summa	395	0,04	0,7	0,89	0,03	8,3	17	22	199	0,01

Tabell 11: Framräknande dimensionerande flöden för nollalternativet, Tygelin 3.

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	ϕ_{50-100} år	A_{red} 10 år (ha)	Q_{10} (l/s)	Q_{50} (l/s)	Q_{100} (l/s)	$Q_{\text{årsmedelflöde}}$ (m ³ /år)	$Q_{\text{årsmedelflöde}}$ (l/s)
Hårdgjord yta	1350	0,14	0,8	1	0,11	31	66	82	743	0,02
Grus	20	0,002	0,2	0,3	0,0004	0,1	0,3	0,4	3	0,0001
Grönyta	420	0,04	0,1	0,15	0,004	1,2	3,1	4	29	0,001
Makadam	420	0,04	0,2	0,3	0,01	2,4	6,1	8	58	0,002
Tak	2745	0,27	0,9	1	0,25	70	133	168	1698	0,05
Summa	4955	0,50	0,74	0,87	0,37	105	208	262	2530	0,08

Tabell 12: Framräknande dimensionerande flöden för nollalternativet, allmän platsmark (gator).

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	ϕ_{50-100} år	A_{red} 10 år (ha)	Q_{10} (l/s)	Q_{50} (l/s)	Q_{100} (l/s)	$Q_{\text{årsmedelflöde}}$ (m ³ /år)	$Q_{\text{årsmedelflöde}}$ (l/s)
Grönyta	485	0,05	0,1	0,15	0,00	1,38	3,5	4,4	33,3	0,001
Hårdgjord yta	4515	0,45	0,8	1	0,36	103	219	276	2483	0,08
Summa	5000	0,5	0,7	0,9	0,37	104	223	280	2517	0,08

Tabell 13 Framräknande dimensionerande flöden för nollalternativet, Lilla Frösunda

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	ϕ_{50-100} år	Area _{red} 10 år (ha)	Q ₁₀ (l/s)	Q ₅₀ (l/s)	Q ₁₀₀ (l/s)	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Grönyta	7300	0,73	0,1	0,15	0,073	21	73	67	502	0,02
Hårdgjord yta	300	0,03	0,8	1	0,024	7	15	18	165	0,005
Summa	7600	0,76	0,12	0,2	0,1	36	87	85	667	0,02

5.3.1 Sammanställning flöden i nollalternativet

Nedan redovisas det totala dimensionerande flödet i nollalternativet från detaljplanen. 10-årsflödet ökar från 359 l/s till 449 l/s. Årsmedelflödet ökar från 0,27 l/s till 0,34 l/s.

Tabell 14 Framräknande dimensionerande flöden för nollalternativet, hela detaljplanen

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	ϕ_{50-100} år	A _{red} 10 år (ha)	Q ₁₀ (l/s)	Q ₅₀ (l/s)	Q ₁₀₀ (l/s)	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Hårdgjord yta	9375	0,94	0,8	1	0,75	214	455	573	5156	0,16
Parkering (asfalt)	3020	0,30	0,8	1	0,24	69	147	185	1661	0,05
Grönyta	8285	0,83	0,1	0,15	0,08	24	60	76	570	0,02
Makadam	620	0,06	0,2	0,3	0,01	4	9	11	85	0,003
Tak	5430	0,54	0,9	1	0,49	139	264	332	3360	0,11
Grus	20	0,002	0,2	0,3	0,0004	0,1	0,3	0,4	3	0,0001
Summa	26 750	2,68	0,6	0,7	1,58	449	935	1177	10 835	0,34

5.4 Framtida flöden utan dagvattenanläggningar

5.4.1 Allmän platsmark (Gator)

Gårdsvägen och området under och norr om Målbron kommer enligt föreslagen utformning ha en större andel planteringar än befintlig förhållanden. Det innebär att det totala dimensionerande flödet från området minskar därför från 104 l/s till 97 l/s (-6%) vid 10-årsregn jämfört mot nollalternativet och från 280 l/s till 260 l/s (-7%) vid 100-årsregnen. Årsmedelflödet minskar från 0,08 l/s till 0,07 l/s.

Tabell 15 Beräknade framtida dimensionerade flöden utan fördröjning från allmän platsmark (gator).

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	ϕ_{50-100} år	Area _{red} 10 år (ha)	Q10 (l/s)	Q50 (l/s)	Q100 (l/s)	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Grönyta	868	0,09	0,1	0,15	0,01	2	6	8	60	0,002
Hårdgjord yta	4127	0,41	0,8	1	0,33	94	200	252	2270	0,07
Tak (hiss)	5	0,00	0,9	1	0,0005	0,13	0,2	0,31	3	0,0001
Summa	5000	0,50	0,7	0,9	0,34	97	207	260	2333	0,07

5.4.2 Tygeln 1 och stationsbyggnad

För beräkningar av framtida flöden har Golder klassificerat marktyperna utifrån det underlag som utarbetats av arkitekterna hos Wingårdhs och Landskapslaget. Den största skillnaden mellan nuvarande och framtida markanvändning är att den stora parkeringsytan försvinner och ersätts med takyta. På marknivå sker den största förändringen på byggnadens västra sida mot spårområdet, där nya planteringar anläggs samt en gångväg med permeabel yta (ex stenmjöl). Gångvägen planeras att ansluta till en eventuell trappa utanför fastighetens sydvästra hörn. Enligt arkitekturritningar kommer övriga marktyper fortsatt bestå av hårdgjord yta (asfalt och plattor med fog), se (Figur 12).

Stationsbyggnadens takyta utökas något jämfört med befintlig takyta för tunnelnedgången till Solna station från Tygeln 1 och marken framför stationsentrén hårdgörs (Figur 12).

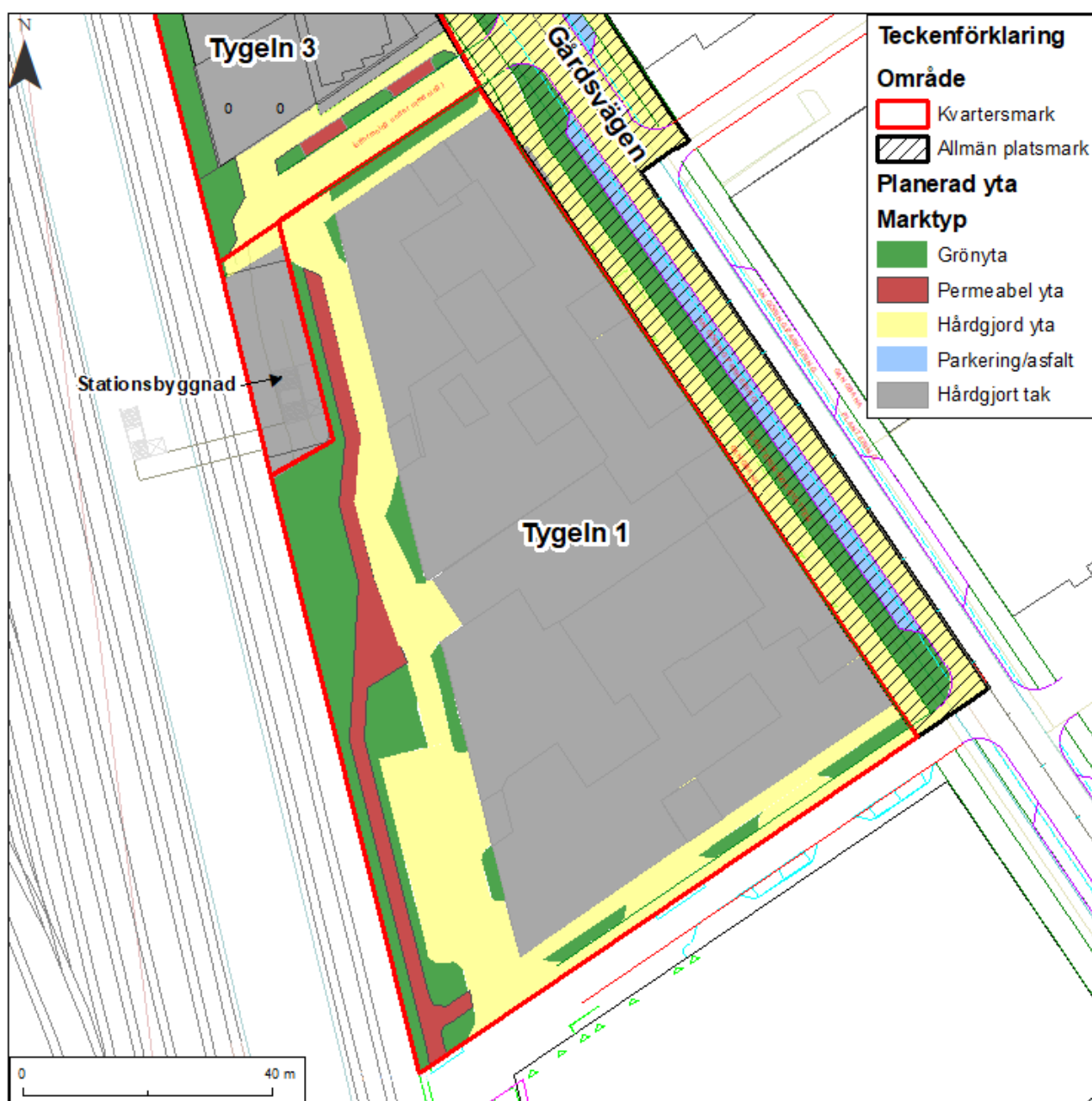
I beräkningarna av flöden från framtida förhållanden utan fördröjande dagvattenanläggningar antas hustaken på stationsbyggnad och Tygeln 1 vara hårdgjorda tak.

Beräknade framtida dimensionerade flöden redovisas i Tabell 16. Jämfört med nollalternativet ökar det dimensionerande framtida flödet från stationsbyggnaden efter byggnation endast marginellt med 2 l/s vid både 10-, 50- och 100-årsregn. 10-årsflödet ökar från ca 8 l/s till 10 l/s (+20%) och 100-årsflödet från 22 l/s till 24 l/s (+11%). Årsmedelflödet ökar från 0,0063 l/s till 0,01 l/s (ca +20%).

Tabell 16 Beräknade framtida dimensionerade flöden utan fördröjning på kvartersmark för stationsbyggnaden.

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	ϕ_{50-100} år	Area _{red} 10 år (ha)	Q10 (l/s)	Q50 (l/s)	Q100 (l/s)	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Tak (hårdgjort)	357	0,04	0,9	1	0,03	9	17	22	221	0,01

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	$\phi_{50-100 \text{ år}}$	Area _{red} 10 år (ha)	Q10 (l/s)	Q50 (l/s)	Q100 (l/s)	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Hårdgjord yta	35	0,004	0,8	1	0,003	1	2	2	19	0,001
Grönyta	3	0,0003	0,1	0,15	0,000	0,009	0,02	0,03	0,2	0,00001
Summa	395	0,04	0,9	1	0,03	10	19	24	240	0,01



Figur 12: Klassning av marktytor utifrån underlag från Wingårdhs och Landskapslaget

Flödet från Tygeln 1 utan dagvattenanläggningar redovisas i Tabell 17. Beräkningarna visar att flödet vid ett 10-årsregn efter exploatering minskar från 204 l/s till 193 l/s (ca -6%) jämfört med nollalternativet och 100-årsflödet minskar från 528 l/s till 477 l/s (-10%). Årsmedelflödet minskar från 0,16 l/s till 0,15 l/s (-6%) mot nollalternativet. Detta beror till största del på större och fler planteringar efter byggnation.

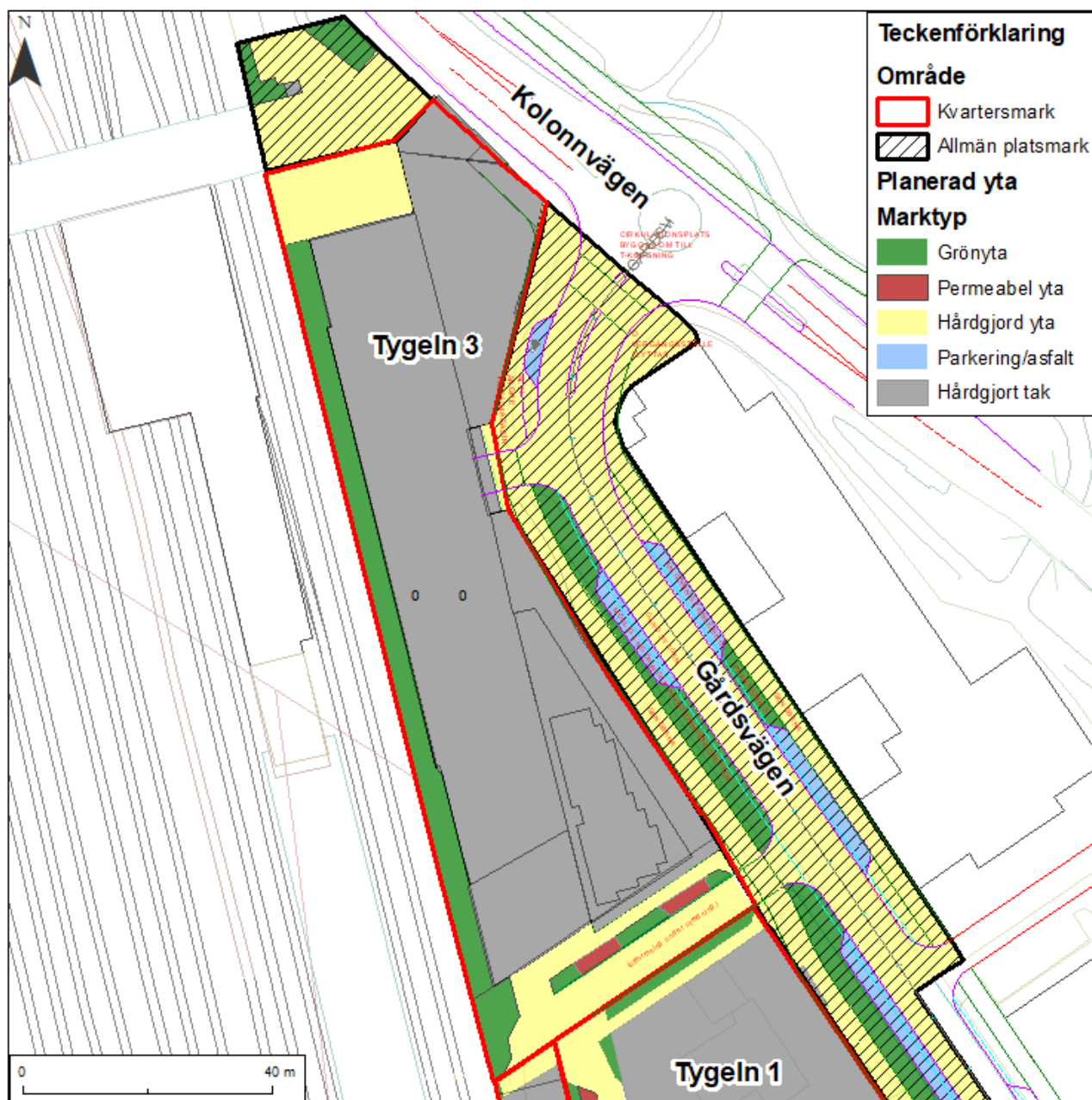
Tabell 17: Beräknade framtida dimensionerade flöden utan fördröjning i Tygeln 1.

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	φ	φ _{50-100 år}	A _{red 10 år} (ha)	Q10 (l/s)	Q50 (l/s)	Q100 (l/s)	Q _{årsmedelflöde} (m ³ /år)	Q _{årsmedelflöde} (l/s)
Hårdgjord yta	1830	0,18	0,8	1	0,15	42	89	112	1007	0,03
Grönyta	975	0,10	0,1	0,15	0,01	2,78	7	9	67	0,002
Tak	5595	0,56	0,9	1	0,50	144	272	342	3462	0,11
Permeabel yta (stenmjöl)	400	0,04	0,4	0,6	0,02	4,56	12	15	110	0,003
Summa	8800	0,88	0,8	0,9	0,7	193	379	477	4645	0,15

5.4.3 Tygeln 3

För beräkningar av framtida flöden baseras klassningen av marktytor på den arkitekturritning som erhöles från Archus daterad 2019-09-24 och Landskapslaget daterad 2021-06-03. På Tygeln 3 kommer de nya byggnaderna uppta större delen av fastigheten vilket gör att den totala takytan ökar jämfört med befintliga förhållanden. Takytan ökar även då de tillkommande huskropparna byggs med en delvis överhängande huskropp. Norra huskroppen kommer enligt ritningarna hänga över ytor som i framtiden kan tas i anspråk av kommunen och komma att regleras med servitut enligt förslag. Anslutna ytor som bidrar till dagvattenavrinning och som behöver fördröjas inom fastigheten ökar till ca 5025 m², jämfört med 4955 m² i befintliga förhållanden.

All hårdgjord yta utom tak på Tygeln 3 har antagits vara asfalterad yta, då inget annat angivits. Grönytor har enligt ritning koncentrerats till området mellan parkeringshuset och spårområdet inom västra delen av tomten. Gatan i södra delen av Tygeln 3 kommer ha planteringar och mindre ytor med permeabel beläggning mellan dessa. I beräkningarna av flöden för framtida förhållanden utan fördröjande dagvattenanläggningar antas hela hustaken vara hårdgjorda tak (Figur 13).



Figur 13: Klassificering av planerade marktyper som bidrar till avrinningen från Tygel 3 utan gröna tak

Det dimensionerande framtida flödet från Tygel 3 utan fördröjande dagvattenanläggningar redovisas i Tabell 18. Flödet från ett 10-årsregn förväntas öka från 105 l/s (nollalternativet) till ca 115 l/s (+10%) efter exploateringen utan fördröjning. Flödet från 100-årsregnen ökar med ca 7 %, från 262 l/s (nollalternativet) till 281 l/s. Årsmedelflödet ökar från 0,08 l/s till 0,09 l/s (+10%) jämfört med nollalternativet.

Tabell 18: Beräknade framtida dimensionerade flöden utan fördröjning i Tygelin 3

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	$\phi_{50-100 \text{ år}}$	$A_{\text{red } 10 \text{ år}}$ (ha)	Q10 (l/s)	Q50 (l/s)	Q100 (l/s)	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Hårdgjord yta	687	0,07	0,8	1	0,055	15,7	33	42	378	0,012
Grönyta	478	0,05	0,1	0,15	0,005	1,4	3,5	4,4	33	0,001
Tak	3810	0,38	0,9	1	0,343	98	185	233	2357	0,07
permeabel yta	50	0,005	0,4	0,6	0,002	1	1	2	14	0,00
Summa	5025	0,50	0,8	0,9	0,40	115	223	281	2782	0,09

5.4.4 Sammanställning flöden

Nedan redovisar beräknade dimensionerande flöden från hela planområdet. Dagvattenflödena från parken vid Lilla Frösunda kommer inte förändras från nollalternativet och ingår därför i sammanställningen nedan. Se vidare i avsnitt 5.5.4 för utförligare beskrivning av ombyggnationen av Lilla Frösunda.

Jämfört mot nollalternativet minskar 10-årsflödet marginellt från 449 l/s till 442 l/s (ca -1,6%). 100-årsflödet minskar från 1177 l/s till 1128 l/s (-4,3%). Årsmedelflödet minskar endast marginellt men ligger avrundat fortfarande på 0,34 l/s.

Tabell 19 Beräknade dimensionerande flöden vid framtida förhållanden utan dagvattenhantering för hela planområdet.

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	$\phi_{50-100 \text{ år}}$	$A_{\text{red } 10 \text{ år}}$ (ha)	Q10 (l/s)	Q50 (l/s)	Q100 (l/s)	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Hårdgjord yta	6979	0,70	0,8	1	0,56	159	339	426	3838	0,12
Grönyta	9624	0,96	0,1	0,15	0,10	27	70	88	662	0,02
Tak (hårdgjord)	9767	0,98	0,9	1	0,88	251	474	597	6043	0,19
Permeabel yta	450	0,05	0,4	0,6	0,018	5	13	16	124	0,00
Summa	26 820	2,68	0,6	0,7	1,55	442	883	1128	10 667	0,34

5.5 Framtida flöden med dagvattenåtgärder och fördröjningsbehov

För att beräkna flödet från respektive kvarter och gatumark efter att 20 mm nederbörd omhändertagits i fördröjningsmagasinen, används en regnintensitet i beräkningarna med en varaktighet motsvarande fyllnadstiden för 20 mm regn + rinntid inom kvartersmarken till närmsta anslutningspunkt på dagvattennätet utanför kvartersmark. Rinntiden inom kvartersmark har angetts till 10 minuter för både Tygel 1 och 3. Fyllnadstiden för 20 mm vid ett 10-årsregn är 15 minuter med klimatfaktor (se Figur 1.25 i Svenskt Vattens publikation P110). Koncentrationstiden (fyllnadstid + rinntid) är således 25 minuter (10+15 minuter). Eftersom rinntid (koncentrationstiden) är lika med regnets varaktighet avläses den regnintensitet som motsvarar regnets varaktighet från en intensitet-varaktighetskurva (Dahlström, 2010) för ett 10-årsregn, vilket ger en regnintensitet på 131 l/s ha.

Vid mycket kraftiga regn (50 och 100-årsregn) med kort koncentrationstid blir fyllnadstiden av fördröjningsmagasinen försumbar och flödet kan därför beräknas utifrån enbart rinntiden på mark och i ledningar inom kvarteret, dvs 10 minuter. För beräkningar av erforderlig magasinvolym används ekvation 3 under avsnitt 5.1. All nederbörd antas fördröjas direkt som faller på fördröjningsmagasinen, varför avrinningskoefficienterna ansätts till 1 för växtbäddar och krossdiket vid beräkningar av magasinvolym.

5.5.1 Allmän platsmark (Gator)

Planteringarna på Gårdsvägen och området norr om Målbron föreslås att anläggas som växtbäddar med biokol där rening och fördröjning av dagvatten från gatan kan ske. I Tabell 20 redovisas dimensionerande beräknade flöden från Gårdsvägen och området norr om och under Målbron. 10-årsflödet minskar från 104 l/s till 55 l/s (-47%) mot nollalternativet och från 97 l/s till 55 l/s (-43%) jämfört med framtid utan fördröjningsåtgärder. 100-årsflödet minskar från 280 l/s (nollalternativet) till 260 l/s (-7%) men förblir oförändrat mot framtid utan dagvattenåtgärder då magasinen snabbt fylls upp vid större regnintensitet. Årsmedelflödet minskar från 0,08 l/s till 0,07 l/s (-7%) jämfört mot nollalternativet och oförändrat mot framtid utan dagvattenåtgärder (0,07 l/s).

Fördröjningsbehovet från Gårdsvägen uppgår till 75 m³ och fördröjningsbehovet från ytan under Målbron och strax norr om Målbron uppgår till ca 8 m³.

Tabell 20: Beräknade framtida dimensionerade flöden med växtbäddar i gatumiljö (allmän platsmark).

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	$\phi_{50-100 \text{ år}}$	Area _{red} 10 år (ha)	Q10 (l/s)	Q50 (l/s)	Q10 0 (l/s)	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Grönyta (växtbäddar)	868	0,09	0,1	0,15	0,01	1,4	6,3	8	60	0,002
Hårdgjord yta	4127	0,41	0,8	1	0,33	54	200	252	2270	0,07
Tak (hiss)	5	0,0005	0,9	1	0,0005	0,07	0,24	0,3	3	0,0001
Grönyta (plantering)	43	0,0005	0,1	0,15	0,0005	0,07	0,24	0,3	3	0,0001
Summa	5000	0,5	1	0,9	0,34	5	207	260	2333	0,07

5.5.2 Tygeln 1 och stationsbyggnad

På Tygeln 1 kommer ca 45% av takytan utgöras av grönt tak (Figur 14). Ett grönt tak med en tjocklek på 150–250 mm kan fördröja 20 mm regn och uppnår därför kravet på fördröjning enligt Solna stads dagvattenstrategi. Gröna ytor på västra sidan av Tygeln 1 anläggs som nedsänkta växtbäddar med skelettjord och biokol där fördröjning och rening av dagvatten från alla ytor från tomten kan ske. Överskottsvatten från takytorna kan avledas vidare till intilliggande nedsänkta växtbäddar för ytterligare rening. Stationsbyggnaden föreslås också anläggas med grönt tak och överskottsvatten kan avledas till en mindre växtbädd framför stationsentrén.

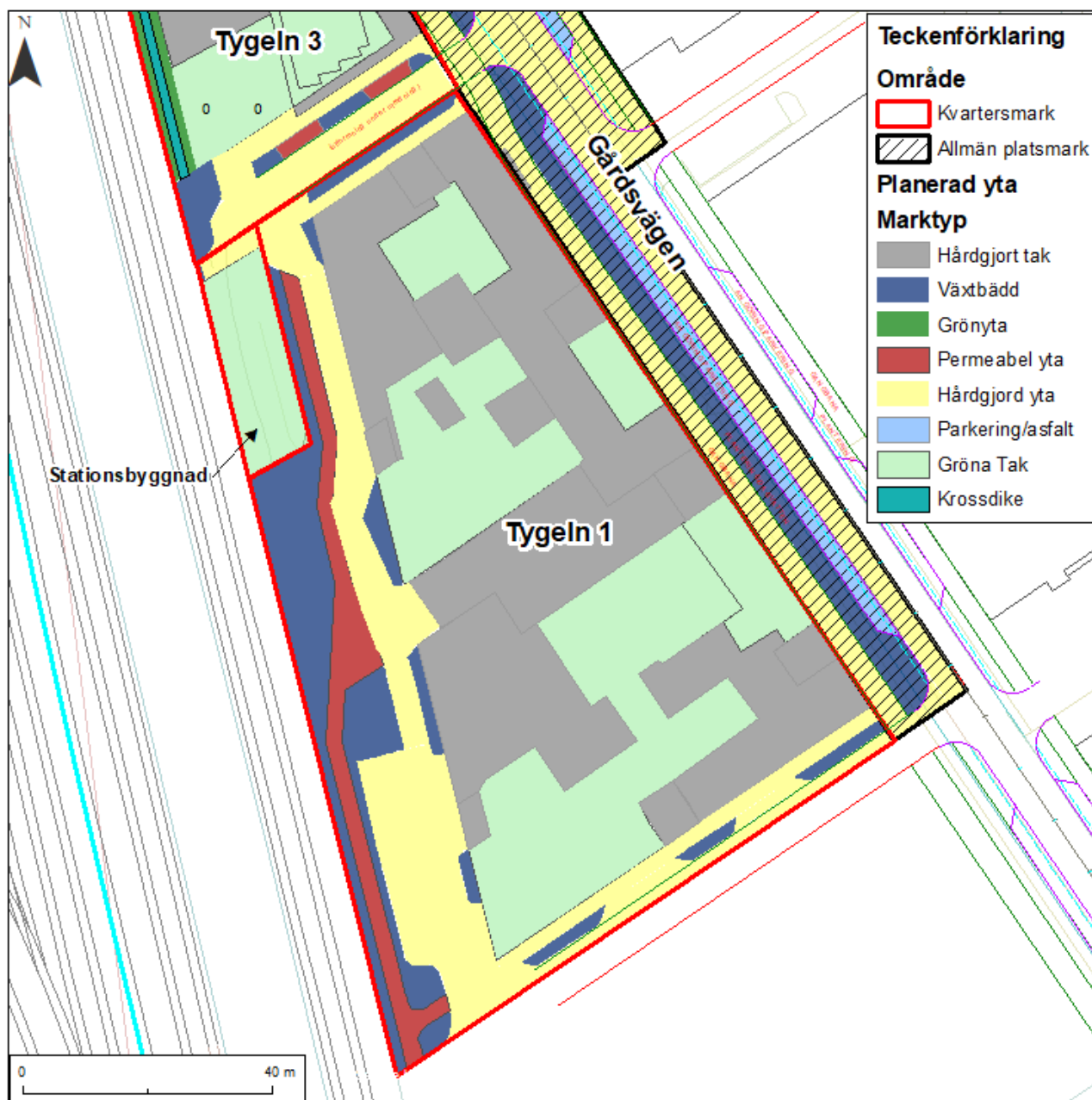
I Tabell 21 redovisas beräknade dimensionerande flöden från stationsbyggnaden med gröna tak och stationsentrén.

Tabell 21 Beräknade framtida dimensionerade flöden med fördröjning på kvartersmark för stationsbyggnaden.

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	ϕ_{50-100} år	$A_{red 10}$ år [ha]	Q_{10} [l/s]	Q_{50} [l/s]	Q_{100} [l/s]	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Hårdgjord yta	357	0,04	0,8	1	0,03	5	17	22	196	0,01
Grönyta (växtbädd)	35	0,004	0,1	0,15	0,00	0	0,3	0,3	2	0,00
Tak (grönt tak)	3	0,0003	0,3	0,45	0,00	0,01	0,1	0,1	1	0,000
Summa	395	0,04	0,7	0,92	0,03	5	18	22,2	199	0,006

Med fördröjning på gröna tak och växtbäddar minskar flödet vid 10-årsregn från stationsbyggnaden från 8,3 l/s (nollalternativet) till 5 l/s (-42 %). Jämfört med framtida förhållanden utan dagvattenåtgärder minskar flödet från 10 l/s till 5 l/s (-50%). Vid större flöden som vid 50 och 100-årsregnen blir den fördröjande effekten försumbar då magasinet fylls upp snabbt. Flödet ökar därför marginellt med 3% mot nollalternativet och minskar med 8 % mot scenariot med fördröjningsåtgärder på grund av en lägre avrinningskoefficient på de gröna taken än de konventionella hårdgjorda taken. Årsmedelflödet från stationsbyggnaden förblir oförändrat mot nollalternativet (0,006 l/s) och årsmedelflödet

minskar från 0,07 l/s till 0,006 med fördröjningsåtgärder efter byggnation, en reduktion med 17 %.



Figur 14 Klassificering av planerade marktytor som bidrar till avrinningen från Tygel 1 och stationsbyggnad med gröna tak.

I Tabell 22 redovisas framtida dimensionerande flöden från Tygel 1 med fördröjningseffekt i gröna tak och växtbäddar.

Tabell 22: Beräknade framtida dimensionerande flöden med fördröjning i Tygel 1.

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	ϕ_{50-100} år	$A_{red 10}$ år [ha]	Q_{10} [l/s]	Q_{50} [l/s]	Q_{100} [l/s]	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Hårdgjord yta	1830	0,18	0,8	1,0	0,15	24	89	112	1007	0,03
Växtbäddar	975	0,10	0,1	0,15	0,01	2	7	9	67	0,002

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	ϕ_{50-100} år	$A_{red 10}$ år [ha]	Q_{10} [l/s]	Q_{50} [l/s]	Q_{100} [l/s]	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Gröna tak	2550	0,26	0,3	0,45	0,08	13	56	70	526	0,02
Permeabel yta (stenmjöl)	400	0,04	0,4	0,6	0,02	3	12	15	110	0,003
Hårdgjorda tak	3045	0,30	0,9	1	0,3	45	148	186	1884	0,06
Summa	8800	0,88	0,6	0,7	0,52	86	311	392	3594	0,11

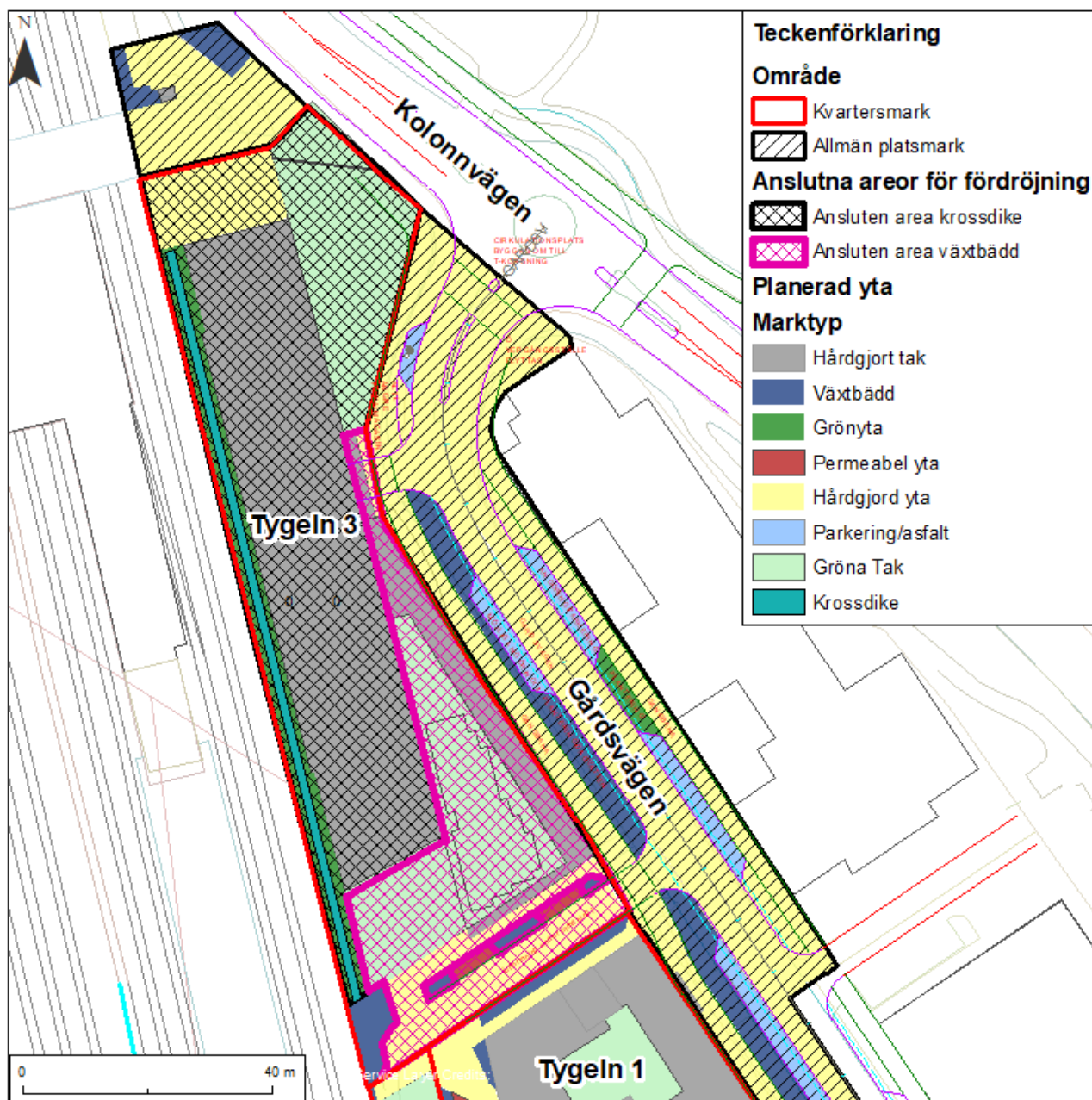
Genom att magasinera 20 mm lokalt blir det dimensionerande flödet från kvarteret vid 10-årsregn 86 l/s, vilket kan jämföras med 193 l/s (ca -56 %) utan fördröjande dagvattenanläggningar och 204 l/s (ca -60% med nollalternativet. 100-årsflödet minskar från 528 l/s till 392 l/s (ca 26 % minskning mot nollalternativet och 18 % minskning mot framtida flöden utan fördröjande dagvattenåtgärder). Årsmedelflödet förväntas minska från 0,16 l/s till 0,11 l/s mot nollalternativet (-30%) och minska från 0,15 l/s till 0,11 l/s gentemot framtida exploatering utan dagvattenåtgärder (-23%).

Den totala erforderliga fördröjningsvolymen i växtbäddarna från kvarteret blir ca 122 m³. Den största volymen härstammar från taken, ca 70 m³. Även om 20 mm regn kan fördröjas på de gröna taken behöver överskottsvatten från taket renas i växtbäddarna för att reducera näringsämnen. Ca 30 m³ härstammar från hårdgjord yta på marken och 3 m³ från den permeabla gångvägen. Övriga 20 m³ kommer från nederbörd som faller på växtbäddarna direkt och fördröjs utan avrinning på marken.

5.5.3 Tygeln 3

På Tygeln 3 har 35% av takytan reserverats åt gröna tak, vilka är koncentrerade till de nya tillbyggnaderna. De nya byggnadsdelarna bedöms klara lasterna från gröna tak bättre än de befintliga. Delar av takytan reserveras även till en takterrass. 10 % av de utritade gröna takytorna i Figur 15 antas bestå av hårdgjorda ytor som t.ex. rämnor, huvar och hisstak.

I det gröna stråket mellan spårområdet och parkeringshuset föreslås att ett krossdike med grön beklädnad anläggas, vilket medför en mer trög avledning och rening innan dagvattnet kopplas till dagvattennätet. Till diket kan delar av takvatten och dagvatten från markytan strax norr om parkeringshuset avledas (Figur 15).



Figur 15 Klassificering av planerade marktytor som bidrar till avrinningen från Tygel 3 med gröna tak och förslagen placering av dagvattenanläggningar inom tomten.

I Tabell 23 redovisas framtida dimensionerande flöden med fördröjningseffekt i gröna tak och sprängstensfyllt krossdike med grön beklädnad samt nedsänkta växtbäddar söder om huset.

Tabell 23: Beräknade framtida dimensionerade flöden med fördröjning på Tygel 3

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	$\phi_{50-100 \text{ år}}$	$A_{red 10 \text{ år}}$ [ha]	Q_{10} [l/s]	Q_{50} [l/s]	Q_{100} [l/s]	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Hårdgjord yta	687	0,07	0,8	1	0,05	9,0	33	42	378	0,01

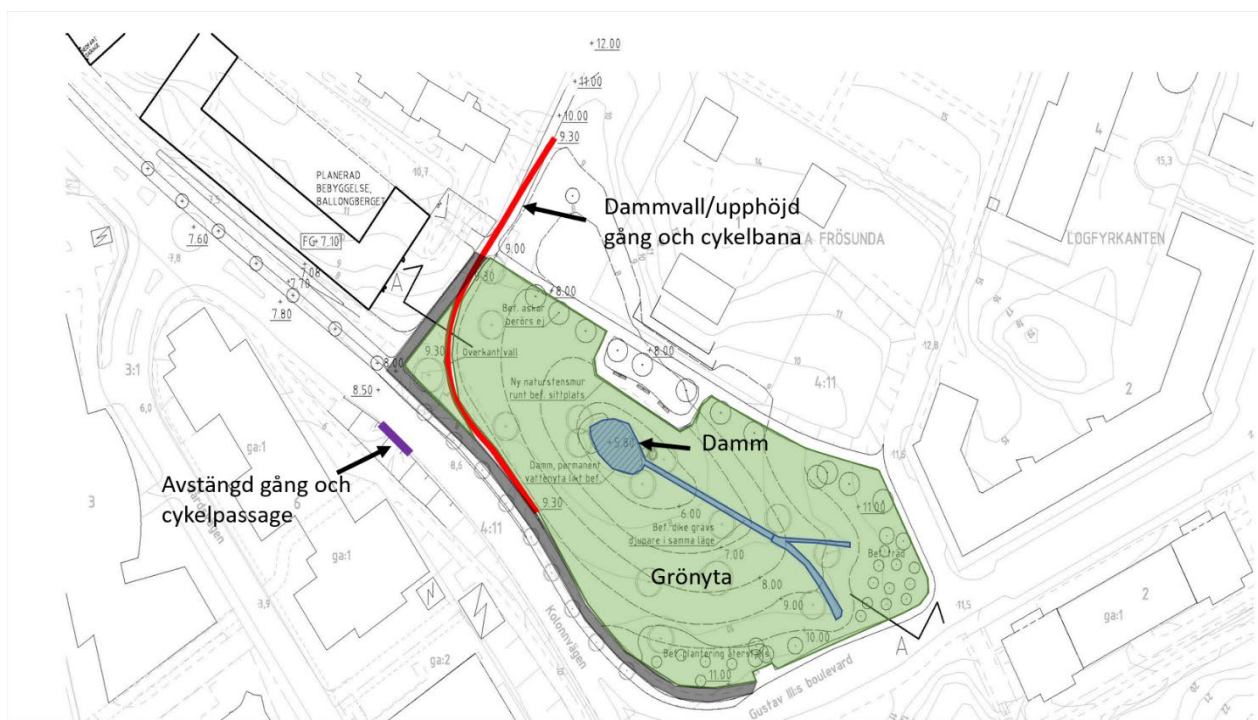
Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	$\phi_{50-100 \text{ år}}$	$A_{\text{red } 10 \text{ år}}$ [ha]	Q_{10} [l/s]	Q_{50} [l/s]	Q_{100} [l/s]	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Hårdgjord yta	687	0,07	0,8	1	0,05	9,0	33	42	378	0,01
Tak	2475	0,25	0,9	1	0,2	36	120	151	1531	0,049
Gröna tak - 35%	1333	0,1	0,3	0,45	0,04	6,5	29	37	367	0,01
Krossdike	190	0,02	0,2	0,3	0,004	0,6	3	3	26	0,001
Grönyta	178	0,02	0,1	0,15	0,002	0,3	1	2	12	0,000
Permeabel yta	50	0,01	0,4	0,6	0,002	0,3	1	2	14	0,000
Växtbädd	112	0,01	0,1	0,15	0,001	0,2	1	1	8	0,000
Summa	5025	1	0,6	0,8	0,3	53	188	237	2336	0,07

Genom att magasinera 20 mm regn lokalt blir det dimensionerande flödet vid 10-årsregn ca 53 l/s, vilket kan jämföras med 115 l/s (ca -54%) utan fördröjande dagvattenanläggningar. Jämfört med nollalternativet minskar flödet från 105 l/s till 53 l/s (ca -50%). 100-årsflödet förväntas minska från 281 l/s i framtida exploatering utan dagvattenanläggningar till 237 l/s (-16%) med fördröjande dagvattenanläggningar. Jämfört mot nollalternativet minskar 100-årsflödet från 262 l/s till 238 l/s (-10%). Årsmedelflödet förväntas minska från 0,08 l/s (nollalternativet) till 0,07 l/s (-8%). Och gentemot framtida exploatering utan dagvattenåtgärder minskar årsmedelflödet från 0,09 l/s till 0,07 l/s, en reduktion på ca 16 %.

Hela fördröjningsbehovet från fastigheten uppgår till ca 70 m³. Dagvatten från taket på den gamla parkeringen samt norra nybyggnaden föreslås avledas och fördröjas i krossdike (makadamfyllt magasin) mellan parkeringshuset och spårområdet. Fördröjningsbehovet från anslutna ytor till krossdike uppgår till ca 50 m³. Takvatten från södra byggnaden och den nya tillbyggnaden på parkeringshuset samt dagvatten från tvärgatan tillhörande Tygel 3 föreslås avledas till nedsänkta växtbäddar på tvärgatan söder om huset på Tygel 3. Fördröjningsbehovet i växtbäddarna uppgår till ca 20 m³.

5.5.4 Lilla Frösunda

Den största förändringen av parkmiljön är ny höjdsättning för att rymma erforderliga skyfallsmängder. Den befintliga lågpunkten och dagvattendammen i parken kommer bibehållas för att fortsatt användas som fördröjningsmagasin. Gång- och cykeltunnel under Kolonnvägen vid parken kommer stängas och den befintliga GC-vägen längs den nordöstra delen av Lilla Frösunda-parken kommer höjas för att fungera som dammvall vid skyfall (Figur 16).



Figur 16 Förslag till utformning av parken vid Lilla Frösunda (Landskapslaget, 2020).

Andelen grönytor och hårdgjorda ytor i området kommer inte förändras efter ombyggnation då dammvallen kommer gå nära den befintliga gränsen för tillrinningsområdet till dammen. Flödesvägarna inom planområdet kommer heller inte förändras i jämförelse med befintliga förhållanden. Avrinningen ifrån parken efter ombyggnation förblir densamma som för nollalternativet (Tabell 24).

Tabell 24: Dimensionerande flöden från Lilla Frösunda i framtida förhållanden.

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	ϕ_{50-100} år	Area _{red} 10 år (ha)	Q10 (l/s)	Q50 (l/s)	Q100 (l/s)	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Grönyta	7300	0,73	0,1	0,15	0,073	21	73	67	502	0,02
Hårdgjord yta	300	0,03	0,8	1	0,024	7	15	18	165	0,005
Summa	7600	0,76	0,12	0,2	0,1	36	87	85	667	0,02

5.5.5 Sammanställning flöden

Det totala flödet från planområdet i framtida förhållanden med dagvattenåtgärder leder till reducerade flöden jämfört med nollalternativet och framtida förhållande utan dagvattenåtgärder.

10-årsflödet minskar från 449 l/s till 207 l/s (-54%) mot nollalternativet och minskar från 442 l/s till 207 l/s (-53%) jämfört med framtid utan fördröjning. 100-årsflödet minskar från 1177 l/s till 960 l/s (-18%) mot nollalternativet och från 10 667 l/s till 960 l/s (-15%) mot framtida förhållanden utan dagvattenåtgärder. Årsmedelflödet minskar från 0,34 l/s till 0,28 l/s (-20%) mot nollalternativet och från 0,34 l/s till 0,28 l/s (-19%) jämfört med framtida förhållanden utan dagvattenåtgärder.

Tabell 25 Beräknade dimensionerande flöden vid framtida förhållanden utan dagvattenhantering för hela planområdet.

Marktyp	Area (m ²)	Area (ha)	ϕ	$\phi_{50-100 \text{ år}}$	Area _{red} 10 år (ha)	Q10 (l/s)	Q50 (l/s)	Q100 (l/s)	Q årsmedelflöde (m ³ /år)	Q årsmedelflöde (l/s)
Hårdgjord yta	6614	0,66	0,8	1	0,53	87	321	404	3638	0,12
Grönyta (plantering)	8398	0,84	0,1	0,15	0,08	14	61	77	577	0,02
Tak (hårdgjord)	5525	0,55	0,9	1	0,50	81	268	338	3419	0,11
Permeabel yta	450	0,05	0,4	0,6	0,02	3	13	16	124	0,004
Växtbädd	1947	0,19	0,1	0,15	0,02	3	14	18	134	0,004
Gröna tak	3886	0,39	0,3	0,45	0,12	19	85	107	801	0,03
Summa	26 820	2,68	0,47	0,59	1,26	207	763	960	8693	0,28

5.6 Föroreningsbelastning

Föroreningsbelastningen beräknas utifrån årsmedelflödet och schablonhalter av dagvattenföroreningar från olika marktyper som sammanställts i Stormtac (2017). En klimatfaktor har använts för alla scenarier utom "Befintliga förhållanden". Föroreningshalter från hårdgjorda ytor, grus och mindre grönytor har beräknats med halter från marktypen "Centrumområde" från Stormtac. För tak och parkering har föroreningsmängder beräknats separat. I Lilla Frösunda har schablonhalter för gräsområde (park) och gång och cykelväg som finns listade i Stormtac använts för att beräkna belastningen från parkområdet.

I Tabell 26 presenteras den totala föroreningsbelastningen från hela detaljplaneområdet i g/år.

Tabell 26: Total belastning från detaljplaneområdet. Föroreningsmängder anges i g/år.

Scenario	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	olja
Befintlig markanvändning											
Centrumområde	1153	7618	82	91	576	4	21	35	0,2	410 000	6176
Tak	242	4838	7	20	75	2	11	12	0,01	67 000	0
Parkering	133	1500	40	53	186	1	20	5	0,1	186 000	1000
Gräs (park)	64	442	2	6	11	0	1	1	0,01	18 800	80
Gång och cykelväg (park)	11	238	0	3	3	0	1	1	0,01	970	101

Scenario	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	olja
Total Belastning	1603	14 635	132	173	851	7	53	53	0,3	682 770	7357
Nollalternativ											
Centrumområde	1441	9522	103	113	721	5	26	44	0,3	514 000	7720
Tak	302	6048	9	25	94	3	13	15	0,02	84 000	0
Parkering	170	1800	50	66	232	1	25	7	0,1	232 000	1300
Gräs (park)	80	552	3	8	14	0	1	1	0,01	23 500	100
Gång och cykelväg (park)	14	297	1	4	3	0	1	1	0,01	1200	127
Total Belastning	2008	18 219	165	216	1064	9	66	67	0,4	854 700	9248
Framtid utan fördröjning											
Centrumområde	1089	7130	78	86	545	4	19	33	0,2	391 000	5800
Tak	544	10 807	16	45	169	5	24	27	0,03	150 000	0
Gräs (park)	80	552	3	8	14	0	1	1	0,01	23 500	100
Gång och cykelväg (park)	14	297	1	4	3	0	1	1	0,01	1200	127
Total Belastning	1727	18 786	97	142	731	9	46	62	0,2	565 700	6427
Framtid med fördröjning											
Centrumområde	1120	7700	82	92	570	4	21	34	0,2	413 000	6080
Tak	299	6000	9	25	93	3	13	15	0,02	83 000	0
Gröna tak	229	3100	1	12	19	0,1	2	2	0,01	15 000	0
Gräs (park)	80	552	3	8	14	0,2	1	1	0,01	23 000	100
Gång och cykelväg (park)	14	297	1	4	3	0,05	1	1	0,01	1220	127
Total belastning (TB)	1742	17 649	95	140	698	7	39	53	0	535 220	6307
TB efter rening	630	10 100	18	46	109	1,12	24	12	0,1	100 000	2330
Procentuell rening mot nollalternativ (%)	69%	44%	89%	79%	90%	87%	64%	82%	67%	88%	75%

I nollalternativet ökar föroreningsbelastningen proportionerligt med klimatfaktorn, dvs 25%. I scenariot "Framtid utan fördröjning" minskar alla halter mot nollalternativet utom kväve. På Tygeln 1 kommer till exempel den stora parkeringen på taket av den befintliga byggnaden att försvinna vilket reducerar mängden olja och suspenderat material, men den större andelen planteringar som planeras att anläggas på baksidan av huset och på Gårdsvägen bidrar till att näringsämnen som kväve ökar. Dock minskar det totala flödet från planområdet med fler växtbäddar och planteringar som kan ta upp vatten i växterna. Jämfört mot befintliga förhållanden utan klimatfaktor ökar samtliga ämnen utom bly, zink, koppar och kvicksilver med framtida förhållanden utan reningseffekten. Med reningseffekten från dagvattenanläggningarna minskar belastningen från samtliga ämnen mellan 50%-86% jämfört mot dagens förhållanden. Med fördröjning på gröna tak och med biokol i växtbäddarna kombinerat med flöde genom krossdiket och fördröjningsdamm i Lilla Frösundaparken reduceras belastningen jämt mot nollalternativet med 61%-89% för olika ämnen som finns i dagvattnet. Se vidare diskussion i kapitel 8.0 om påverkan på recipient och miljö kvalitetsnormer.

6.0 FÖRSLAG PÅ DAGVATTENHANTERING

6.1 Gröna tak

Kvartersmarken inom planområdet kommer till stor del upptas av byggnader, vilket gör att utrymmet för dagvattenanläggningar är begränsad. Gröna tak ses därför som en lämplig åtgärd för att kunna klara Solna Stads dagvattenstrategi på rening och fördröjning av 20 mm regn.

Hela den erforderliga fördröjningsvolymen från de gröna taken på Tygeln 1 och 3 och stationsbyggnaden utanför kvartersmark beräknas kunna fördröjas på taken. Beräkningarna bygger på att de gröna taken anläggs med tjock sedummatta med substratjord som är mellan 150–250 mm eller ett tak där tillverkaren kan garantera en avrinningskoefficient på högst 0,3. Takvatten från gröna tak är generellt renare än dagvatten från markytor, men kan innehålla högre halter näringsämnen. Med tanke på Brunnsvikens redan höga belastning på näringsämnen, rekommenderas att växter väljs som är mindre näringskrävande och att överskottsvatten från gröna tak och konventionella hårdgjorda tak renas i växtbäddarna. Takvatten kan ledas via stuprör och vattenutkast till rännalar på marknivå för avledning mot dagvattenanläggningarna. Även dagvatten från mark kan ledas in i fördröjningsmagasinen via rännalar. Ett grönt tak kräver ett visst underhåll, och en underhållsplan bör upprättas för att minimera gödning och påverkan på dagvattenkvaliteten avseende näringsämnen.

6.2 Växtbäddar inom Tygeln 1

Nedsänkta växtbäddar skapar en yttlig fördröjningszon över marklagret och kommer att anläggas på baksidan av Tygeln 1 (västra sidan). På gatan mellan Tygeln 1 och 2 förläggs växtbäddarna i gatunivå. Med växtbäddar uppnås effektiv rening förutsatt att skelettjorden har en tillräcklig mäktighet. Om alla planteringar på fastighetens västra sida anläggs som nedsänkta växtbäddar, alternativt upphöjda närmast huskropp med tät duk för att undvika fuktproblem, och skelettjorden anläggs med ca 15 % porositet och biokol, bedöms dessa åtgärder kunna rymma den erforderliga fördröjningsvolymen och ge fullgod rening. Tas hänsyn till att ca 4 mm regnvatten (25 m³) hinner infiltrera ner i marklagret under pågående 10-årsregn, behöver den erforderliga fördröjningsvolymen i fördröjningszonen (yttliga magasinet) i de nedsänkta växtbäddarna inom kvartersmark uppgå till 97 m³.

I praktiken innebär det ett erforderligt djup i marklagret på minst 0,5 meter (1 meter för trädgröpar) för effektiv rening och ett anläggningsdjup på minst ca 100 mm på fördröjningszonen (yttliga magasinet) i de nedsänkta växtbäddarna och att dess totala yta uppgår till ca 970 m² inom kvarteret. Förslagsvis anläggs växtbäddarna på grönytorna enligt arkitekturritningarna. Genom att göra fördröjningszonen djupare än 100 mm finns goda möjligheter att fördröja större regnmängder för att till exempelvis minska översvämningens risker.

6.3 Växtbäddar i gatumiljön

Om alla planteringar på västra sidan av Gårdsvägen (ca 700 m²) anläggs i gatunivå med luftig skelettjord med biokol uppnås erforderlig rening och fördröjning. Växtbäddarna norr om Målbron (120 m²) behöver inte anläggas nedsänkta för att klara erforderlig fördröjningsvolym (83m³) men kan med fördel göras nedsänkta för att ta hand om större nederbörds mängder.

6.4 Grönbeklätt krossdike och nedsänkta växtbäddar inom Tygel 3

På Tygel 3 kan ett gräsövertäckt krossdike med makadamfyllning vara en lösning för att utnyttja utrymmet mellan huskropp och spårområdet. De estetiska värdena med en växtbädd på denna yta bedöms inte nödvändig då ingen gång eller biltrafik kommer förläggas till baksidan av huset. För att kunna inrymma en erforderlig magasinvolym från anslutna ytor till krossdiket på 46 m³ anläggs krossdiket förslagsvis en bit från husväggen med dimensionerna 1,5 meter bred, 125 meter lång och med ett djup på 0,8 meter. Krossdiken med makadamfyllning antas ha en porositet på 30%.

För att omhänderta resterande fördröjningsvolym på ca 24 m³ behöver växtbäddarna inom Tygel 3 vara nedsänkta med ett minsta anläggningsdjup på marklagret på 0,5 m (1 meter i praktiken för trädgröpar) och ett anläggningsdjup på fördröjningszonen (ytliga magasinet) på 160 mm.

6.5 Generell dagvattenhantering

Alla dagvattenanläggningar på Tygel 1 och 3 bör förses med dräneringsledning om jordlagret saknar god infiltrationsförmåga. Fyllnadsmaterial kan variera mycket och de plats specifika förhållandena måste tas hänsyn till. I samband med ombyggnationen kommer eventuella befintliga föroreningar att grävas bort och halterna kommer även minska betydligt under tiden länshållning i schakterna pågår när de nya byggnaderna uppförs.

Som försiktighetsåtgärd föreslås att jordprovtagning utförs i planerade lägen för växtbäddar där fyllnadsmaterial kvarlämnas. Genom att utföra laktester på jordproverna kan risken för grundvattenpåverkan bedömas genom jämförelse mellan halter i lakvätskan och i grundvattnet på platsen. Utifrån resultaten av undersökningen tas beslut om växtbäddar kan anläggas med eller utan tätduk. En öppen botten i växtbädden möjliggör infiltration av dagvatten vilket ger en förbättrad reningseffekt och minskade dagvattenflöden. Om grundvattenytan riskerar att nå över botten på dagvattenanläggningarna, ska dessa anläggas med tätduk för att inte riskera att dränera grundvattnet och bibehålla den erforderliga fördröjningsvolymen.

Växtbäddar bör även förses med bräddningsmöjlighet, till exempel en kupolbrunn som placeras i nivå med fördröjningszonens överkant. Det är viktigt att bräddavloppen inte sätts för lågt så att vattnet inte bräddar direkt i växtbädden. Om växtbäddarna och krossdiket förläggs utmed en husvägg eller ovan en källare, behöver dessa göras täta för att undvika fuktproblem.

I dagsläget är höjden på vattengången för serviserna på dagvattennätet i Gårdsvägen okänd. Servisen vid Tygel 3 kommer eventuellt även att flyttas längre norrut efter exploateringen. Det är viktigt att dagvattenledningarna som ansluts till dagvattenanläggningarna höjdsätts korrekt så inte vatten riskeras att bli stående i ledningar och mot huskroppar. Detta gäller speciellt i lågpunkterna inom kvarteren. Mindre lågpunkter bör dock byggas bort för att undvika stående vatten vid större skyfall. Träd och dagvattenanläggningar får inte placeras över, eller begränsa åtkomst eller skada VA-ledningar.

Markytan skall luta ut från byggnader. Ytorna inom 3 m kring byggnader rekommenderas i Svenskt Vattens P105 (2011) att ha en minsta lutning på 1:20 och efter det en lutning på 1:50 - 1:100. Rännदार anläggs förslagsvis för att avleda vatten från vattenutkast och för att avleda vatten mot växtbäddarna.

7.0 SKYFALLSUTREDNING

En fördjupad skyfallsutredning har genomförts för detaljplanens avrinningsområde och resultaten redovisas i en separat rapport.

8.0 PÅVERKAN PÅ RECIPIENT OCH MILJÖKVALITETSNORMER

Ombyggnaden av parken vid Lilla Frösunda påverkar dagvattenförhållandena mycket lite. Markanvändningen som till största delen är grönytor förblir densamma och den befintliga dammens funktion bibehålls. De förändringar som planeras i parken kommer att möjliggöra en större magasinering av ytvatten vid skyfall vilket leder till ett jämnare flöde av dagvatten till ledningssystemet och till Brunnsviken. Dagvattnets kvalitet förbättras också då en större mängd dagvatten kommer att kunna fördröjas och lösa partiklar som annars skulle ledas direkt till recipienten vid större skyfall via dagvattennätet kommer att kunna sedimenteras i dammen.

Dagvattendammen tillsammans med föreslagna ovan beskrivna åtgärder avseende rening och fördröjning i växtbäddar och krossdike går i linje med Solna Stads åtgärdsprogram för hållbar dagvattenhantering (Solna Stad, 2018) som bland annat anger att lokala uppströmsåtgärder ska prioriteras. I beräkningarna har endast belastningen och reningseffekten från planområdet tagits fram. Resultaten visar att det totala flödet från planområdet minskar efter ombyggnation. Ett minskat dagvattenflöde i kombination med föreslagna dagvattenåtgärder inom planområdet leder till att föroreningsbelastningen från bland annat metaller, näringsämnen, olja och suspenderade ämnen reduceras och att den nya detaljplanen inte försämrar möjligheterna att följa miljö kvalitetsnormerna för Brunnsviken. De föreslagna dagvattenåtgärderna innebär att Solna Stads krav på rening och fördröjning av 20 mm regn från hela planområdet uppfylls, vilket har beräknats fram som en tillräcklig reningseffekt för att följa miljö kvalitetsnormerna för Brunnsviken när nya detaljplaner tas fram.

Det bör noteras att de föroreningshalter som används vid beräkningarna är schablonvärden, vilket innebär att det finns en osäkerhet i hur väl dessa beskriver de platsspecifika förhållandena inom planområdet.

9.0 SAMLAD BEDÖMNING

Golder bedömer att det finns goda förutsättningar att rena och fördröja dagvatten inom hela detaljplanen om föreslagna dagvattenåtgärder genomförs och därmed uppfylla Solna Stads krav att rena och fördröja 20 mm regn. Dimensionerade flöden och föroreningsbelastningen minskar efter nybyggnationen med dagvattenåtgärder i jämförelse med befintliga förhållanden och nollalternativet vilket skapar bättre förutsättningar att klara miljö kvalitetsnormen för Brunnsviken.

Om dagvatten inte kan avrinna via självfall i ledningar från lågpunkterna kan det bli aktuellt att pumpa dagvatten till befintlig anslutningspunkt i Gårdsvägen.

De nedsänkta regnbäddarna kan göras djupare än föreslagna dimensioner för att få plats med volymer större än 20 mm. Krossdiket och parkmiljön vid Lilla Frösunda kommer anläggas för att även utnyttjas vid större skyfall för att minska översvämningensrisken i planområdet. I dagvattenutredningen har endast de minsta dimensionerna angetts för att klara 20 mm regn men det finns goda förutsättningar att göra krossdiket betydligt större.

10.0 FORTSATTA UTREDNINGAR

I det fortsatta projekteringsarbetet kommer mer detaljerade utredningar göras i samråd med arkitekter, konstruktörer och VA-projektörer för att bl.a. bestämma dagvattenanläggningarnas exakta utformning och placering. Det kommer även att krävas kompletterande geotekniska och hydrogeologiska undersökningar för att få mer detaljinformation om markförhållandena där anläggningarna ska placeras.

Golder Associates AB



Hanna Lagergren



Thomas Jansson

Org.nr 556326-2418
VAT.no SE556326241801
Styrelsens säte: Stockholm

[https://golderassociates.sharepoint.com/sites/143966/project files/5 technical work/8.rapporter/dagvatten/dagvattenutredning tyglen 1 och 3/dagvattenutredning tyglen 13_rev211013.docx](https://golderassociates.sharepoint.com/sites/143966/project%20files/5%20technical%20work/8.rapporter/dagvatten/dagvattenutredning%20tyglen%201%20och%203/dagvattenutredning%20tyglen%2013_rev211013.docx)

REFERENSER

Dahlström, B. (2010). *Regnintensitet - en molnfysikalisk betraktelse*. Svenskt Vatten AB.

SGU. (2019a). *Jordartskartan 1:25000- 1:100000*. Hämtat från <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-25-100.html>

SGU. (2019b). *Grundvattenmagasin*. Hämtat från <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-grundvattenmagasin.html>

Solna Stad. (2017). *Solna Stads Dagvattenstrategi*. Stockholm.

Solna Stad. (2018). *Solna Stads åtgärdsprogram för Brunnsviken*. Solna, Stockholm.

VISS. (2019). *Brunnsviken*. Hämtat från <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA68040883>



golder.com