

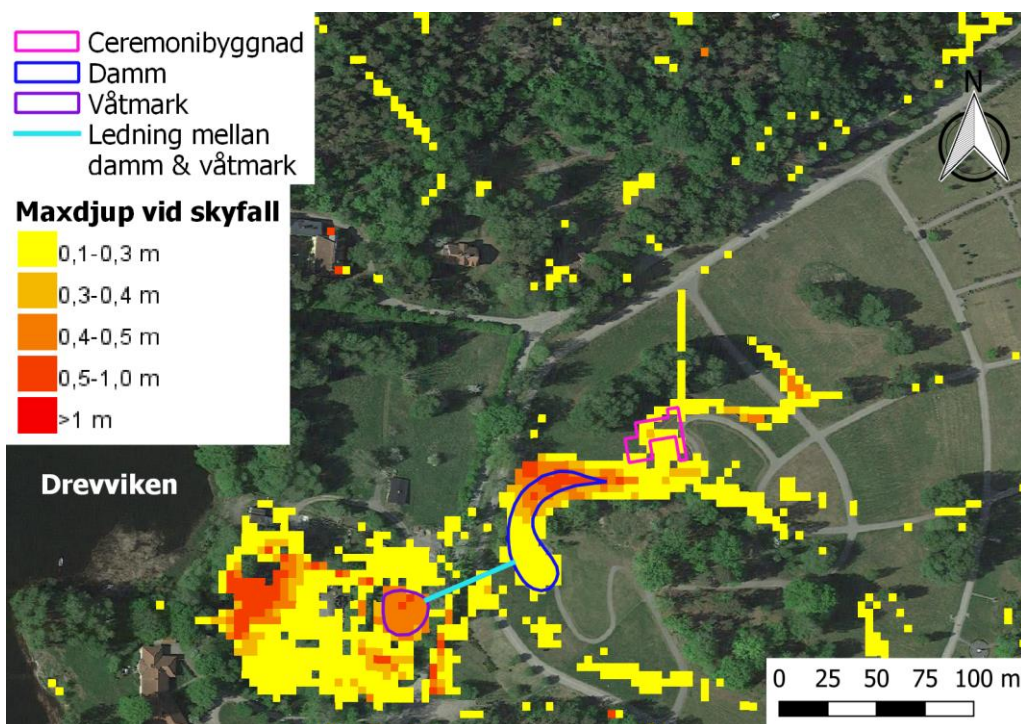
PM

Översvämningsrisker vid planerad ceremonibyggnad på Strandkyrkogården

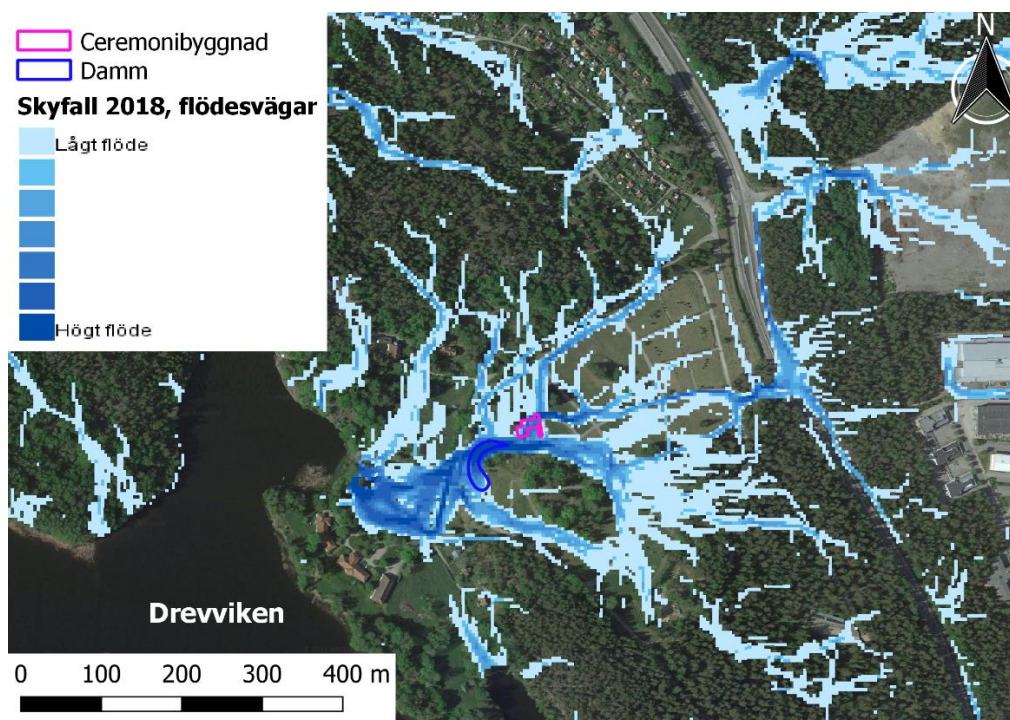
1 Inledning

Stockholm stads kyrkogårdsförvaltning planerar en ceremonibyggnad på Strandkyrkogården i Tyresö. Ett förslag till placering och utformning har tagits fram och lämnats på remiss.

I remissvaren har det påtalats att det enligt Stockholms stads skyfallsanalys finns risk för översvämnung där byggnaden är tänkt att uppföras (Figur 1 och Figur 2), varvid det efterfrågats en noggrannare utredning av dessa risker. Kyrkogårdsförvaltningen har därför genom Hifab uppdragit åt WRS att närmare studera översvämningsriskerna och hur dessa vid behov kan hanteras.



Figur 1. Maxdjup vid skyfall. Källa: Stockholms stads skyfallsanalys. Ortofoto: Google Satellite.



Figur 2. Flödesvägar vid skyfall. Källa: Stockholms stads skyfallsanalys. Ortofoto: Google Satellite.

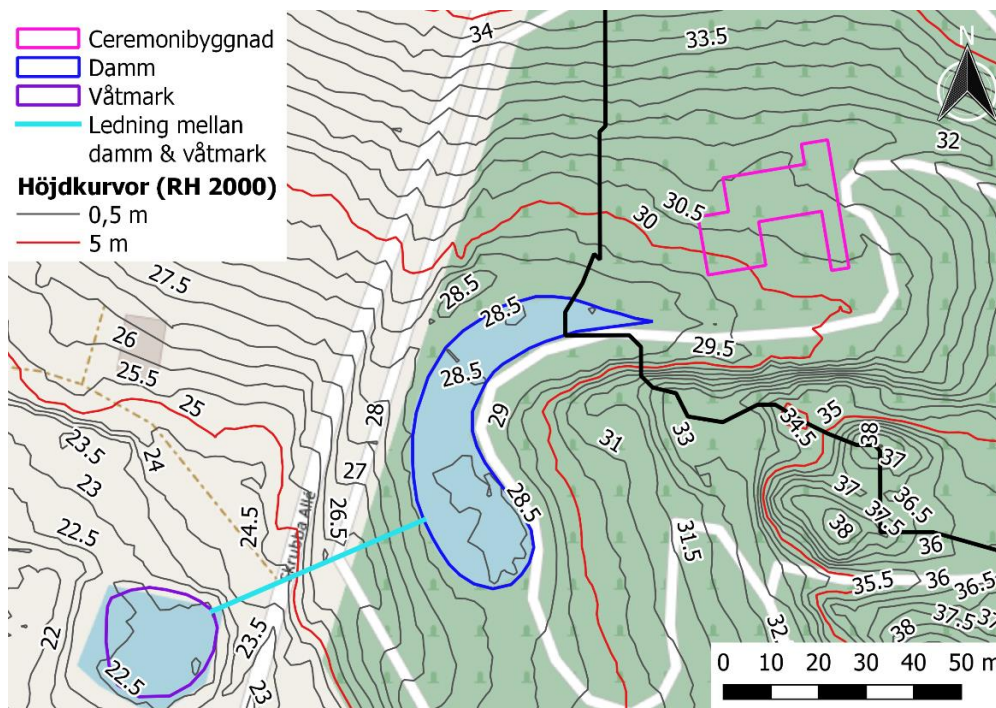
2 Förslag till ceremonibyggnad

Den planerade ceremonibyggnaden ska byggas i grässlånten i västra delen av Strandkyrkogården i anslutning till befintlig parkdamm (Figur 3).



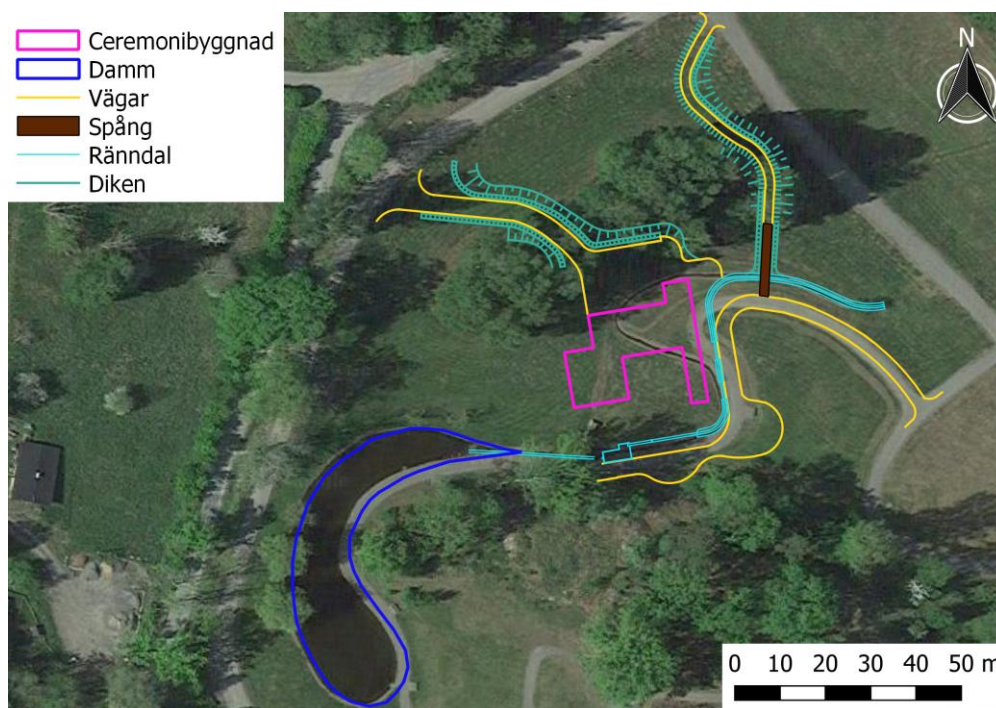
Figur 3. Strandkyrkogården ligger i stadsdelen Skrubba i Tyresö mellan väg 260 och Drevviken. Bakgrund: OpenStreetView.

Byggnaden ska få färdigt golv på nivån +30,98 m (RH 2000), vilket är ca 2,5 m högre än dammens breda krön ut mot slänten på nivån +28,5 m (Figur 4).



Figur 4. Området kring planerad ceremonibyggnad sluttar kraftigt åt söder och sydväst. Källa höjder: SCALGO (höjdsystem RH 2000). Bakgrund: OpenStreetView.

Dammen fylls idag på med färskvatten samt tillförs dagvatten via ett stensatt dike. Diket ska ledas om för att runda planerad ceremonibyggnad (Figur 5), men planeras i övrigt fungera som tidigare.

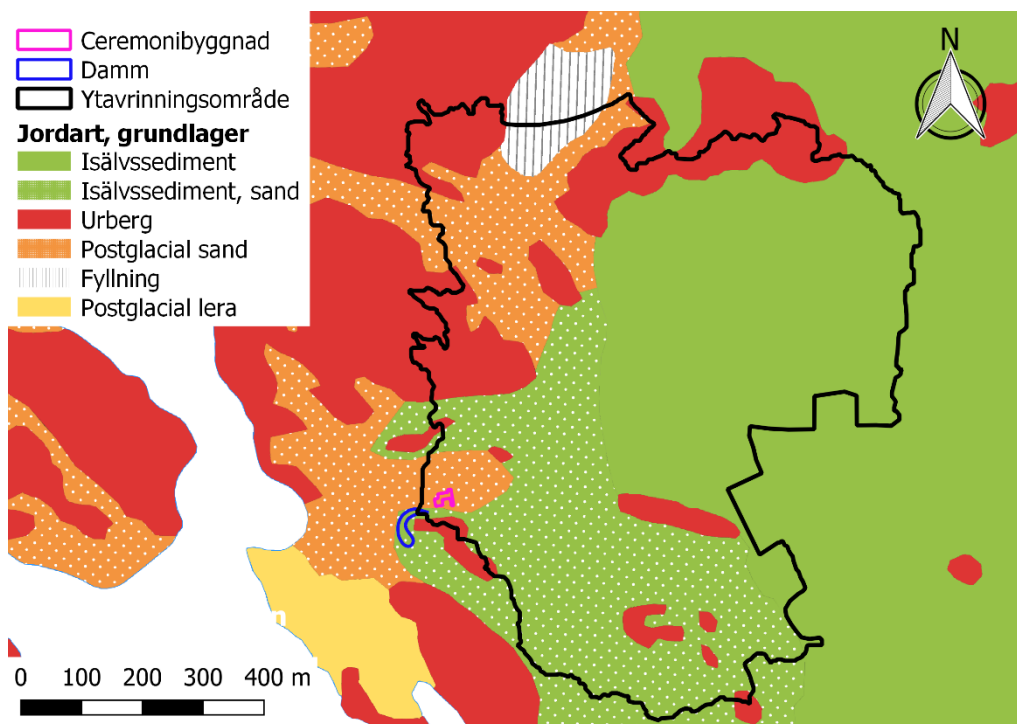


Figur 5. Föreslagen placering av ceremonibyggnad, omkringliggande vägar och diken. Källa: dwg LP001. Ortofoto: Google Satellite.

Platsen och dess avrinningsområde – geologi & markanvändning

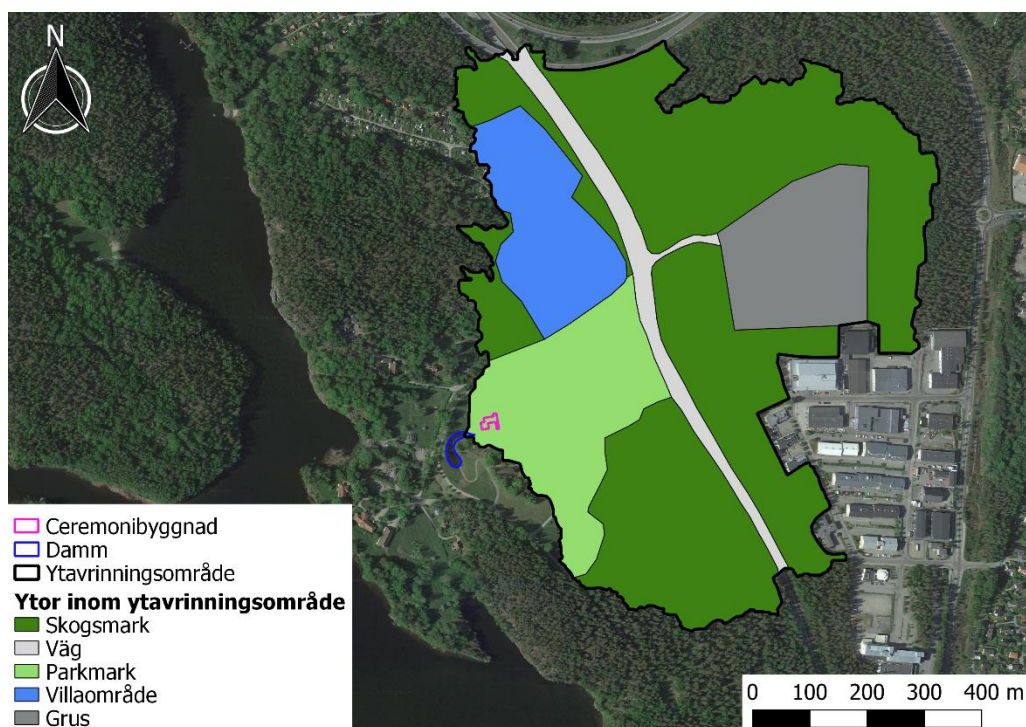
Utbredningen av avrinningsområdet uppströms platsen för ceremonibyggnaden har uppskattats med GIS-verktyget SCALGO och sedan modifierats efter diskussioner med personal på Stockholms Kyrkogårdsförvaltning och Trafikverket. Avrinningsområdet är knappt 60 ha stort (Figur 6).

Jordarten inom merparten av avrinningsområdet är olika former av isälvsediment och ursvallad sand (Figur 6) med hög infiltrationskapacitet.



Figur 6. Jordarter inom avrinningsområdet uppströms platsen för den planerade ceremonibyggnaden. Källa jordarter: SGU:s jordartskarta.

Avrinningsområdet har delats in i markanvändningskategorierna skogsmark, väg, parkmark, villaområde och grus (Figur 7). Merparten av avrinningsområdet består av infiltrerbara ytor.



Figur 7. Avrinningsområde till platsen för föreslagen ceremonibyggnad och markanvändningen inom detta område. Ortofoto: Google Satellite.

3 Översvämningsrisker

Följande tre frågor har formulerats för att bedöma översvämningsriskerna:

1. Finns det risk för dämning av dammen som påverkar ceremonibyggnaden?
2. Är infiltrationskapaciteten som ansatts i skyfallsanalysen rimlig med tanke på att merparten av delavrinningsområdet ligger uppe på en icke-hårdgjord ås?
3. Är det momentana flödet högt nog att utgöra en risk eller kan flödet avledas?

Dessa tre frågeställningar utreds och besvaras nedan.

3.1 Dämning av dammen

Med hänsyn till höjdskillnaden på ca 2,5 m mellan planerat färdigt golv på +30,98 m och nivån på den befintliga dammens nedre krön på ca +28,5 m, samt det åtminstone 50 m långa dammkrönet som medger bräddning ut i slänten (Figur 4) är det helt uteslutet att dämning i dammen kan medföra översvämningsrisk för planerad ceremonibyggnad. Denna risk kan alltså helt avskrivas.

3.2 Infiltrationskapacitet

3.2.1 Beräknad infiltration enligt skyfallsanalysen

Resultaten från Stockholms stads skyfallsanalys ska ses som indikativa. Modellen tar hänsyn till geologin genom flertalet förenklingar och innehåller därför ”stora osäkerheter” (Stockholm Vatten och Avfall, 2018). Utanför staden utgår analysen från

SGU:s jordartskarta som sammanförs i fem kategorier, varav kategorin 'grus/sand/åsmaterial' använts för de dominerande jordarterna inom det aktuella avrinningsområdet.

Markanvändningen i skyfallsanalysen delas upp i kategorierna tak, vägar, grönytor och vatten (Stockholm Vatten och Avfall, 2018).

Alla ytor som kategoriseras som grönytor i skyfallsanalysen kopplas till en infiltrationsmodul som beskriver infiltrationen. I infiltrationsmodulen antas alla grönytor ha ett 0,3 m mäktigt övre jordlager med 40 % porositet och en infiltrationshastighet på 36 mm/h. Detta medför att infiltrationen i jordartskategorin 'grus/sand/åsmaterial' kommer att begränsas till 36 mm/h inom grönytor trots att kategorin antas ha en infiltrationshastighet som är 10 gånger högre, dvs 360 mm/h. För övrig markanvändning med jordartskategorin 'grus/sand/åsmaterial' antas ingen infiltration ske i modellen.

3.2.2 Bedömd infiltration

Vår bedömning är att skyfallsanalysens infiltrationsantagande medför ett överdrivet skyfallsresultat i aktuellt område. Infiltrationen bedöms i verkligheten vara mycket större än 36 mm/h i betydande delar av avrinningsområdet eftersom de är skogsbeklädda eller utgörs av extensiv parkmark (begravningsplats). Områden med ytnära berg eller berg i dagen omgärdas av isälvsmaterial som kan förväntas ha god kapacitet att infiltrera avrinningen direkt nedanför berget. Sammantaget bedöms den extensiva markanvändningen på isälvsbildningen i avrinningsområdet ge närmast optimala förutsättningar för att hantera skyfall. Denna bedömning gäller så länge som hårdgörningsgraden inom avrinningsområdet inte ändras markant (genom att exempelvis asfaltera ytor ovanpå åsen).

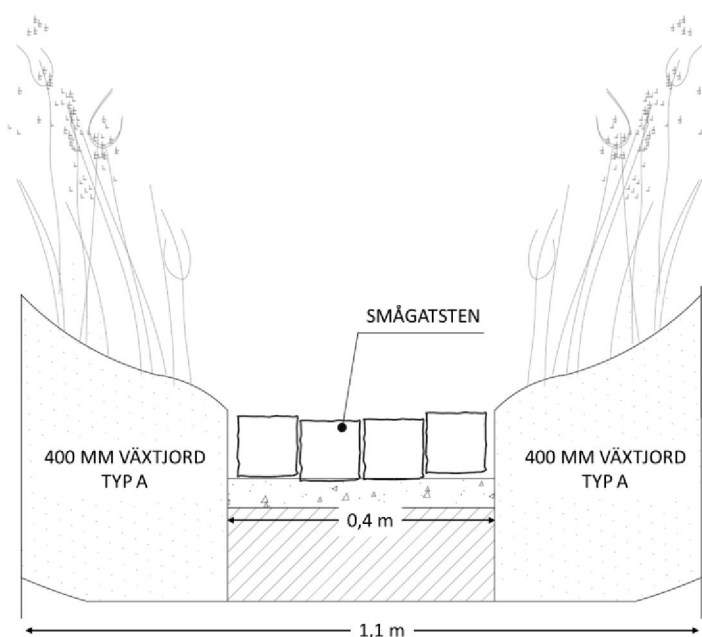
3.3 Avledningskapacitet vid momentana flöden

Hundraårsflödet för avrinningsområdet har beräknats med två olika metoder från Svenskt Vatten och Trafikverket och uppgår maximalt till 0,6 m³/s.

Beräkningsmetoderna och indata återfinns i bilaga 1. Med hänsyn till den höga infiltrationskapaciteten i området bedöms det verkliga 100-årsflödet vara betydligt lägre, men har inte kunnat preciseras närmare inom ramen för denna utredning.

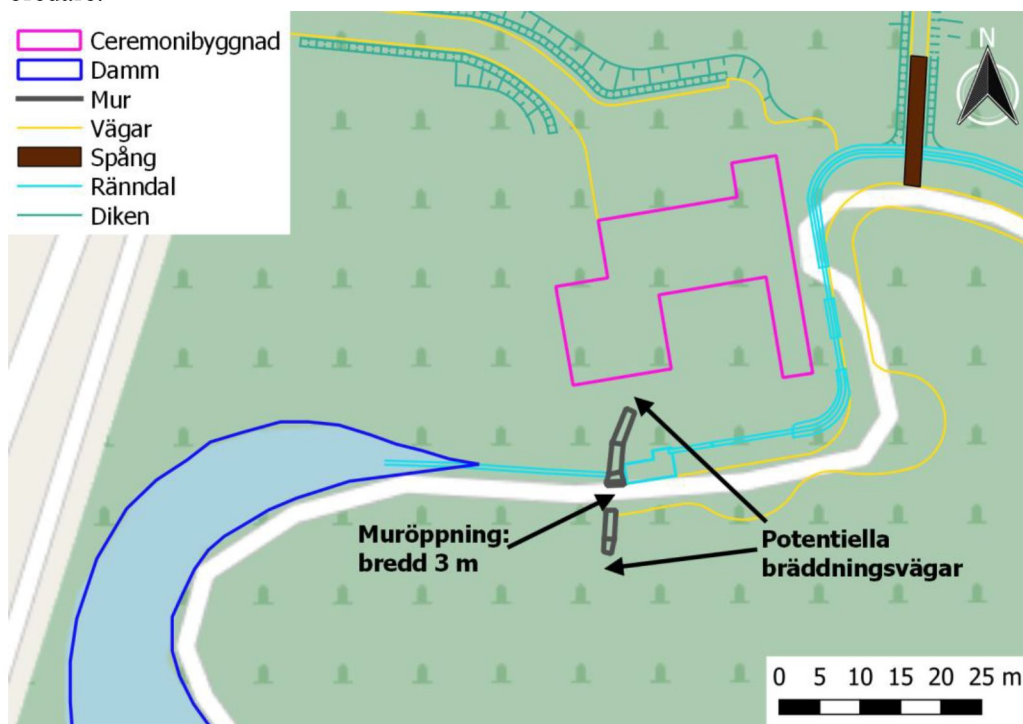
Det huvudsakliga flödet vid skyfall förväntas utifrån topografin rinna i den planerade rännan/stensatta diket. Vid kapacitetsbrist i diket kommer vatten även flöda på den planerade grusgången öster och söder om ceremonibyggnaden (Figur 5).

Med undantag för kulverterade sträckor har rännan föreslagits utformas med smågatssten i botten och växtlighet i slänterna (Figur 8). Det antas att rännan blir 0,2 m djup och har ett Manningstal på 30. Med Mannings formel beräknas ett flöde på 0,2 m³/s kunna avledas i rännan (förutsatt att de kulverterade delarna av rännan dimensioneras korrekt för att inte göra dessa sträckningar begränsande istället). Alltså kan rännan under dessa dimensioneringsförutsättningar inte leda bort det beräknade hundraårsregnet.



Figur 8. Utseende på rännadal. Källa: Systemhandling, ritning GH-L-32.6-002 (LARK Elin Samuelsson).

I det fall rännadalen bräddar mot grusgången öster och söder om ceremonibyggnaden kommer öppningen i muren nedströms att utgöra den begränsande sektionen för flödet (Figur 9). Öppningen i muren är ca 3 m bred och ligger på +29,65 m (RH 2000), d.v.s. ca 1,3 m under färdigt golv. Vid ett flöde genom öppningen i muren motsvarande det beräknade maximala hundraårsflödet ($0,6 \text{ m}^3/\text{s}$) beräknas det maximala vattendjupet till ca 0,2 m. I sektionerna uppströms kommer vattendjupet vara lägre då dessa är bredare.



Figur 9. Vid bräddning från rännadalen riskerar befintlig mur nedströms att dämna. Bakgrund: OpenStreetView.

Det beräknade hundraårsflödet riskerar alltså maximalt att generera en marköversvämning på 0,2 m vattendjup söder och öster om ceremonibyggnaden. Sannolikt blir dämningen mindre. Om murens öppning breddas eller avvattningsvägar finns vid sidan muren (Figur 9) minskar denna risk ytterligare.

4 Åtgärdsförslag

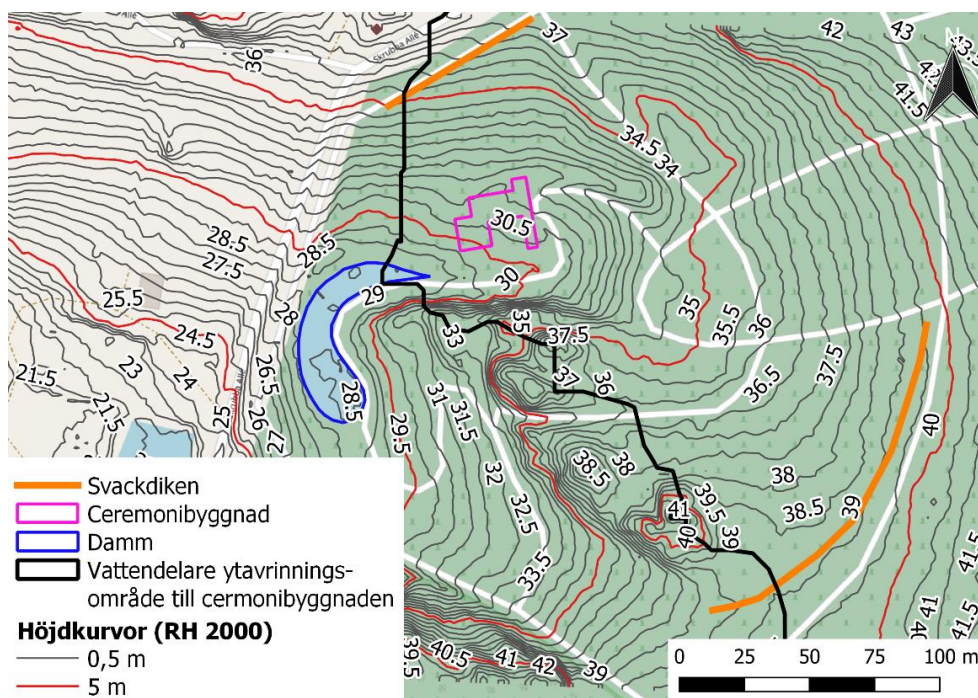
4.1 Justerad höjdsättning

På östra sidan av ceremonibyggnaden ligger föreslagen marknivå på körytan bredvid rännaldalen endast 4–6 cm under färdigt golv. Höjdskillnaden föreslås ökas något, med målsättningen att skillnaden till körytan blir åtminstone 10 cm. Entrézonen med kulverterad rännaldal flyttas därför något söderut enligt förslag avstämt med projektets landskapsarkitekt (Elin Samuelsson). I övrigt bedöms föreslagen nivå på körytan ge tillfredsställande nivåskillnad till färdigt golv.

Fler angivna marknivåer som säkerställer en lämplig höjdsättning av planteringsytan nordöst om byggnaden efterfrågas också.

4.2 Avskärande svackdiken i slänten ovanför ceremonibyggnaden

Ett åtgärdsförslag är att anlägga strömningsavskärande svackdiken/skåldiken i slänten ovanför ceremonibyggnaden för bortledning och infiltration. De två nedan föreslagna sträckningarna (Figur 10) bedöms tillsammans (men även fristående) kunna avleda vatten förbi ceremonibyggnaden och gynna infiltration. Dikesanvisningarna anläggs med flacka slänter (helst 1:10 eller flackare) för att smälta in i landskapsbilden.

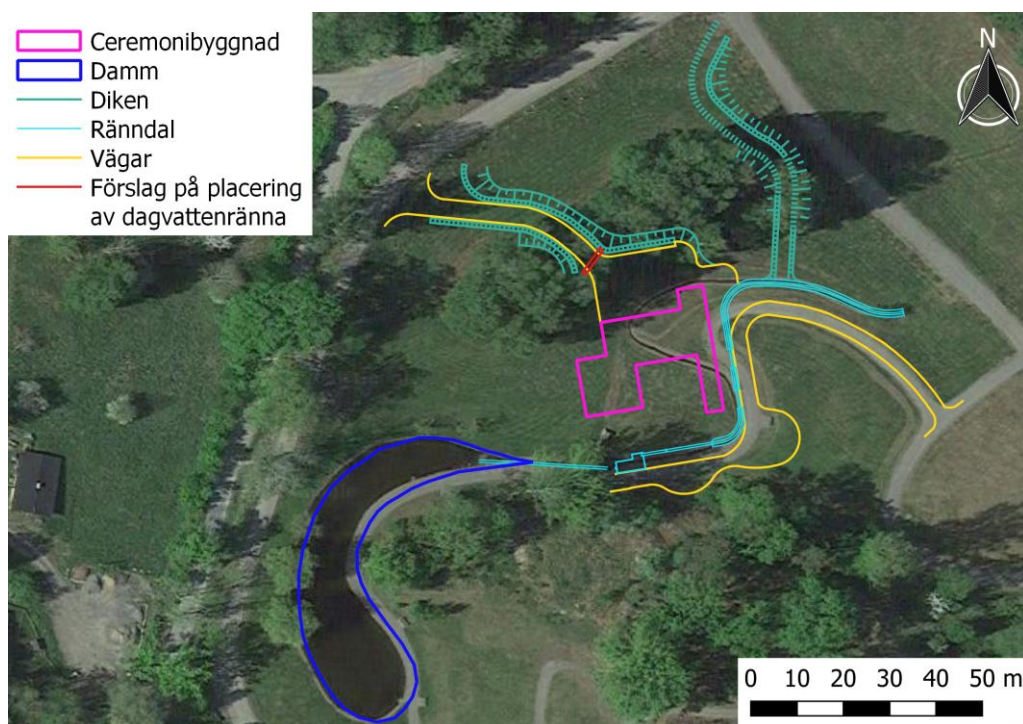


Figur 10. Två föreslagna sträckningar av svackdiken för bortledning eller infiltration av ytavrinning vid skyfall. I slänten mellan dessa föreslås också ett svackdike för att gynna infiltration i underliggande sand. Bakgrund: OpenStreetView.

Under förutsättning att djupet till sanden under matjordslagret är litet är det också motiverat att anlägga ett eller flera svackdiken på andra sträckningar i slänten ovanför ceremonibyggnaden även om det inte skulle visa sig möjligt att få till fall för bortledning på sidorna om byggnaden. Detta för att gynna infiltration i sanden.

4.3 Dagvattenränna i nordvästra angöringsvägen

Dikesanvisningar planeras på bägge sidor om angöringsvägen nordväst om ceremonibyggnaden. Istället för att leda vatten från vägens norra sida till brunn i vändplan vid byggnaden och riskera att vatten blir stående på vändplan eller mot husliv föreslås en dagvattenränna norr om vändplan för överledning till sydvästra sidan av vägen (Figur 11) och vidare avledning i slänt eller dikesanvisning.



Figur 11. Planerad ceremonibyggnad med angöringsvägar, grusgångar, rännadal och förslag på placering av dagvattenränna (röd). Ortofoto: Google Satellite.

4.4 Säkerställ framtida infiltration

Inom merparten av avrinningsområdet är jordarten olika former av isälvsediment och ursvallad sand (Figur 6). Så länge som markytan inte hårdgörs eller packas kommer förutsättningarna för infiltration fortsatt vara mycket goda.

5 Slutsatser

Vi bedömer att resultaten i Stockholms skyfallsanalys överskattar översvämningens risk i området kring den planerade ceremonibyggnaden till följd av underskattning av infiltrationen i avrinningsområdet, men att riskerna för översvämning inte kan avskrivas helt. I första hand orsakas dessa risker av befintlig mur som bevaras och vars öppning bedöms utgöra den begränsande sektionen för

avrinning på markytan förbi ceremonibyggnaden vid ett skyfall. Ett antal relativt enkla åtgärder föreslås för att öka säkerhetsmarginalerna. Med föreslagna åtgärder bedöms tillfredsställande säkerhetsmarginaler för att förhindra att vattennivåer över färdigt golv (+30,98 m; RH 2000) uppnås vid 100-årssituationen.

Victoria Eriksson Russo och Daniel Stråe
WRS AB

Referenser

STOCKHOLM VATTEN OCH AVFALL, 2018. *Skyfallsmodellering Stockholm Stad*.
SVENSKT VATTEN, 2016. *Publikation 110 Avledning av dag-, drän-, och spillvatten*.
Stockholm: Svenskt Vatten.
VÄGVERKET, 2008. *VVMB 310 Hydraulisk dimensionering*. Vägverket, Nr. 2008;61.

Bilaga 1: Beräkning av dimensionerande flöden

Två olika metoder har använts för bestämning av dimensionerande flöden.

Metod 1: Dimensionerande vattenföring enligt Vägverket

Indata och beräkningar för dimensionerande vattenföring enligt Vägverkets (2008) metod ses i Tabell 1.

Tabell 1. Indata samt beräkningar för att beräkna dimensionerande vattenföring enligt Vägverkets publikation VVMB 310

Parameter	Beskrivning	Värde	Enhet	Framtaget via*
N	Avrinningsområdets area	0,5855	km ²	Uppmätt i GIS
P _k	Korrigerad sjöprocent	0	-	Inga sjöar i avrinningsområdet
M _q	Specifik medelvattenavrinning	6	l/s, km ²	Figur 2.3
M _Q	Medelvattenföring	3,5	l/s	N*M _q
M _{HQ} /M _Q	Kvot mellan M _{HQ} & M _Q	16	-	Figur 2.4
M _{HQ}	Medelhögvattenföring	56,2	l/s	M _Q * M _{HQ} /M _Q
k _f	Justeringsfaktor avseende förväntade klimatförändringar	1	-	Figur 2.2
M _{HQ} _{just}	M _{HQ} justerad efter förväntade klimatförändringar	56,2	l/s	M _{HQ} *k _f
HHQ ₅₀ /M _{HQ} _{just}	Kvot mellan HHQ ₅₀ & M _{HQ} _{just}	3	-	Avsnitt 2.3.4
HHQ ₅₀	Högsta vattenföring med T = 50 år	168,6	l/s	M _{HQ} * HHQ ₅₀ /M _{HQ} _{just}
HHQ ₁₀₀ /M _{HQ}	Kvot mellan HHQ ₁₀₀ & M _{HQ}	4	-	Figur 2.5
HHQ ₁₀₀ (sätt 1)	Högsta vattenföring med T = 100 år	224,8	l/s	M _{HQ} * HHQ ₁₀₀ /M _{HQ}
HHQ ₁₀₀ /HHQ ₅₀	Kvot mellan HHQ ₁₀₀ & HHQ ₅₀	1,1	-	Avsnitt 2.3.4
HHQ ₁₀₀ (sätt 2)	Högsta vattenföring med T = 100 år	186,0	l/s	HHQ ₅₀ * HHQ ₁₀₀ /HHQ ₅₀
HHQ _{50,mom} /HHQ ₅₀	Kvot mellan HHQ _{50,mom} & HHQ ₅₀	1,7	-	Avsnitt 2.3.4
HHQ _{50,mom}	Momentana högsta vattenföring med T = 50 år	286,7	l/s	HHQ ₅₀ *HHQ _{50,mom} /HHQ ₅₀

*Framtaget via figurer och avsnitt i Vägverkets publikation VVMB 310

Metod 2: Rationella metoden

Utifrån Svenskt Vattens publikation P110 (2016) har Formel 1 använts för att beräkna dimensionerande flöden med den så kallade *rationella metoden*:

Formel 1. Rationella metoden, beräkning av dimensionerande flöde

Q_{dim} = dimensionerande flöde [l/s]

A = avrinningsområdets area [ha]

φ = avrinningskoefficient [-]

$i(t_r)$ = dimensionerande nederbördsintensitet [l/s ha], beror på regnets återkomsttid

k_f = klimatkoefficient [-]

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

Avrinningskoefficienten (φ) talar om hur stor andel av nederbörden som avrinner och är indirekt ett mått på hur hårdgjort ett område är, där högre avrinningskoefficient innebär högre hårdgörningsgrad och högre andel avrinnande nederbörd. Den

reducerade arean (A_{red}) är ett mått på andelen ”hårdgjord yta” och fås genom att multiplicera area (A) med avrinningskoefficient.

Enligt prognostiserade klimatförändringar kommer regn med högre nederbördsintensitet bli vanligare under perioden fram till år 2100. Därför rekommenderar Svenskt Vatten (2016) i publikation P110 att nya dagvattensystem dimensioneras med en klimatkfaktor (k_f) på minst 1,2 för nederbörd med längre varaktighet än en timme.

Beräkningar har gjorts utifrån nedan angivna indata (Tabell 2) och resultaten ses i Tabell 3.

Tabell 2. Indata för rationella metoden enligt Svenskt Vattens publikation P110

Parameter	Beskrivning	Värde	Enhet
T	Återkomsttid	1200	månader
L	Rinnsträcka	1000	m
v	Vattnets hastighet (på mark)	0,1	m/s
t_r	Regnvaraktighet	167	minuter
$i(t_r)$	Regnintensitet	71	l/s,ha
k_f	Klimatkfaktor	1,2	-

Tabell 3. Dimensionerande flöden för 100-årsregn (Q_{100}) med och utan klimatkfaktor ($k_f = 1,2$) samt areor och avrinningskoefficienter som använts som indata.

Markanvändning	ϕ [-]	A [ha]	A_{red} [ha]	Q_{100} [l/s]	$Q_{100,kf}$ [l/s]
Skogsmark	0,05	35,01	1,75	124	148
Väg	0,8	3,10	2,48	175	210
Gräsyta	0,05	8,47	0,42	30	36
Villaområde	0,2	5,87	1,17	83	100
Grusplan	0,2	6,10	1,22	86	103
Totalt	0,12*	58,55	7,05	498	598

*Sammanvägd avrinningskoefficient = A_{red}/A