

Upprättat av:
Karisma Patel,
Christoffer Ekengren
Dirk Rössger

Granskad av:
Dirk Rössger

Dokument typ: PM
Revideringsdatum: 2022-11-04
Version 2.0

Pontarius AB
Box 1023
101 38 Stockholm

Växel: 08 – 410 290 10
E-post: info@pontarius.com

RAPPORT

Dagvattenutredning inför detaljplan För Norums kyrka – Stenungssunds kommun.



Dokument typ: Rapport
Titel: Dagvattenutredning inför detaljplan
för Norums kyrka – Stenungsunds kommun.

Beställare: Stenungsunds kommun
Kontaktperson: Fabiana Tomé
fabiana.tome@stenungsund.se

Upprättad av: Karisma Patel
Karisma.Patel@pontarius.com

Dirk Rössger
dirk.rossger@pontarius.com

Christoffer Ekengren
christoffer.ekengren@pontarius.com

Granskad av: Dirk Rössger
dirk.rossger@pontarius.com

Innehållsförteckning

1	Inledning	8
1.1	Bakgrund och syfte	8
1.2	Underlag	9
1.3	Avgränsningar	9
2	Riktlinjer för dagvattenhantering	9
2.1	Genomförande och fördröjningskrav	9
2.2	Reningskrav för dagvatten	10
3	Befintliga förhållanden	11
3.1	Geografiskt läge och områdesbeskrivning	11
3.1.1	Markanvändning innan exploatering Kyrkenorum 1:1	12
3.1.2	Markanvändning innan exploatering Kyrkenorum 7:2	12
3.2	Markförhållanden	13
3.2.1	Hydrogeologiska och geotekniska förhållanden	13
3.2.2	Topografi	15
3.3	Befintlig avrinning	16
3.3.1	Dräneringsvatten från befintlig kyrkogård	18
3.4	Översiktlig skyfallskartering	19
3.5	Recipient och MKN	20
3.5.1	Norumsån	20
3.5.2	Hake fjord	22
3.6	Befintligt VA-system	22
4	Framtida förhållanden	23
4.1	Gestaltningförslag	23
4.2	Markanvändning	24
4.2.1	Efter exploatering Kyrkenorum 1:1	24
4.2.2	Efter exploatering Kyrkenorum 7:2	25
5	Dagvattenflöden	25
5.1	Dagvattenflöden Kyrkenorum 1:1	25
5.1.1	Flöden innan exploatering	25
5.1.2	Flöden efter exploatering	25
5.1.3	Fördröjningsbehov och erforderlig magasinvolym	26
5.2	Dagvattenflöden Kyrkenorum 7:2	26
5.2.1	Flöden innan exploatering	26
5.2.2	Flöden efter exploatering	26
5.2.3	Fördröjningsbehov och erforderlig magasinvolym	27
6	Dagvattenhantering på begravningsplatser	27

6.1	Dräneringsvatten	27
7	Förslag på hantering av dag- och dräneringsvatten.....	28
7.1	Dagvattenhantering Kyrkenorum 1:1.....	29
7.1.1	Savaq® system	30
7.1.2	Vattenspegel.....	31
7.1.3	Summering uppnådd fördröjning via dagvattenanläggningar	32
7.2	Dagvattenhantering Kyrkenorum 7:2.....	32
7.3	Hantering av spillvatten från gravar och grundvattenförhållanden	33
7.3.1	Markbädd	33
7.4	Skyfall efter exploatering	35
8	Föroreningsbelastning.....	36
8.1	Kyrkenorum 1:1	36
8.1.1	Dräneringsvatten från kistgravar och föroreningar från askgravlund	37
8.2	Kyrkenorum 7:2	37
9	Framtida VA-försörjning	38
9.1	Kyrkenorum 1:1, södra området	39
9.2	Kyrkenorum 7:2, norra området	40
10	Kostnadskalkyl.....	42
11	Slutsats och rekommendationer för fortsatt arbete	42
	Referenser	44

Bilaga A

Bilaga B

Bilaga C

Figur- och tabellförteckning

Figur 1. Ortofoto över utredningsområdet, med Norums kyrka i nordväst och planområdet inringat i rött. (Källa: Google, 2022).	8
Figur 2. Översiktskarta med planområdets placering inringad i rött. (Källa: Eniro, 2022)	11
Figur 3. Ortofoto över planområdet, visar fornlämningar i närheten av planområdet. (Källa: Riksantikvarieämbetet via SCALGO Live, 2022).	12
Figur 4. Inmätningpunkter för den geotekniska undersökningen.	13
Figur 5. Visar genomsläppligheten inom planområdet (Källa: SGU, 2022).	14
Figur 6. Visar dominerade jordlager inom planområdet. (Källa: SGU, 2022)	15
Figur 7. Visar uppskattat jorddjup inom planområdet. (Källa: SGU, 2022)	15
Figur 8. Karta över rområdet som belyser de topografiska variationerna (Källa: SCALGO Live).	16
Figur 9. Ytligt dike/stråk i angränsning till Kyrkenorum 7:2 (vänster) och diket i angränsning till Kyrkenorum 1:1 som rinner vidare längst Ucklumsvägen (höger).	17
Figur 10. Modellbild från SCALGO Live som illustrerar avrinningsmönstret inom båda fastigheterna.	17
Figur 11. Diket längst med Ucklumsvägen (vänster), trumman under Hallarnaleden (höger).	18
Figur 12. Projicerad bild på det interna ledningsnätet. Röd cirkel indikerar markbäddens lokalisering.	19
Figur 13. Modellbild från SCALGO Live med översiktlig bedömning avseende översvämningrisker inom planområdet.	20
Figur 14. Ytan som Norumsån avvattnar som mynnar i Hake fjord i väst. Röd cirkel visar lokaliseringen av utredningsområdet. VISS 2022 (övre figuren), SCALGO Live 2022 (undre figuren).	21
Figur 15. Kartbild över Hake fjords utbredning med Norumsån inringad i rött (VISS, 2022)	22
Figur 16. Befintliga VA-ledningar inom utbyggandsområdet. Finns inget underlag på hur ledningarna är lagda inom Kyrkenorum 7:2.	23
Figur 17. Gestaltungsförslag för Kyrkenorum 1:1, daterat 2022-03-10. Tillbyggnad byggs vid den inringade bygganden.	24
Figur 18. Dräneringsledning ska inte placeras närmare än 0,5 m från kistan (Camper, 2014 och handbok för begravningsverksamhet 2013)	28
Figur 19. Ytor som identifieras vara kritiska för dagvattenhanteringen inom och runt planområdet.	29
Figur 20. Principskisser över Savaq® systemet, vänstra skissen visar hur dagvatten flödar från dagvattenbrunnen till Savaq® ledningarna. Dagvattenbrunnen måste ha ett bräddavlopp för när systemet är överbelastat. Högra skissen visar systemet i angränsning till en fasad, översta röret är en Savaq® ledning medan det undre röret är en dräneringsledning. (Fotokälla: Terrigio Irrigation System, u.å.)	30
Figur 21. Områden där Savaq® systemet potentiellt kan anläggas, volym uppnådd fördröjning från varje delområde redovisas i tabellen nedan.	31
Figur 22. Principskiss på stuprör med utkastarböj. Taket avvattnas direkt ut på gräsmatta.	33
Figur 23. Principskiss över Håjum Kyrkas markbädd (källa: J-A Camper, 2014).	34
Figur 24. Förslag på placering av markbädd. förslagen är inte skalenliga.	35
Figur 25. Förslag på omdragning av befintliga ledningar inom Kyrkenorum 1:1	39
Figur 26. Förslag på placering av vattenutkastare.	40
Figur 27. Redovisad anslutningspunkt samt lednings som behövs bytas ut för att erhålla tillräcklig kapacitet för brandposterna.	41
Figur 28. Föreslagen placering av brandposter inom Kyrkenorum 7:2. Centrum på cirkelarna visar föreslagen placering och cirkelarna visar en radie på 75 m. För att uppnå tillräckligt hög kapacitet behöver ledningen längst med Årtvirvelgatan bytas ut.	41
Tabell 1. Riktvärden från Göteborg stad.	10
Tabell 2. Markanvändning på fastigheten Kyrkenorum 1:1 innan exploatering redovisas nedan.	12
Tabell 3. Markanvändningen för fastigheterna Kyrkenorum 7:2 innan exploatering redovisas nedan.	12
Tabell 4. Miljö kvalitetsnormer för vattenförekomsten Norumsån (WA94626986), VISS 2022.	21
Tabell 5. Miljö kvalitetsnormer för vattenförekomsten Hake fjord (WA55040263), VISS 2022.	22
Tabell 6. Markanvändning på fastigheten Kyrkenorum 1:1 efter exploatering.	24

Tabell 7. Dagvattenflöden inom fastigheten Kyrkenorum 1:1 innan exploatering.....	25
Tabell 8. Dagvattenflöden inom fastigheten Kyrkenorum 1:1 efter exploatering.	25
Tabell 9. Dagvattenflöden inom fastigheten Kyrkenorum 7:2 innan exploatering.....	26
Tabell 10. Dagvattenflöden inom fastigheten Kyrkenorum 7:2 efter exploatering.	26
Tabell 11. Uppskattad minsta volym uppnådd fördröjning från olika delar av området via Savaq® systemet-.....	31
Tabell 12. Minsta uppskattade fördröjningsvolym som kan uppnås via föreslagna dagvattenanläggningar.	32
Tabell 13. Flöden vid ett 100 års regn för Kyrkenorum 1:1	35
Tabell 14. Flöden vid ett 100 års regn för Kyrkenorum 7:2 (1) och (2).	36
Tabell 15. Föroreningsbelastning innan och efter exploatering för Kyrkenorum 1:1.	36
Tabell 16. Föroreningsbelastning innan och efter exploatering för Kyrkenorum 7:2.	38
Tabell 17. Beräknade tryckförluster per dimension för ledningar till brandposter.	42
Tabell 18. Grovt uppskattad investeringskostnad.	42

Sammanfattning

Pontarius har på uppdrag av Stenungssunds kommun utfört en dagvattenutredning för detaljplan inom Kyrkenorum 1:1 och 7:2 för utbyggnad av en kyrkogård. Denna utredning redogör för planområdets förutsättningar avseende dagvatten, dränvatten, VA samt skyfall och dess hantering. Dimensionerande flöden före och efter byggnation beräknas för ett framtida 20 års regn med 10 minuters varaktighet och en klimatfaktor på 30%. Förslag till fördröjning och kommentar om rening innan avrinning till Norums ån framförs.

Pontarius framför ett förslag på dagvattenlösning för planområdet för hantering av tillkommande flöden efter exploatering som tillgodoser planområdets bevattningsbehov. Fastigheten är långsträckt och lutar nordväst till sydost. I förslag för avvattning ges placering av Savaq® system för fördröjning och rening. Dräneringsvattnet som i detta fall klassas som spillvatten ska ledas till en markbädd som renar vattnet för att sedan släppas ut till Norumsån.

I rapporten redogörs även för recipienten för dagvattnet, Norumsån, samt hur miljö kvalitetsnormerna kommer att påverkas av en framtida exploatering av planområdet. Föroreningsbelastningsberäkningen, som genomfördes via modelleringsprogrammet StormTac, visar att samtliga undersökta föroreningar i dagvattnet reduceras efter rening. Föroreningshalterna beräknas enligt modellen bli lägre efter exploatering och rening än de är idag. Därmed anses MKN inte påverkas negativt av exploateringen.

Utredning tydliggör för de utmaningarna och risker som identifieras under utredningen, då begravningsplatsen klassas som en miljöfarlig verksamhet är dess utformning i vissa aspekter regleras i lag. Vidare identifieras den höga grundvattennivån som en potentiell riskfaktor och bedöms kräva vidare utredning.

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

För ett område lokaliserat längs med Ucklumsvägen i Stenungsunds kommun genomförs ett detaljplanearbete för utbyggnad av en begravningsplats. Pontarius har på uppdrag av Stenungsunds kommun utfört en VA- och dagvattenutredning för området. Denna utredning redogör för planområdets förutsättningar avseende dagvatten, VA och skyfall samt ger förslag på hantering. Planområdet redovisas i Figur 1 och består av fastigheten Kyrkenorum 1:1, som angränsar till Ucklumsvägen och Hallernaleden.

Utredningsområdet innefattar även fastigheterna Kyrkenorum 7:1 (1) och (2). I öster och söder avgränsas området av Ucklumsvägen och Hallernaleden. Mindre förändringar av markanvändning inom Kyrkenorum 7:1 (1) och (2) ska genomföras, även detta behandlas i denna rapport. Fastigheterna Kyrkenorum 1:1 och Kyrkenorum 7:2 (1) och (2) skiljs åt av gatan Ärtvivelvägen.



Figur 1. Ortofoto över utredningsområdet, med Norums kyrka i nordväst och planområdet inringat i rött. (Källa: Google, 2022).

Dagvattenutredning innefattar följande:

- Befintliga förhållanden avseende avrinningsområden och befintlig dagvattenhantering.
- Förslag till eventuella begränsningar som ska införas som planbestämmelse, t.ex. andel hårdgjord yta inom fastigheten, höjdsättning m.m.
- Beskrivning av recipienter och miljö kvalitetsnormer.
- Dimensionerande flöden före och efter byggnation.
- Fördröjning- och reningsbehov av dagvatten.
- Förslag till framtida dagvattenhantering där grönstruktur även har beaktats.
- En översiktlig bedömning ska göras om det finns risk för att ett skyfall (klimatkompenserat 100-årsregn) kan ge skador på planerad eller befintlig bebyggelse.

- En bedömning av investeringskostnad samt drift- och underhållskostnader för föreslaget alternativ.

VA-utredningen innefattar följande:

- Information om befintliga ledningar samt förutsättningar för att ansluta till dessa.
- Beräkning av dimensionerande flöde för vatten och spillvatten
- Behov av tryckstegring eller pumpstation
- Krävs åtgärder i VA-anläggningen utanför planområdet för den ökade belastningen.

1.2 Underlag

Följande har använts som underlag:

- Uppdragsbeskrivning från Stenungsunds kommun
- Svensk Vattens publikation P110, avledning av dag-, drän- och spillvatten
- Svensk Vattens publikation P114, distribution av dricksvatten
- Digital grundkarta i dwg
- Höjdmätningar i dwg

Följande verktyg har använts under utredningen:

- Stormtac Web v 22.2.3
- SCALGO Live
- ArcGis Online
- AutoDesk AutoCad
- Autodesk Civil 3d

Följande koordinatsystem gäller: System i plan: SWEREF 99 12 00 och system i höjd RH 2000.

1.3 Avgränsningar

Utredningen framför endast *förslag* på dagvattenhanteringen för planområdet, förslagen baseras på områdets befintliga förutsättningar och behov. Ingen förprojektering genomförs. Beställaren har möjligheten att vid detaljprojektering välja en metod för dagvattenhantering som inte föreslås i denna utredning under förutsättning att metoden möter områdets förutsättningar och behov.

2 Riktlinjer för dagvattenhantering

2.1 Genomförande och fördröjningskrav

Kommunen har ingen egen dagvattenstrategi därav har denna utredning efterföljt de riktlinjer som framförs av Svensk vattens publikationer, P110 Del 1 och Del 2, för dagvattenutredningen i Stenungsunds kommun. Dagvattnet som uppkommer inom området skall i största möjliga mån omhändertas lokalt (LOD). Dagvattnets avrinning, i enlighet med LOD, ska efterlikna naturliga processer och bör fördröjas nära källan för att sedan transporteras långsamt till en samlad fördröjning via någon form av trög avledning.

Planområdet klassas som tät bostadsbebyggelse, enligt Svenskt vattens publikation P110 är minimikravet på återkomsttider för regn vid dimensionering av ett nytt dagvattensystem för ett tätbebyggt område som följande:

- Återkomsttid för regn vid fylld ledning: 5 år
- Återkomsttid för tycklinje i marknivå: 20 år.

Kommunen utgår ifrån att det befintliga dagvattensystemet är dimensionerat för 10 år. De befintliga flödena i denna utredning har därmed beräknats för ett 10-års regn med 10 minuters varaktighet. Ett framtida 20-års regn ska fördröjas till motsvarande befintligt flöde vid 10-års regn enligt kommunens önskemål.

Dagvatten- och recipientmodellen StormTac Web (20.2.2) har använts för att beräkna föroreningsbelastning från området. Genom att använda normaliserad årsmedelnederbörd och rationella metoden enligt Dahlström 2010 (Svenskt Vatten P110) beräknar modellen dimensionerande flöden utifrån angivna avrinningsområden, föroreningsbelastningen samt reningsgraden på valda dagvattenlösningar. Lågpunkter och flödesvägar har studerats via SCALGO Live samt vid ett platsbesök i området.

2.2 Reningskrav för dagvatten

Stenungsunds kommun har inga egna riktvärden gällande föroreningsbelastning, reningsbehovet styrs därmed av området föroreningsbelastning samt dagvatten recipientens känslighet och hälsostatus. Allt dagvatten från hårdgjorda/grusade ytor, tak och dräneringar, parkeringsplatser ska om möjligt genomgå rening (både från partiklar och oljeavskiljning), samt fördröjning eller infiltration innan anslutning till kommunalt ledningsnät, enligt kommunens önskemål. Kommunen dock inte krav på en faktisk oljeavskiljare, men dagvattenanläggningen som föreslås ska vara en helhetslösning som även avskiljer olja från dagvattnet.

Denna utredning hänvisar till riktvärden framtagna av Göteborg Stad, se Tabell 1. Riktvärden enligt nedan används då Norumsån är recipient till Kyrkenorum 1:1 och 7:2, och idag inte uppnår sina målsatta statusklassningar för MKN enligt VISS.

Vattendirektivets mål är att statusklassningen på recipienter inte ska försämrats enligt gällande miljökvalitetsnormer (MKN), vilket är enklast att kontrollera genom att säkerställa att totalmängderna efter exploatering är mindre än de var innan exploatering samt genom att säkerställa att inga riktvärden överskrids. Föroreningsbelastningen i denna utredning redovisas i både halter och mängder.

Tabell 1. Riktvärden från Göteborg stad.

Förorening [$\mu\text{g/l}$]	Riktvärden för känslig recipient framtagna av riktvärdesgruppen [$\mu\text{g/l}$]
Arsenik	16
Fosfor (P)	50
Kväve (N)	1250
Bly (Pb)	28
Koppar (Cu)	10
Zink (Zn)	30
Kadmium (Cd)	0,9
Krom (Cr)	7
Nickel (Ni)	68
Kvicksilver (Hg)	0,03
Suspenderat material	25 000
Oljeindex	1000

3 Befintliga förhållanden

I detta avsnitt beskrivs en nulägesituation av området, som utgår ifrån utredningsområdets geografiska läge, markanvändning samt geologiska och hydrogeologiska förhållanden.

3.1 Geografiskt läge och områdesbeskrivning

Utbyggnadsområdet är lokaliserat i södra Stenungsunds kommun, i ett område benämnt Kyrkenorum. Kyrkenorum ligger i nära angränsning till E6:an och har havet i väst. I Figur 2 markeras planområdet med en röd kvadrat och E6:an är markerad med röd linje. Naturreseptatet Södra Stenungsön är lokaliserat nordväst om området i Stenungsundskusten. Även kusten är klassad som "skyddat landskap/havsområde" enligt beslut från Länsstyrelsen, kustområdet kännetecknas av habitater med högt bevarande värde.

Kyrkenorum 1:1 utgörs idag av enbart gräsbelagd yta. I närheten av planområdet finns huvudsakligen bostäder med inslag av dagligvaruhandel och rekreationsytor. Norr om området finns en större bergsknalle och grönområde. Vid bergsknalle finns fastighet Kyrkenorum 7:2 (1), inom denna fastighet finns Norum Kyrka och en befintlig begravningsplats, se Figur 3. Bredvid denna fastighet finns Kyrkenorum 7:2 (2), inom denna fastighet återfinns kyrkans besöksparkering och en byggnad med kontor för trädgårdsmästare med flera. Kyrkan byggdes på 1100-talet och har vissa kopparkomplement.



Figur 2. Översiktskarta med planområdets placering inringad i rött. (Källa: Eniro, 2022)

I bostadsområdet sydväst om planområdet förekommer en fornlämningsyta, ytan sträcker sig över hela bostadsområdet samt delvis över körfältet, se Figur 3. Ytterligare en fornlämningsyta har observerats på bergsknallen i figuren. I övrigt förekommer inga naturreseptat eller vattenskyddsområde i närheten av planområdet, planområdet faller dock inom Riksintresset *Högexploaterad kust*.



Figur 3. Ortofoto över planområdet, visar fornlämnings i närheten av planområdet. (Källa: Riksantikvarieämbetet via SCALGO Live, 2022).

3.1.1 Markanvändning innan exploatering Kyrkenorum 1:1

I Tabell 2 presenteras den befintliga markanvändningen inom planområdet. Kyrkenorum 1:1 består idag av en öppen gräsyta.

Tabell 2. Markanvändning på fastigheten Kyrkenorum 1:1 innan exploatering redovisas nedan.

Markanvändning	Area [ha]	Avr. koefficient [-]	Red. Area [ha]
Gräs- och grönområde	2,35	0,1	0,235
Totalt	2,35	-	0,235

3.1.2 Markanvändning innan exploatering Kyrkenorum 7:2

I Tabell 3 presenteras den befintliga markanvändningen inom Kyrkenorum 7:2 som idag består av huvudsakligen grönområde samt kyrkan och den befintliga gravgården.

Tabell 3. Markanvändningen för fastigheterna Kyrkenorum 7:2 innan exploatering redovisas nedan.

Markanvändning	Area [ha]	Avr. koefficient [-]	Red. Area [ha]
Gräs- och grönområde	4,31	0,1	0,43
Gravgård	1,81	0,1	0,18
Asfalterad väg	0,45	0,8	0,36
Tak	0,14	0,9	0,13

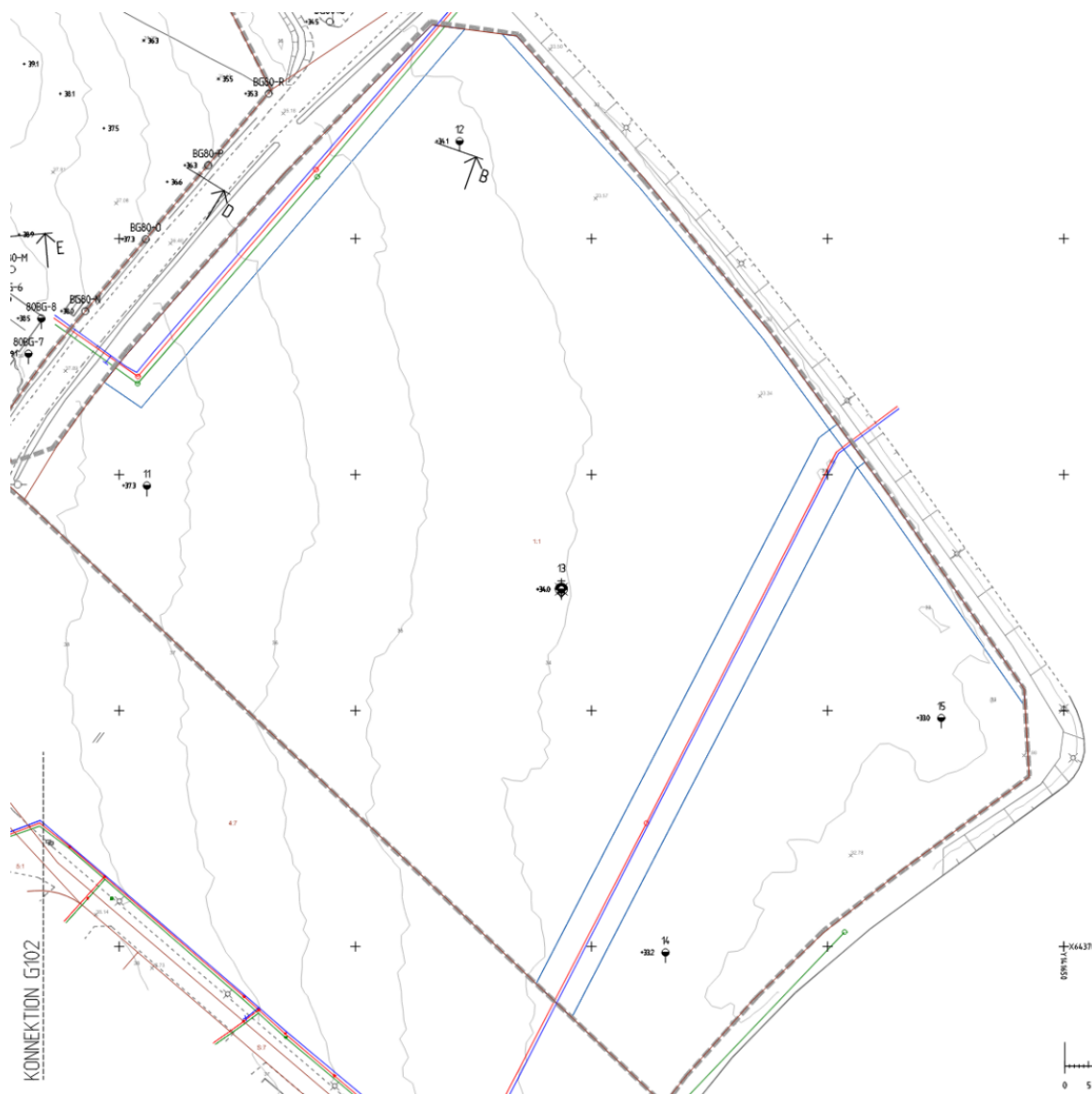
Väg	0,15	0,8	0,12
Parkering	0,21	0,8	0,17
Totalt	7,08	-	1,39

3.2 Markförhållanden

I detta avsnitt beskrivs de befintliga markförhållanden som råder inom det aktuella utredningsområdet.

3.2.1 Hydrogeologiska och geotekniska förhållanden

Det har utförts geotekniska undersökningar i området varav fem provpunkter är tagna i den åkermark där exploateringen av kyrkogården är planerad. Fyra av dessa undersökningspunkter är statiska sonderingar och är lokaliserade i hörnen av åkermarken. Den sista undersökningspunkten är i mitten av åkermarken och är en CPT-sondering där även ett stort jordprov har tagits.



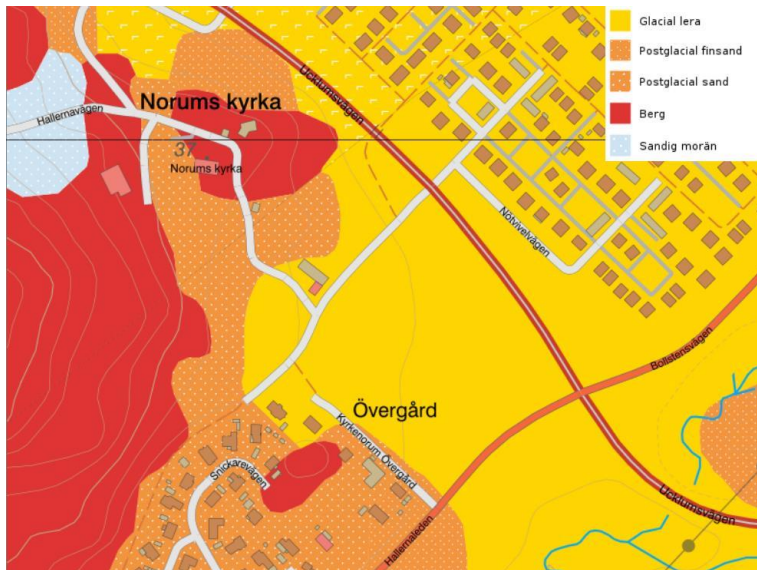
Figur 4. Inmätningpunkter för den geotekniska undersökningen.

- I punkt 11 ligger block eller berg cirka 6 m under markytan med ett sonderingsmotstånd mellan 1-4 kN de första 3,5 m, efter det ökar sonderingsmotståndet till cirka 8-13 kN.
- I punkt 12 finns block eller berg cirka 18 m under befintlig mark och sonderingsmotståndet är generellt mellan 1,5-2 kN, vid jordskorpan och de sista metrarna innan block/berg stiger motståndet till cirka 4 kN.
- Punkt 13 har undersökts med en CPT-sondering vilket innebär att mer detaljerad information finns. Marken består främst av siltig lera. Block eller berg är cirka 14 meter under befintlig mark och sonderingsmotståndet ligger generellt mellan cirka 1,5-2 kN. Vid jordskorpan stiger sonderingsmotståndet till cirka 4 kN. Grundvattennivåer har mätts vid två tillfällen med sju dagars mellanrum i månadsskiftet Maj-Juni och visar att grundvattennivån varierar mellan **+33,4 och +33,8 vilket är 0,6 respektive 0,2 m under markytan.**
- I punkt 14 finns berg /block cirka 14 m under befintlig mark. Sonderingsmotståndet är generellt mellan 1,5-2 kN, vid jordskorpan och de sista metrarna innan block/berg stiger motståndet till cirka 4 kN.
- Punkt 15 har generellt ett sonderingsmotstånd på 1,5 kN förutom vid jordskorpan och precis innan block/berg där sonderingsmotståndet stiger till 4 kN. Block/berg ligger ca 20 m under befintlig mark.

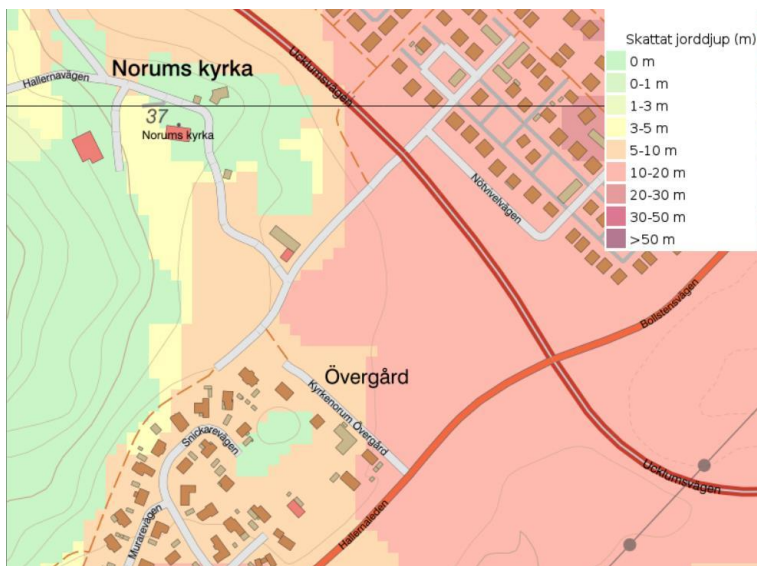
Enligt SGU:s karta för genomsläpplighet, jordarter och jorddjup (Figur 5, Figur 6 och Figur 7 respektive) består marken inom området av glacial lera med låg genomsläpplighet. Väster och söder om området finns inslag av postglacial sand samt berg. I de östra delarna är jorddjupet 10–20 m för att sedan stegvis övergå till berg väster om området.



Figur 5. Visar genomsläppligheten inom planområdet (Källa: SGU, 2022).



Figur 6. Visar dominerade jordlager inom planområdet. (Källa: SGU, 2022)



Figur 7. Visar uppskattat jorddjup inom planområdet. (Källa: SGU, 2022)

3.2.2 Topografi

Planområdet lutar generellt sydöst mot Hallernaleden, och varierar mellan +37.3m och +32.8m, se Figur 8. Topografin i omkringliggande områden varierar, väst om Kyrkenorum 1:1 finns en bergsknalle. Det är vid berget som Norums Kyrka är lokaliserad, kyrkan ligger på en plushöjd på ca +49m.



Figur 8. Karta över rområdet som belyser de topografiska variationerna (Källa: SCALGO Live).

3.3 Befintlig avrinning

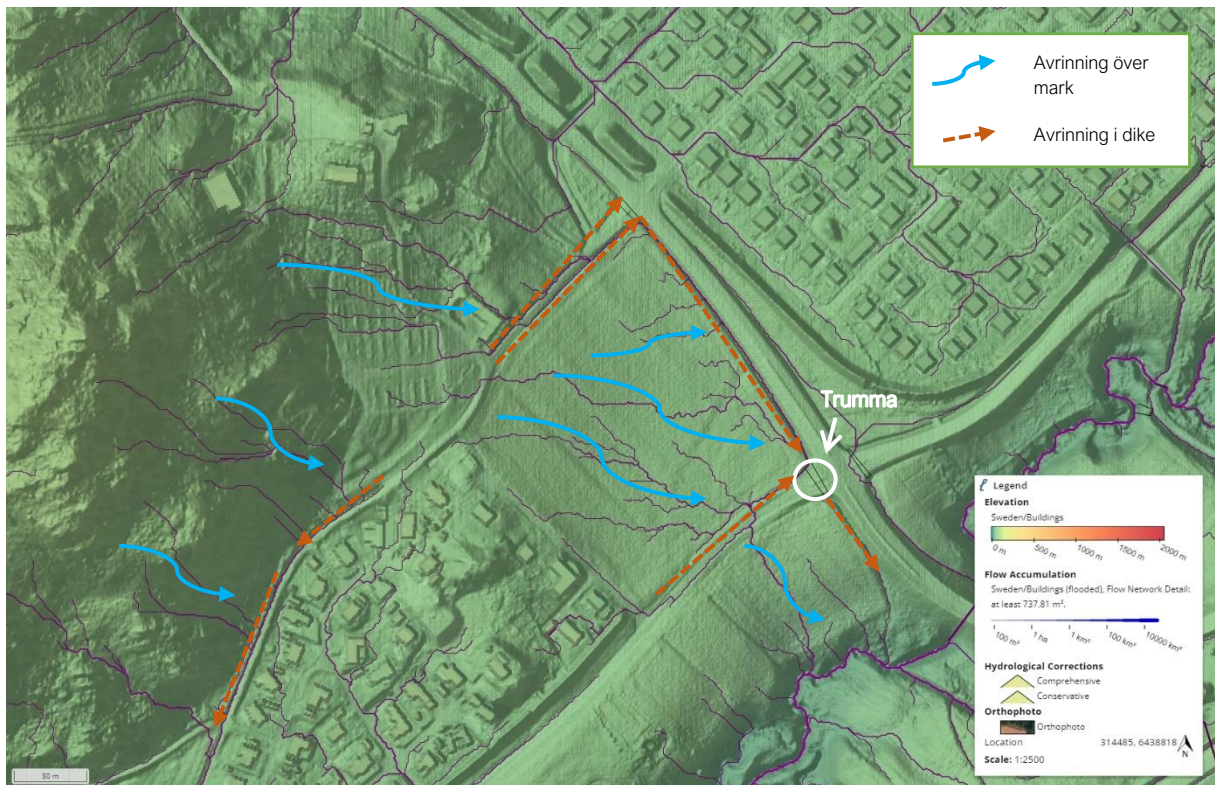
Från Figur 10 kan det observeras att majoriteten av allt dagvatten från Kyrkenorum 7:2 (1 och 2), rinner antingen nordväst mot bostadsområdet eller till de två diken placerade längst med Ärtvivelvägen. En mindre del av dagvattnet från den befintliga begravningsplatsen och från bergsområdet rinner till Kyrkenorum 1:1.

Det finns två diken längst med Ärtvivelvägen, ett mindre ytligt gräsdike som angränsar Kyrkenorum 7:2 och ett djupare dike som angränsar Kyrkenorum 1:1. Dagvattnet från diket som angränsar Kyrkenorum 7:2 rinner via en trumma under Ärtvivelvägen vidare mot diket som angränsar Kyrkenorum 1:1 som rinner längst med Ucklumsvägen. Ytterligare ett dike finns längst Hallarnaleden, som lutar sydost.



Figur 9. Ytligt dike/stråk i angränsning till Kyrkenorum 7:2 (vänster) och diket i angränsning till Kyrkenorum 1:1 som rinner vidare längst Ucklumsvägen (höger).

Planområdet har sin lågpunkt i sydöst, dagvatten från samtliga diken inom planområdet samlas vid lågpunkten som ligger vid korsningen Hallarnaleden-Ucklumsvägen. Dagvattnet färdas sedan vidare via en trumma under Hallarnaleden för att sedan rinna sydst till Norumsån.



Figur 10. Modellbild från SCALGO Live som illustrerar avrinningsmönstret inom båda fastigheterna.



Figur 11. Diket längst med Ucklumsvägen (vänster), trumman under Hallarnaleden (höger).

3.3.1 Dräneringsvatten från befintlig kyrkogård

Den befintliga kyrkogården är kuperad med varierande höjdnivåer. En gammal skiss från kyrkans arkiv visar hur dräneringsledningarna samt några vattenledningar är dragna inom gårdens gränser, dränvattnet avleds i riktning mot Ärtvivelvägen.

Precis utanför den befintliga begravningsgården, under mark, ska det finnas en markbädd enligt samma ritning. Inga tecken på denna markbädd observerades under platsbesöket, en brunn hittades i närheten av markbäddens placering men denna öppnades inte. Det finns heller ingen information om hur dräneringsvattnet är påkopplat till ledningsnätet, alltså om det rinner ut till antingen spill- eller dagvattennätet. Det finns inga synliga ledningar i diket som indikerar att dränvattnet släpps ut i diket efter rening i markbädden. I Figur 12 redovisas en projicerad bild över dräneringsledningarna utifrån det underlag som fanns tillgängligt. Notera att dränledning från markbädden sträcker sig utanför begravningsgården, utöver detta finns ingen mer information på vart dränvattnet leds vidare.



Figur 12. Projicerad bild på det interna ledningsnätet. Röd cirkel indikerar markbäddens lokalisering.

3.4 Översiktlig skyfallskartering

Enligt SMHI definieras ett skyfall som minst 50 mm nederbörd under en timme, alternativt 1 mm under en minut (2021). SMHI bedömer att när mer än 90 mm nederbörd faller under 24h uppstår risk för översvämningar och ras.

SCALGO Live har använts för en översiktlig skyfallskartering över planområdet, se Figur 13. Det bör observeras att modelleringsprogrammet inte inkluderar ledningsnätet i modellen med undantag för vissa kulvertar och trummor.

Det finns inga instängda områden inom planområdet, planområdet har sin lågpunkt i det västra/sydvästra hörnet av fastigheten. Det bedöms idag inte finnas hög risk översvämning inom planområdet vid ett skyfall, dock observeras risk för översvämning i bostadsområdet norr om Kyrkenorum 1:1. Det rekommenderas att den naturliga topografin inom planområdet bevaras i den mån möjligt för att bevara det befintliga skyfallsstråket.



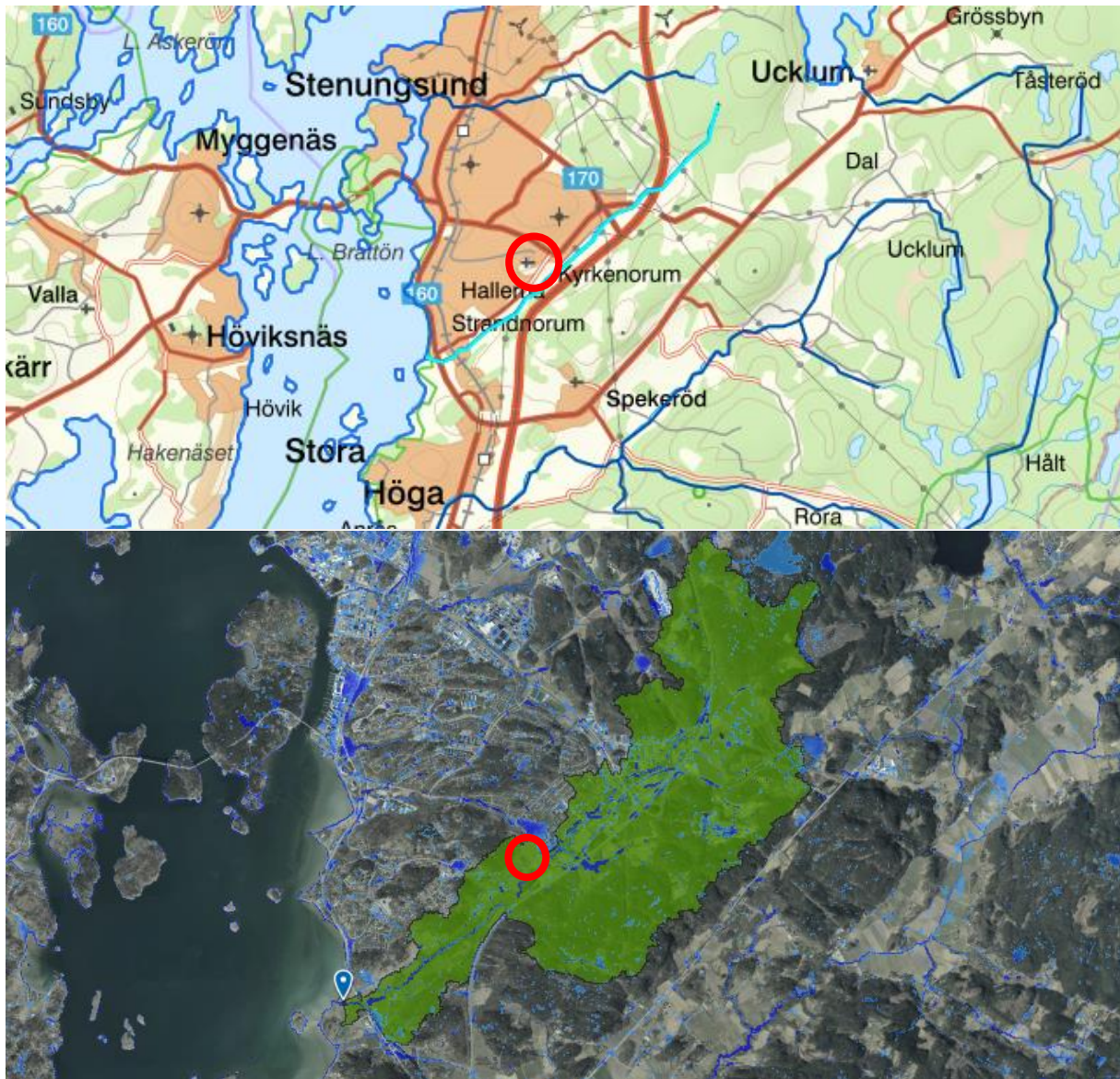
Figur 13. Modellbild från SCALGO Live med översiktlig bedömning avseende översvämningsrisker inom planområdet.

3.5 Recipient och MKN

Norumsån som är avleder dagvattnet från planområdet flödar strax söder om planområdet och mynnar ut till västerhavet, Hake fjorden.

3.5.1 Norumsån

Ån är i sin helhet ca 8 km och avvattnar södra delen av Stenungsunds kommun, Figur 14.



Figur 14. Ytan som Norumsån avvattnar som mynnar i Hake fjord i väst. Röd cirkel visar lokaliseringen av utredningsområdet. VISS 2022 (övre figuren), SCALGO Live 2022 (undre figuren).

Ytvattnets tillstånd klassificeras enligt EU:s vattendirektiv (2000/60/EG) med avseende på ekologisk status och kemisk ytvattenstatus. Enligt VISS datatjänster uppnår ån idag inte god kemisk status och uppnår endast måttlig ekologisk status med medel tillförlitlighet. Ån har en måttlig ekologisk status på grund av påverkan av näringsämnen/övergödningsproblematik. Avseende kemisk status överskrider flertalet prioriterade ämnen, bland annat kvicksilverföreningar. Dessa föreningar överskrider i samtliga svenska vattendrag enligt Havs- och vattenmyndigheten på grund av atmosfärisk deposition.

Tabell 4. Miljö kvalitetsnormer för vattenförekomsten Norumsån (WA94626986), VISS 2022.

	Status	MKN
Ekologisk status	Måttlig	God ekologisk status 2033
Kemisk status	Uppnår ej god	God kemisk ytvattenstatus ¹

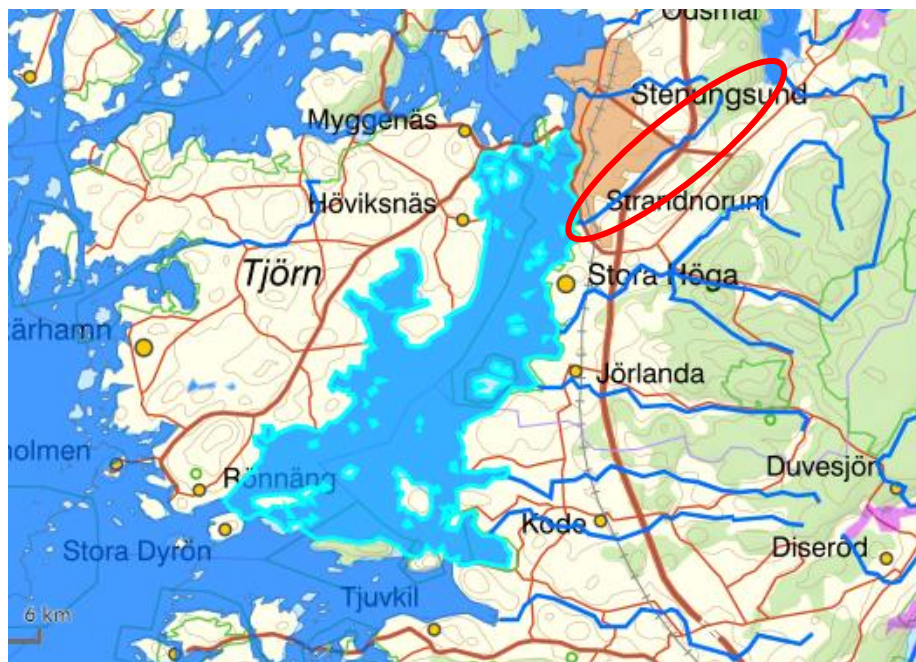
¹ Med undantag för ämnena kvicksilver och bromerad difenyleter. Dessa föreningar överskrider i **samtliga** svenska vattendrag enligt Havs- och vattenmyndigheten på grund av atmosfärisk deposition.

3.5.2 Hake fjord

Hake fjorden är av naturlig härkomst och är recipient till planområdet, då den mottager allt vatten från Norumsån. Fjorden är även recipient till Kungälv och Tjörn, Figur 15. Enligt VISS datatjänster uppnår fjorden idag inte god kemisk status och uppnår endast måttlig ekologisk status med låg tillförlitlighet.

Miljökonsekvenstypen *Övergödning* har bedömts till *god status med låg tillförlitlighet*.

Miljökonsekvenstyperna *Morfologiska förändringar*, *Kontinuitet*, *Flödesförändringar* och *Särskilt förorenade ämnen* har bedömts till *måttlig status med låg tillförlitlighet*.



Figur 15. Kartbild över Hake fjords utbredning med Norumsån inringad i rött (VISS, 2022)

Tabell 5. Miljö kvalitetsnormer för vattenförekomsten Hake fjord (WA55040263), VISS 2022.

	Status	MKN
Ekologisk status	Måttlig	God ekologisk status 2027
Kemisk status	Uppnår ej god	God kemisk ytvattenstatus ² . God kemisk ytvattenstatus ska uppnås för Tributyltenn (TBT) föroreningar 2027.

3.6 Befintligt VA-system

Det befintliga VA-systemet kring fastigheterna redovisas i Figur 16. Spillvattenledningen är utmålade i rött, dagvatten i grönt och vatten i blått. Eftersom underlaget endast visar gröna linjer för dagvatten tyder detta på att området inte har ett kombinerat system, sådana system är utmålade i brunt.

Spillvatten-, dricksvatten- och dagvattenledningar är kopplade till fastigheten Kyrkenorum 7:2 (1) och (2). Placering av dragna vattenledningar inom fastighetsgränserna finns nästintill inget underlag om. Dräneringsledningarnas placering inom begravningsgården har diskuterats innan.

Inom Kyrkenorum 1:1 finns både ledningar längst med Ärtivelvägen och tvärsigenom området, ledningarna placerade tvärsigenom området ansluter till bostadsområdet i sydväst.

² Med undantag för ämnena kvicksilver och bromerad difenyleter.



Figur 16. Befintliga VA-ledningar inom utbyggandsområdet. Finns inget underlag på hur ledningarna är lagda inom Kyrkenorum 7:2.

4 Framtida förhållanden

Stenungsunds kommun avser att utöka den befintliga begravningsplatsen, genom att bygga ut Kyrkenorum 1:1 för begravningsplatser av varierade former. Kommunen uppskattar att den nya begravningsgården rymmer 670 kistbegravningsplatser (totalt ca 2000 kistor), 580 urngravplaster (totalt ca 5200 urnor) samt utrymme för askgravlund med ca 10 000 urnor. I askgravlundan grävs askan ner utan hölje eller med hölje av lättförgängligt material. Detta kapitel beskriver det senaste gestaltningsförslag (daterat 2022-03-10) framtaget av kommunen och redovisar de önskemål kommunen har gällande planområdet samt presenterar den framtida markanvändningen.

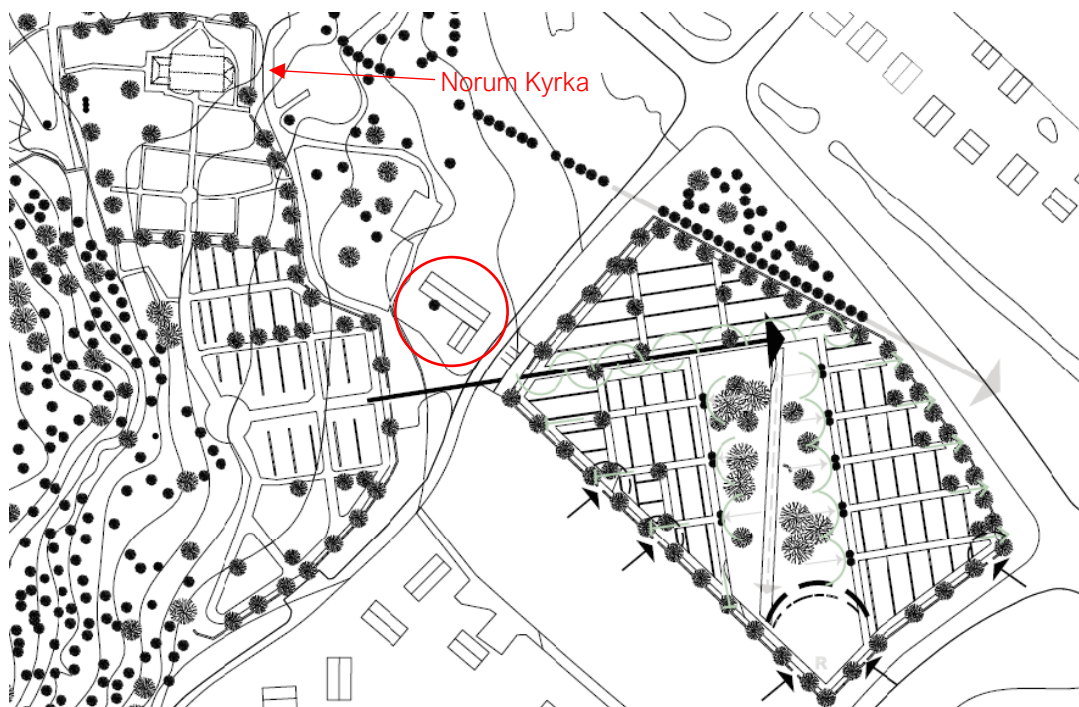
4.1 Gestaltningsförslag

Den nya begravningsplatsen föreslås av kommunen att anläggas på Kyrkenorum 1:1, vilket är lokaliserad i direkt anslutning till den befintliga begravningsplatsen.

Kommunens förslag syftar till att vara kompatibelt med nuvarande landskap och kommunen föreslår en förlängd axel och allé för att ta avstånd från vägen och skapa en mer intim plats där buller minimeras. Axeln föreslås därefter att ändra riktning för att skapa en vattenspegel, där ett kollektivt begravningskvarter kan anläggas. De resterande kvarteren som är tänkta för andra typer av begravingar vänder sig också mot axeln och avgränsas med hjälp av pelarhujor. Begravningsgården föreslås omringas av gång- och cykelvägar. Åt sydväst och sydost om den nya begravningsplatsen föreslås framtida gång- och cykelväg med flera entréer in till begravningsplatsen, se pilarna i Figur 17.

För att minimera risk för negativ påverkan på fornlämningsytan föreslås av kommunen ett skyddsavstånd på cirka 20 meter från fornlämningsytan. Inom skyddsavståndet ska inga begravningsplatser anläggas för att inte påverka fornminnet negativt. Häckar föreslås som avgränsning mot begravningskvarteren.

Kommunen föreslår även mindre planändringar norr Ärtvivelvägen. Kommunen vill bygga ut parkeringen i angränsning till kyrkan samt föreslår en mindre tillbyggnad till en byggnad som ligger framför den befintliga kyrkogården.



Figur 17. Gestaltningförslag för Kyrkenorum 1:1, daterat 2022-03-10. Tillbyggnad byggs vid den inringade bygganden.

4.2 Markanvändning

Markanvändningen efter exploateringen presenteras i detta delkapitel.

4.2.1 Efter exploatering Kyrkenorum 1:1

Tabell 6. Markanvändning på fastigheten Kyrkenorum 1:1 efter exploatering.

Markanvändning	Area [ha]	Avr. koefficient [-]	Red. Area [ha]
Gräs- och grönområde	0,74	0,1	0,07
Vattenspegel	0,06	1	0,06
Hårdgjord asfalterad yta	0,63	0,8	0,51
Begravningsplats	0,82	0,1	0,08
Minnesplats/befintlig fornlämningsyta	0,08	0,1	0,008
Totalt	2.35	-	0,73

4.2.2 Efter exploatering Kyrkenorum 7:2

Inga större förändringar planeras för Kyrkenorum 7:2 (1) och (2), som nämnt tidigare ska en av byggnaderna på fastigheten byggas ut. Kommunen uppskattar att arean för fastigheten fördubblas. Parkeringen framför den bygganden ska även byggas ut, värt att notera här att parkeringen ska byggas ut över den befintliga markbädden – utbyggnaden bör planeras så att den inte negativt påverkar markbäddens funktion.

Markanvändning	Area [ha]	Avr. koefficient [-]	Red. Area [ha]
Gräs- och grönområde	4,13	0,1	0,41
Gravgård	1,81	0,1	0,18
Asfalterad väg	0,53	0,8	0,42
Tak	0,17	0,9	0,16
Väg	0,15	0,8	0,12
Parkering	0,27	0,8	0,22
Totalt	7,08	-	1,52

5 Dagvattenflöden

Dagvattenflöden som presenteras under detta delkapitel baseras enbart på gestaltningsförslaget för planområdet. Ökar den hårdgjorda ytan inom planområdet kommer detta att öka volymen dagvattenflöden som uppkommer inom planområdet samt den volymdagvatten som behöver fördröjas. Dagvattenflöden beräknas enligt Svenskt Vattens P110 rekommenderade säkerhetsnivåer samt för flöden det befintliga nätet är dimensionerat för.

5.1 Dagvattenflöden Kyrkenorum 1:1

Dagvattenflöden beräknas för fastigheten Kyrkenorum 1:1 där den nya begravningsgården planeras.

5.1.1 Flöden innan exploatering

Tabell 7. Dagvattenflöden inom fastigheten Kyrkenorum 1:1 innan exploatering.

Markanvändning	Area [ha]	Avr. koefficient [-]	Klimatfaktor	5 års regn, 10 min [l/s]	10 års regn, 10 min [l/s]	20 års regn, 10 min [l/s]
Gräs- och grönområde	2,35	0,1	1	42,7	53,6	67,5
Totalt	2,35	-	-	42,7	53,6	67,5

5.1.2 Flöden efter exploatering

Tabell 8. Dagvattenflöden inom fastigheten Kyrkenorum 1:1 efter exploatering.

Markanvändning	Area [ha]	Avr. koefficient [-]	Klimatfaktor	5 års regn, 10 min [l/s]	10 års regn, 10 min [l/s]	20 års regn, 10 min [l/s]
Gräs- och grönområde	0,07	0,1	1,3	17,6	22,1	27,8

Vattenspegel	0,06	1	1,3	13,7	17,2	21,6
Hårdgjord asfalterad yta	0,63	0,8	1,3	120,2	151,1	190,0
Begravningsplats	0,08	0,1	1,3	19,6	24,6	30,9
Minnesplats/befintlig fornlämningsyta	0,08	0,1	1,3	2	2,5	3,1
Totalt	2,35	-	-	173	217	273

5.1.3 Fördröjningsbehov och erforderlig magasinvolym

Kommunen utgår ifrån att det befintliga dagvattensystemet är dimensionerat för ett 10-års regn. Ett framtida 20-års regn skall fördröjas till motsvarande befintligt flöde vid 10-års regn enligt kommunens önskemål. Fördröjningsvolymen har beräknats enligt anvisningar från Svenskt Vatten P110.

Fördröjningsvolymen för fastigheten Kyrkenorum beräknas till ca **131 m³**. Flödet ökar med ca **304%** efter exploatering. De beräknade fördröjningsvolymerna är preliminära, och starkt beroende av den redovisade markanvändningen presenterad ovan.

5.2 Dagvattenflöden Kyrkenorum 7:2

Detta delkapitel behandlar de förändringar som sker i dagvattenflöden efter parkeringsplatsen i angränsning till kyrkan utbyggs samt med tillbyggnaden. Flödena ökar något efter exploatering till följd av att de hårdgjorda ytorna ökar något.

5.2.1 Flöden innan exploatering

Tabell 9. Dagvattenflöden inom fastigheten Kyrkenorum 7:2 innan exploatering.

Markanvändning	Area [ha]	Avr. koefficient [-]	Klimatfaktor	5 års regn, 10 min [l/s]	10 års regn, 10 min [l/s]	20 års regn, 10 min [l/s]
Gräs- och grönområde	4,13	0,1	1,0	78.2	98.3	123.6
Gravgård	1,81	0,1	1,0	32.9	41.4	52.0
Asfalterad väg	0,53	0,8	1,0	65.9	82.9	104.2
Tak	0,17	0,9	1,0	23.1	29.1	36.5
Väg	0,15	0,8	1,0	21.8	27.4	34.4
Parkering	0,27	0,8	1,0	30.3	38.1	47.9
Totalt	7,08	-	-	252	317	398

5.2.2 Flöden efter exploatering

Tabell 10. Dagvattenflöden inom fastigheten Kyrkenorum 7:2 efter exploatering.

Markanvändning	Area [ha]	Avr. koefficient [-]	Klimatfaktor	5 års regn, 10 min [l/s]	10 års regn, 10 min [l/s]	20 års regn, 10 min [l/s]
Gräs- och grönområde	4,13	0,1	1,3	74.9	94.2	118.5

Gravgård	1,81	0,1	1,3	32.9	41.4	52.0
Asfalterad väg	0,53	0,8	1,3	77.7	97.7	122.8
Tak	0,17	0,9	1,3	28.6	35.9	45.2
Väg	0,15	0,8	1,3	21.8	27.4	34.4
Parkering	0,27	0,8	1,3	39.8	50.0	62.8
Totalt	7,08	-	-	275	346	435

5.2.3 Fördröjningsbehov och erforderlig magasinvolym

Fastigheterna anses idag inte att belasta ledningsnätet, men försiktighetsåtgärder bör vidtas för att säkerställa att förhållanden inte förändras negativt. Det rekommenderas att lokala fördröjande åtgärder i angränsning till både den nya planerade parkeringsplatsen samt tillbyggnaden vidtas för att säkerställa att diket inte överbelastas. Detta kan exempelvis göras genom att gräsdiket längst med Ärtvirvelgatan utvidgas och förlängs något.

6 Dagvattenhantering på begravningsplatser

En vägledande publikation för denna utredning är en rapport utgiven av Svenskt Vatten Utveckling rapport 2014-06 av P-A Camper, vilket redogör för hantering av dräneringsvatten från begravningsplatser.

Enligt Camper (2014) separeras dag- och dränvattensledningarna i de flesta nya begravningsgårdar, vilket även rekommenderas för Kyrkenorum 1:1. Avledning av dagvatten över mark medför inga risker och klassas heller inte som avloppsvatten, dagvatten från begravningsgårdar bör hanteras som det görs i stadsparker eller likande. Kommunen kan dock kräva provtagning innan dagvattnet släpps ut till det kommunala ledningsnätet. Dränvattnet kräver dock en särskild hantering. Huvudman för begravningsplatserna i Sverige är oftast Svenska kyrkan.

Hantering av dag- och dräneringsvatten från begravningsgårdar innebär andra utmaningar än de som möts vid hantering av dagvatten från bostadsområden eller dylikt, det är andra lagkrav som reglerar hanteringen av vatten från kyrkogårdar:

- Enligt Miljöbalken 9. Kap. 2§ klassas vatten som avleds för avvattning av begravningsplatser som avloppsvatten.
- Verksamheter som släpper ut avloppsvatten klassas enligt samma kapitel som miljöfarliga verksamheter. I Miljöbalken 9 kap. 6 § stycke 2 framgår det att tillstånd krävs för att släppa ut avloppsvatten, det är mark- och miljödomstolen som prövar tillståndet i enlighet med Miljöbalken 11 kap 9b §.
- Om grundvattenytan behöver sänkas inom området där begravningsplatserna ska anläggas kräver även detta ett tillstånd till vattenverksamhet som prövas av mark- och miljödomstolen enligt Miljöbalken 11. Kap. 9b§.
- När det gäller markavvattningen är detta reglerat i Miljöbalken 11 kap. 2, 3 och 13 §. Av 13 § framgår att det krävs tillstånd för markavvattning och av 21 kap 1§ 2 p framgår att det är länsstyrelsen som prövar tillstånd till markavvattning.

6.1 Dräneringsvatten

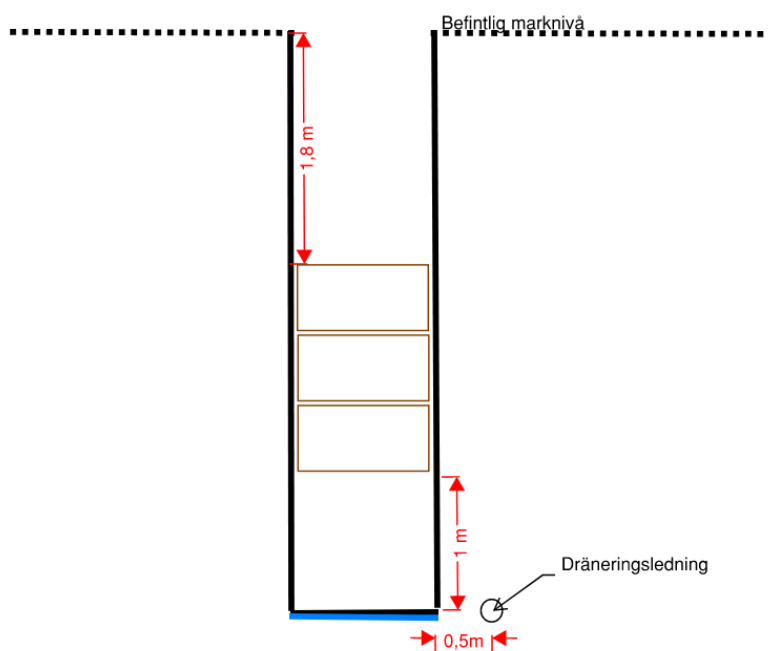
De risker som kopplas till begravningsplatser inom ramen för dräneringsvatten är huvudsakligen hälsorisker, i form av patogena organismer samt utsläpp av tungmetaller och närsalter (Camper, 2014).

Enligt rekommendationer från World Health Organisation (WHO) ska nya begravningsplatser anläggas minst 250 meter från en dricksvattenkälla eller ett borrhål för uttag av dricksvatten, avståndet bör ökas om området har ett snabbt grundvattenflöde (Camper, 2014). För vattenuttag som inte används för dricksvatten gäller minst 30 meter. Dräneringsledningar utanför begravningsgården ska heller inte dras 10 meter från en begravningsplats (Camper, 2014).

Enligt ytterligare rekommendationer från WHO samt från Svenska kyrkans handbok för begravningsverksamhet (2013) ska begravningskistans underkant ligga minst 1 meter över grundvattennivån. Dessa är specifika förutsättningar och kan vara svåra att hitta naturligt i närheten till en kyrkogård, inom Kyrkenorum 1:1 som exempel varierar grundvattennivån mellan 0,2 och 0,6 meter under markyta. Ytor tänkta för anläggning av begravningsplatser kan därför behöva dräneras för att sänka grundvattenytan, detta för att en begravd kropp behöver brytas ned och processen är känslig för vatten- och syreförhållanden.

Dräneringsledningar anläggs under begravningskistorna för bortledning av lakvatten, se Figur 18 för principskiss över placering av dräneringsledning i förhållande till begravningskista (Camper, 2014). Svenska kyrkans handbok för begravningsverksamhet (2013) anger att dränering av lakvatten ska anläggas minst 1 meter under kistbotten. Det bör noteras att en gravplats kan rymma mer än en kista, med undantag för judiska och muslimska gravar där det aldrig begravs mer än en kista per begravningsplats.

Det fyllnadsmaterial som används mellan dräneringsledningarnas placering och marknivå behöver vara av bra kvalitet för att erhålla goda infiltrationsförhållanden, det bör säkerställas att inga täta skikt skapas (RISE, u.å.). Tätning kan behöva genomföras under dräneringsledningar för att separera lakvatten från grundvattnet, alternativt kan ett avskärande dike eller planering anläggas längst en höjdkurva vilket skär vattnets väg (RISE, u.å.). Grundvattenströmningsförhållanden bör utredas för att fastställa om det exempelvis föreligger behov av tätning.



Figur 18. Dräneringsledning ska inte placeras närmare än 0,5 m från kistan (Camper, 2014 och handbok för begravningsverksamhet 2013)

7 Förslag på hantering av dag- och dräneringsvatten

Detta kapitel behandlar förslag på hantering av dag- och dräneringsvatten efter exploatering för Kyrkenorum 1:1.

7.1 Dagvattenhantering Kyrkenorum 1:1

Det rekommenderas planområdets lutningsförhållanden behålls i den mån möjligt efter exploatering, som redovisat tidigare lutar planområdet från nordväst till sydost och det finns det idag inga risker för översvämning vid skyfall. Dagvatten från områden norr om Ärtivelsvägen avleds via diken längst med Ärtivelsvägen och Ucklumsvägen samt genom planområdet. Befintliga diken längst med Ucklumsvägen måste behållas för att säkerställa avledning av dagvatten från områden norr om planområdet.

Baserat på gestaltningsförslaget och befintliga förhållanden har ytor vid östra och sydöstra delen av planområdet identifierats som kritiska, se Figur 19. Det bör säkerställas att diket längst med Ucklumsvägen behålls då det idag har en viktig funktion, vidare anses det vara begränsat med utrymme vid fastighetsgränsen längst med Hallernaleden. Även längst Hallernaleden finns idag ett dike som bör bevaras, diket leds från syd till sydost längst Hallernaleden och uppfyller en viktig avledande funktion, dikena möts vid korsningen Ucklumsvägen-Hallernaleden för att sedan rinna vidare sydost till recipient. Gestaltningsförslaget visar att en gång- och cykelväg ska anläggas i angränsning till det befintliga diket, det bör säkerställas att dikets funktion inte riskeras vid exploatering. De befintliga dikena uppfyller en viktig fördröjande och avledande funktion, i synnerhet under skyfall.



Figur 19. Ytor som identifieras vara kritiska för dagvattenhanteringen inom och runt planområdet.

Det rekommenderas att dagvattnet inom planområdet efter exponering leds över mark via en kombination av naturlig höjsättning och avledande stråk till dagvattenbrunnar. Det bör säkerställas att även dagvatten från hårdgjorda ytor kring begravningsplatsen, från gång- och cykelvägar, avleds till dagvattenbrunnarna.

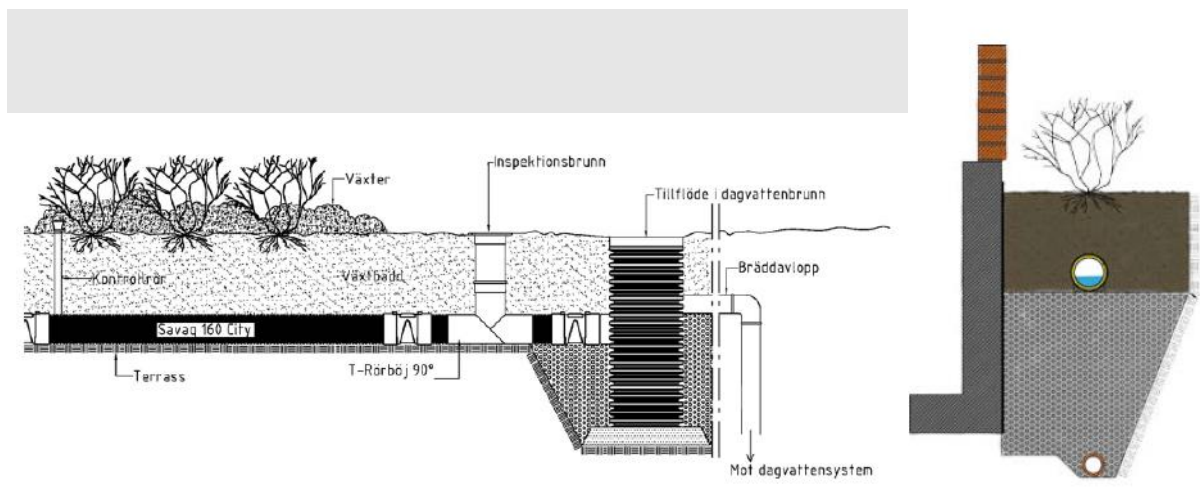
Nedan redovisas förslag på dagvattenanläggningar för Kyrkenorum 1:1.

7.1.1 Savaq® system

Savaq® är namnet på ett bevattningssystem som finns ute på marknaden, systemets koncept bygger på LOD principen och bidrar med hållbar bevattning.

Produkten är byggd på konceptet om bevattning via kapillär kraft, vilket medför att vätskor stiger i porösa material. Ledningar anläggs mellan 30–80 cm under mark - under rotzonen, dagvatten rinner till ledningar med hjälp av tillflöde från dagvattenbrunnar, ledningar förser lokala växter med kapillärt bundet vatten över längre tidsintervaller (Terrigio, u.ä.). Den kapillära kraften fördelar fukt utefter jordens fuktförhållanden. Vid brist på vatten ökar den kapillära lyfthastigheten och när jorden är vattenmättad minskar lyfthastigheten. Savaq® systemet bevattnar växter genom att skapa en konstgjord grundvattennivå vid rotzonen. Det vatten som inte upptas av växterna stannar i rören tills att bevattningsbehovet ökar, behov av kompletterande bevattning minskar därmed.

Systemet, som inte är trycksatt, använder dagvatten för bevattning. Dagvattnet behöver inte renas mer än med ett rensgaller och sandfång i dagvattenbrunnen, för att erhålla mekanisk rening. Produkten kan kompletteras med manuellt eller tekniskt styrt tillflöde av vatten från ledningsnätet vid brist på dagvatten, under exempelvis torra sommarperioder. Produkten är kompatibel med anläggning i sluttande terräng. För principskisser över systemet, se Figur 20.



Figur 20. Principskisser över Savaq® systemet, vänstra skissen visar hur dagvatten flödar från dagvattenbrunnen till Savaq® ledningarna. Dagvattenbrunnen måste ha ett bräddavlopp för när systemet är överbelastat. Högra skissen visar systemet i angränsning till en fasad, översta röret är en Savaq® ledning medan det undre röret är en dräneringsledning. (Fotokälla: Terrigio Irrigation System, u.ä.)

Kommunen har förmedlat en önskan om ett hållbart bevattningssystem med möjlighet till användning av dagvatten för bevattningssyfte. Savaq® systemet är kompatibelt med kommunens önskemål och optimalt för Kyrkenorum 1:1, systemet kan både fördröja, rena och återanvända dagvattnet.

En översiktlig beräkning har gjorts för att uppskatta den volym dagvatten som systemet har möjlighet att fördröja, se Bilaga B för beräkningar. Enligt produktbeskrivningen uppgår vattenreserv för systemet till 15,1 liter/löpmeter. Om systemet används i delområdet A, B och C, som redovisas i Figur 21, kan minst ca **124 m³** fördröjas. Mängden uppnådd fördröjning är beroende av antalet ledningar som används. Se Tabell 11 för beräknad fördröjning från varje delområde. Systemet är flexibelt och ledningarna kan anläggas i andra delar av planområdet där växtlighet ska planteras.

Som i Figur 20, anläggs dagvattenbrunnar med bräddavlopp och dagvatten föreslås avledas över mark till olika dagvattenbrunnar inom planområdet.



Figur 21. Områden där Savaq® systemet potentiellt kan anläggas, volym uppnådd fördröjning från varje delområde redovisas i tabellen nedan.

Tabell 11. Uppskattad minsta volym uppnådd fördröjning från olika delar av området via Savaq® systemet-.

Del av området	Fördröjning [m ³]
Del A	71
Del B	8,8
Del C	44,8
Total	124,6

7.1.2 Vattenspegel

Kommunen har även förmedlat önskemål om att utreda möjligheten till att använda vattenspegeln som en fördröjningsyta. Vattenspegeln uppskattas ta ca 557 m² yta i anspråk enligt gestaltningsförslaget. Om vattenspegeln utformas för att ha ett vattendjup mellan 0,2–0,3 m kan mellan ca 110–170 m³ vatten rymmas i vattenspegeln.

Det finns flera fördelar med att använda en vattenspegel som fördröjningsyta; ledningsnätet kan avlastas vid extrema regn och det är en hållbar lösning då dricksvatten inte behöver användas för att förse vattenspegeln med vatten.

Det finns dock även en del utmaningar med att utforma vattenspegeln för att ha fördröjande egenskaper, i synnerhet om den kombineras med Savaq® systemet. Vid mer frekventa regn, exempelvis 2 och 5 års

regn, bedöms majoritet av allt dagvatten avledas till Savaq® systemet. Det finns troligen inte tillräckligt med dagvatten i överskott för att förse vattenspegeln med vatten regelbundet. Detta innebär att vattenspegeln måste kompletteras med ett tekniskt eller manuellt styrt tillflöde av vatten från ledningsnätet när vattendjupet i vattenspegeln blir för lågt.

Vidare är stillastående vatten inte optimalt då det ger upphov till tillväxt av bakterier (speciellt om orenat dagvatten används), vilket kan skapa luktproblem och locka mygg. För att säkerställa att detta inte sker behöver vattnet periodvist omsättas med hjälp av exempelvis en pump.

Om Savaq® systemet förutsätts användas inom planområdet rekommenderas vattenspegeln utformas så att vattnet cirkulerar i ett slutet "evighetssystem". Underhållsbehoven kommer då bestå av exempelvis kontroll av filter och tillförsel av vatten till systemet vid vattenförlust på grund av avdunstning, i synnerhet under sommarsäsong.

Det rekommenderas att parken runt vattenspegeln nedsänks något i förhållande till begravningsgårdarna, inom parken anläggs en kupolbrunn som är ansluten till vattenspegeln. Vid skyfall ansamlas då dagvattnet (förutom i Savaq® systemet) inom denna nedsänkta parkyta. I den nedsänkta parkytan placeras en kupolbrunn ovan den permanenta vattennivån för att kunna tömma ytan på vatten efter ett extremregn. Vattenspegelns syfte är då att vara estetisk tilltalande samt vid större regn kunna fungera som en fördröjningsyta. Notera att detta troligtvis blir en tekniskt komplicerad och ekonomiskt kostsam lösning.

Om Savaq® systemet inte används kan andra utformningar för vattenspegeln som fördröjningsyta utredas.

7.1.3 Summering uppnådd fördröjning via dagvattenanläggningar

I Tabell 12 redovisas en summering av den minsta mängd fördröjning som kan uppnås via varje föreslagen dagvattenanläggning. Som nämnt ovan, kan en kombination av Savaq® system och vattenspegel bli utmanade att uppnå.

Båda kan användas som fördröjningsåtgärder om Savaq® systemet endast används inom parkområdet (delområde A), där även vattenspegeln är lokaliserad. Om systemet endast används inom dessa ytor uppnås en fördröjningsvolym på ca 71 m³. Det erforderliga fördröjningsbehovet har beräknats till 131 m³. Resterade dagvatten som behöver fördröjas vid ett framtida 20 års regn kan då ledas till vattenspegeln. Behovet att komplettera med ett manuellt eller tekniskt styrt tillflöde till vattenspegeln kommer att kvarstå vid mindre intensiva och frekventa regn.

Att kombinera användning av både vattenspegeln och Savaq® systemet för fördröjning innebär även att dagvattensystemets utformning inom planområdet blir mer komplicerad.

Tabell 12. Minsta uppskattade fördröjningsvolym som kan uppnås via föreslagna dagvattenanläggningar.

Föreslagen dagvattenanläggning	Minsta uppskattade fördröjningsvolym [m ³]
Savaq® system	124
Vattenspegel	110

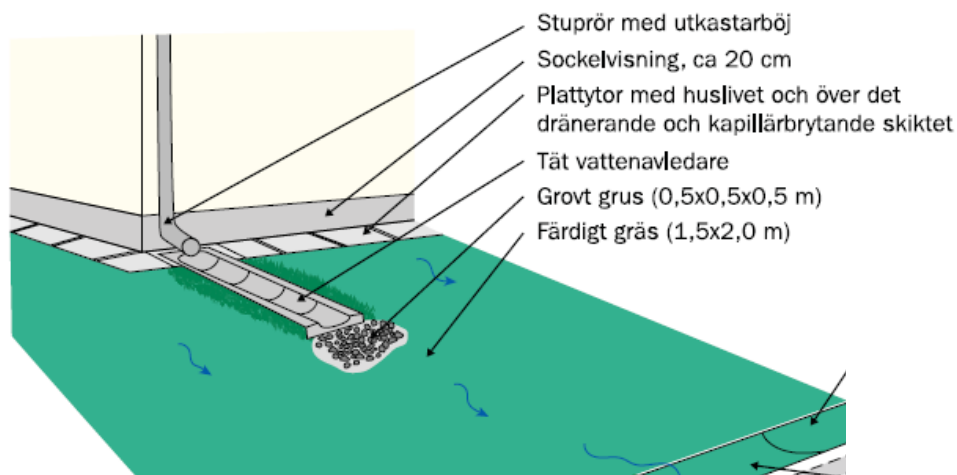
7.2 Dagvattenhantering Kyrkenorum 7:2

Inga större planförändringar planeras för Kyrkenorum 7:2 (1) och (2). Det befintliga dagvattnet som alstras inom området bedöms inte belasta ledningsnätet negativt, delvis då området består till större delen av gröna ytor.

De åtgärder som planeras av kommunen kommer att ske nära Ärtvivelvägen, alltså nära de befintliga dikena som finns längst denna gata. Förslagsvis bör en dagvattenbrunn anläggas i angränsning till parkeringsplatsen som planeras. Brunnen kan kompletteras med ett brunnsfilter som renar dagvattnet

innan det leds vidare till diket, alternativt kan ett gräsdike anläggas nära parkeringsplatsen. Gräsdiket kan sedan anslutas via en trumma till det befintliga diket för att uppnå en fördröjande effekt.

Tillbyggnaden bidrar även med ökade dagvattenflöden, då tillbyggnaden ligger nära det befintliga gräsdiket kan taket förslagsvis avvattnas genom att vattnet direkt släpps ut på gräsmattan framför bygganden. Vattnet transporteras ut från stupröret direkt på en rännalsplatta eller gräsmatta för att sedan avrinna till gräsdiket. Viss fördröjning och rening uppnås genom det fria utsläppet, vidare belastas inte ledningsnätet.



Figur 22. Principskiss på stuprör med utkastarböj. Taket avvattnas direkt ut på gräsmatta.

7.3 Hantering av spillvatten från gravar och grundvattenförhållanden

Grundvattennivån ligger ytligt inom Kyrkenorum 1:1 (0,2–0,6m under markyta). Rekommendationerna från både WHO och Svenska kyrkan lyder att kistans gravbotten bör ligga åtminstone 1 m över grundvattennivån. Sett utifrån principskissen över placering av dräneringsledningar (Figur 18) är det tydligt att grundvattnet ligger allt för högt. Förutsatt att max tre kistor begravs per begravningsplats resulterar detta i att kistbotten ligger ca 4 m under marknivå, enligt rekommendationerna bör grundvattennivån alltså ligga ca 5 m under marknivå. Då nedbrytningsprocessen för kroppar är känslig mot syre- och vätskeförhållanden innebär detta en utmaning.

7.3.1 Markbädd

Utformning av reningsanläggning för begravningsplatsen i Kyrkenorum 1:1 baseras på en befintlig reningsanläggning som finns i Håjums begravningsplats i Trollhättans kommun. Anläggningen behandlas i detalj i Svensk Vatten Utvecklings (SVU) rapport av J-A Camper från 2014.

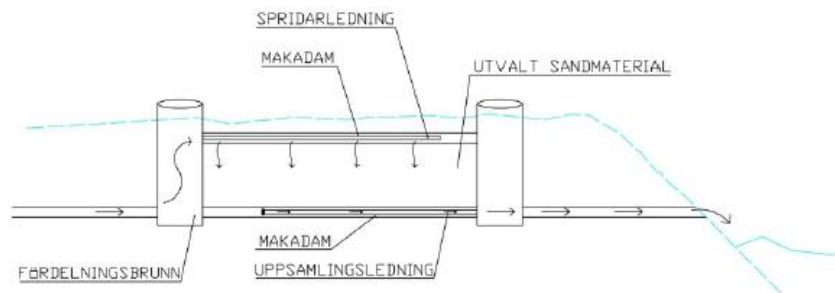
Avloppsanläggningen i Håjum anlades 2007 och består av dräneringsledningar för uppsamling av lakvatten, pumpstation och en markbädd. Markbädden är speciellt anpassad för behandling av de mest förekommande föroreningarna. Som en säkerhetsåtgärd finns även en provtagningsbrunn installerad. Enligt genomförda provtagningar och kontroller ska vattnet som lämnar markbädden uppnå tillräckligt hög rening för att kunna släppas ut till kommunens dagvattenledningsnät.

Anläggningen i Håjum är utformad för att via en pump leda dränvattnet/lakvattnet från dräneringsledningar till markbädden, efter att vattnet passerat markbädden släpps detta ut till ett närliggande dike inom begravningsplatsen. Diket leds mot kommunens dagvattenledningsnät där det renas innan det släpps ut.

Markbädden består bland annat av fördelningsbrunnar, spridarlager med spridarledning och makadam, filtermaterial och ett uppsamlingslager av makadam med uppsamlingsledningar, se Figur 23 för

principsskiss (J-A Camper, 2014). Markbädden är täkt, därmed utsätts inte besökare inom begravningsplatsen för öppet rinnande dränvatten (inkl. lakvatten från kistor).

Olika mekaniska, kemiska och biologiska processer kombineras i markbädden för att uppnå tillräcklig rening av dränvattnet. Via markbädden renas vattnet från gravarna på suspenderat material, närsalter, patogener, syretärande ämnen och till viss del även tungmetaller.



Figur 23. Principsskiss över Håjum Kyrkas markbädd (källa: J-A Camper, 2014).

En markbädd likt den som anlagts i Håjum föreslås även för Kyrkenorum 1:1. Kommunen önskar att behandla dräneringsvatten från både befintlig begravningsplats (norr om Ärtvivelvägen) samt tillkommande dräneringsvatten från Kyrkenorum 1:1. Det bör dock noteras att det redan finns en markbädd ansluten till befintlig begravningsgård som hanterar allt inkommande dränvatten.

Dräneringsvattnet samlas upp i dräneringsledningar som anläggs under och till sidan av den lägst begravda kistan (se Figur 18). Kommunen har förmedlat att minst 3 kistor kan komma att begravas per begravningsplats och då den rekommenderade utformningen anger att den översta kistans underkant bör ligga minst ca 1,8 m under markyta och dräneringsledningarna minst 1 m under kistbotten görs en preliminär bedömning om att dräneringsledningar bör placeras minst 5 m under marknivå. Vidare utredningar och kalkyler bör genomföras för att bedöma om anläggning på detta djup är försvarbart.

Dränvattnet leds sedan till en markbädd för rening. Markbäddens faktiska placering behöver utredas, om möjligheten att anlägga markbädden utanför begravningsplatsen finns (förslag 2 i Figur 24) bör markbädden tätas för att ej riskera föroreningar i grundvatten.

Om markbädden i stället måste anläggas inom begravningsplatsen (förslag 1 i Figur 24), måste det frigöras utrymme i den sydöstra delen av planområdet för att säkerställa att markbädden ryms inom planområdet. Då terrängen naturligt lutar mot sydost är detta område optimalt för markbäddens placering. Även vid denna placering bör markbädden tätas.

Vidare kommer det likt Håjum även här behöva anläggas en mindre pumpstation som pumpar upp lak- och dränvatten till markbädden. Detta då dräneringsledningarna uppskattas ligga ca 5 m under marknivå och därmed kommer att behöva pumpas upp till markbädden som ligger nära marknivå.



Figur 24. Förslag på placering av markbädd. förslagen är inte skalenliga.

Markbäddens dimensioner för Kyrkenorum 1:1 har grovt uppskattats till ca 72 m², se Bilaga C för beräkningar. Beräkningarna avser endast dränvatten från tillkommande begravningsplats då den befintliga begravningsgården redan har en markbädd. Beräkningarna är baserade på Naturvårdsverkets Råd 91:2 – Rening av hushållspillvatten.

7.4 Skyfall efter exploatering

Skyfall avleds ytligt, t.ex. längs så kallade skyfallsvägar genom anpassad höjdsättning (som diskuteras utförligt i P110), detta då ledningsnätet anses vara överbelastat vid ett skyfall. Förslagen som redovisas i tidigare kapitel tar hänsyn till behovet av fria skyfallsvägar.

Med områdets terräng som utgångspunkt finns det goda förutsättningar för avledning av extrema flöden, som tidigare diskuterat är fastigheten är inte utsatt för några större översvämningsrisker i dagsläget. Den enda risken som identifieras är det dagvatten som avleds från omkringliggande körbanor vid skyfall, detta rinner idag till de befintliga diken.

Dagvattnet föreslås ledas till dagvattenbrunnar via naturlig höjdsättning och avledande stråk, dessa stråk kan användas som sekundära rinnvägar vid skyfall när ledningssystemet är överkapacitet. I Tabell 13 och Tabell 14 presenteras flöden som uppstår vid ett 100 års regn från Kyrkenorum 1:1 och 7:2.

Tabell 13. Flöden vid ett 100 års regn för Kyrkenorum 1:1

Markanvändning	Area [ha]	Avr. koefficient [-]	Klimatfaktor	100 års regn, 10 min [l/s]
Gräs- och grönområde	1,47	0,1	1,3	93,7
Vattenspegel	0,06	1	1,3	36,9
Hårdgjord asfalterad yta	0,63	0,8	1,3	324,0
Gravstenar, betong	0,10	0,9	1,3	57,5

Minnesplats/befintlig fornlämningsyta	0,08	0,1	1,3	5,3
Totalt	2,35	-	-	517,4

Tabell 14. Flöden vid ett 100 års regn för Kyrkenorum 7:2 (1) och (2).

Markanvändning	Area [ha]	Avr. koefficient [-]	Klimatfaktor	100 års regn, 10 min [l/s]
Gräs- och grönområde	4,13	0,1	1,3	495,8
Gravgård	1,81	0,3	1,3	266,0
Asfalterad väg	0,53	0,8	1,3	209,4
Tak	0,17	0,9	1,3	77,0
Väg	0,15	0,8	1,3	38,7
Parkering	0,27	0,8	1,3	54,1
Totalt	7,08	-	-	920,2

8 Föroreningsbelastning

Föreslagna reningsanläggningar redovisade ovan har matats in i programmet StormTac. Programmet används för beräkning av föroreningstransport med möjlighet för dimensionering av dagvattenanläggningar. Indata till verktyget inkluderar bland annat normal årlig nederbörd och markanvändning. Till de olika markanvändningarna finns schablonhalter för föroreningsinnehållet i dagvatten. Med hjälp av verktyget erhålls ett årsmedelvärde på uppskattat föroreningsinnehåll i dagvattnet.

Den normala årsmedelnederbörden för Kyrkenorum 1:1 är 930 mm/år. Normaliserad indata har erhållits från SMHI för närmaste väderstation Rörastrand för perioden 1991–2020.

8.1 Kyrkenorum 1:1

I Tabell 15 presenteras resultaten från föroreningsberäkningarna i StormTac för Kyrkenorum 1:1. Mängden [kg/år] och koncentrationen [$\mu\text{g/l}$] föroreningar i dagvattnet redovisas för innan och efter exploatering – med och utan föreslagna reningsåtgärder.

Tabell 15. Föroreningsbelastning innan och efter exploatering för Kyrkenorum 1:1.

Ämne	Föroreningsmängder [kg/år]			Föroreningskoncentration [$\mu\text{g/l}$]			
	Innan exploatering	Efter exploatering - utan rening	Efter exploatering - med rening	Innan exploatering	Efter exploatering - utan rening	Efter exploatering - med rening	Göteborgs stads riktvärde
As	0,0036	0,012	0,0072	0,99	1,9	1,1	16
P	0,36	0,50	0,3	100	77	47	50
N	3,0	8,1	5,8	850	1300	900	1250

Pb	0,0068	0,028	0,0093	1,9	4,3	1,4	28
Cu	0,023	0,074	0,044	6,5	11	6,8	10
Zn	0,045	0,13	0,04	13	20	6,1	30
Cd	0,00052	0,0012	0,00032	0,15	0,19	0,05	0,9
Cr	0,0045	0,026	0,015	1,2	4,1	2,3	7
Ni	0,004	0,015	0,0055	1,1	2,4	0,85	68
Hg	0,000028	0,00018	0,000092	0,0079	0,027	0,014	0,03
SS	41	100	51	11 000	15 000	7 900	25 000
Oil	0,11	2,8	1,1	30	440	170	1000

Dagvattnet efter exploatering samt rening uppnår Göteborgs Stads samtliga riktvärden. Norumsån, som är recipient till planområdet, uppnår idag endast måttligt god ekologisk status främst på grund av övergödningssproblematik. Föroreningarna som är mest aktuella för denna problematik är närsalter, vilka är under riktvärden.

Det bör noteras att Savaq® systemet inte finns med i StormTac, det är ersätts i programmet med den anläggning som närmast uppnår samma tekniska funktion – biofilter. Reningsgraden som presenteras i tabellen ovan är troligtvis högre än den redovisade då dagvattnet som hamnar i Savaq® systemet återanvänds av växterna och renas naturligt. Endast vid mer intensiva regn och skyfall, när systemet är överkapacitet, finns det risk för att dagvattnet släpps ut till ledningsnätet orenat.

8.1.1 Dräneringsvatten från kistgravar och föroreningar från askgravlund

StormTac tar inte hänsyn till dräneringsvatten och föroreningarna i dränvattnet, därmed kan dessa inte modelleras. Dränvatten från Kyrkenorum 1:1 uppskattas dock uppnå tillräckligt hög reningsgrad med en specialanpassad markbädd. Denna bedömning baseras på de utredningar som gjorts i SVU rapport (Camper, 2014).

Vid dimensionering av markbädden bör hantering av näringsämnen och patogener beaktas då dränvatten från begravningsgårdar påvisar höga halter av just dessa föroreningar. SVU rapportens resultat visade att markbädden uppnår god reningsgrad gällande fosfor, kväve har inte analyserats i rapporten. Avseende patogener ökar markbäddens förmåga att rena dränvattnet på patogener med tid, en förbättrad reduktion uppnås ca 2 år efter anläggning då markbäddens bakterieflora behöver tid att växa. Analysresultaten efter rening visade att metallhalter var låga. En provtagningsbrunn i anslutning till markbädden kan komma att behöva anläggas om detta krävs av VA-huvudmannen.

En askgravlund planeras av kommunen, askan kommer då att gravsättas aningen med eller utan hölje. Askan bedöms inte innehålla några patogener då dessa bränns bort vid kremering. Aska består huvudsakligen av kol och kalciumfosfat samt andra ämnen i mindre mängder. Då askan kommer att begravas bedöms den inte påverka dagvattnet, beroende på askgravlundens djup kan infiltrerat vatten från askgravlundens renas i markbädden via dränering.

8.2 Kyrkenorum 7:2

I Tabell 16 presenteras resultaten från föroreningsberäkningarna i StormTac för Kyrkenorum 1:1. Mängden [kg/år] och koncentrationen [µg/l] föroreningar i dagvattnet redovisas för innan och efter exploatering – med och utan föreslagna reningsåtgärder.

Tabell 16. Föroreningsbelastning innan och efter exploatering för Kyrkenorum 7:2.

Ämne	Föroreningsmängder [kg/år]			Föroreningskoncentration [$\mu\text{g/l}$]			
	Innan exploatering	Efter exploatering - utan rening	Efter exploatering - med rening	Innan exploatering	Efter exploatering - utan rening	Efter exploatering - med rening	Göteborgs stads riktvärde
As	0,017	0,018	0,0090	1,1	1,2	0,56	16
P	1,0	1,1	0,75	68	69	47	50
N	15	16	15	970	1000	920	1250
Pb	0,047	0,052	0,026	3,1	3,3	1,6	28
Cu	0,15	0,17	0,011	10	11	6,7	10
Zn	0,31	0,35	0,17	20	22	11	30
Cd	0,0022	0,0024	0,0016	0,15	0,15	0,10	0,9
Cr	0,048	0,054	0,026	3,1	3,4	1,7	7
Ni	0,023	0,026	0,014	1,5	1,6	0,90	68
Hg	0,00029	0,00033	0,00021	0,019	0,021	0,013	0,03
SS	270	290	270	18 000	18 000	17 000	25 000
Oil	1,1	1,2	0,68	68	73	43	1000

Dagvattnet efter exploatering samt rening uppnår Göteborgs Stads samtliga riktvärden. Reningsåtgärden som används i modelleringen är brunnsfilter. Det är svårt att bedöma reningsgraden på brunnsfilter då den kan variera markant mellan olika leverantörer.

Norums kyrka har koppar komplement i form av bland annat hängrännor och stuprör. Modellen har korrigerats med hänsyn till detta. Koppar komplementen förekommer dock endast i mindre omfattning i relation till arean i stort. Riktvärdet för koppar innan exploatering överskrids inte (även med koppar korrigeringen i modellen), den överskrids dock efter exploatering på grund av den förändrade markanvändningen. Andra källor till kopparutsläpp är parkeringsplatser, genom att installera ett brunnsfilter som renar dagvatten på tungmetaller reduceras bland annat kopparutsläppet. Efter rening med brunnsfilter överskrids alltså inga riktvärden.

9 Framtida VA-försörjning

De rekommenderade dagvatten- och reningsanläggningarna för området grundar sig i att vara hållbara, att använda så liten mängd dricksvatten som möjligt samt rena lakvattnet så att det uppnår tillräckligt hög renlighet för att kunna släppas till dagvattensystemet. Enligt föreslagen lösning ska belastningen på spillvattennätet ej öka förutsatt att lakvattnet från begravningsplatserna kan renas och ledas till dagvattennätet. Vattennätet får en något ökad belastning då det tillkommer ca sex vattenutkastare i det nya planområdet.

I det norra området med den befintliga kyrkan behövs två brandposter för att säkerställa vattentillgång för räddningstjänsten. Detta ökar belastningen på vattensystemet och vattenledningen som idag går från

östra sidan av Ucklumsvägen och sedan längs med Ärtivelvägen till befintlig servisavsättning behöver läggas om med en större dimension för att tillgodose erforderlig kapacitet för brandposter och befintlig verksamhet.

9.1 Kyrkenorum 1:1, södra området

Spill- och dricksvattenledningar är idag placerade tvärs igenom planområdet, dessa kommer att behöva flyttas vid anläggning av begravningsplats. Befintlig spillvattenledning genom området har en lutning på ca 0,64% där höjdskillnaden mellan brunnen i sydväst och brunnen i nordöst är ca 1,1 m. Denna ledning är förlagd under de planerade ytorna för begravningsplatser.

Två alternativa åtgärder föreslås, se Figur 25; för Alternativ A föreslås ledningarna omläggas helt. De dras längst med Ucklumsvägen och Hallernaleden för att sedan ansluta till befintligt ledningsnät vid bostadsområdet. Alternativ B innebär att de befintliga ledningar tvärsigenom Kyrkenorum 1:1 behålls men att en mindre sträcka (se orange linje) dras om så att ledningarna inte är placerade direkt under begravningsytorna.

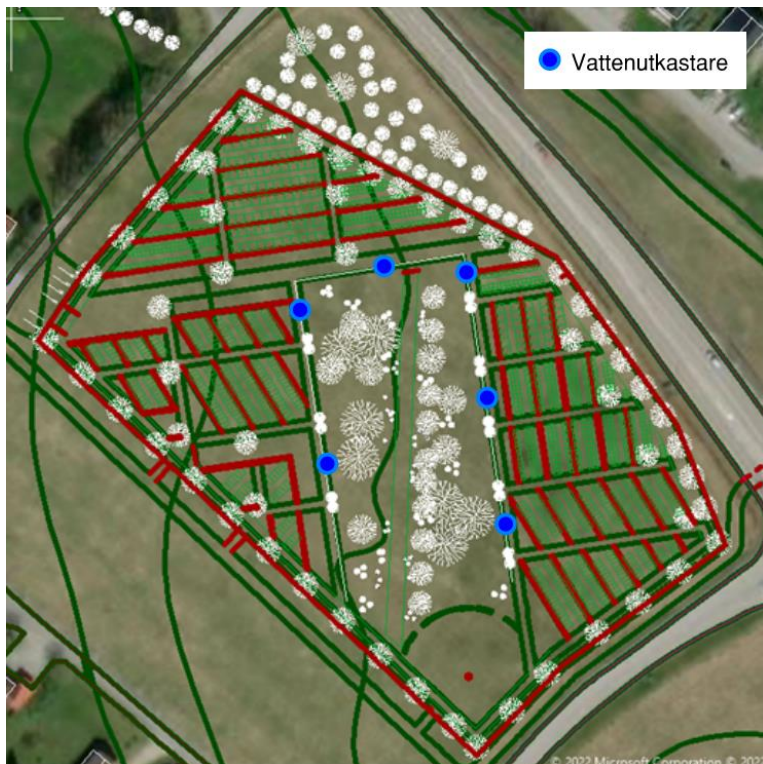


Figur 25. Förslag på omdragning av befintliga ledningar inom Kyrkenorum 1:1

Alternativ A innebär att ledningarna förläggs runt planområdet vilket är fördelaktigt för framtida drift och underhåll av ledningarna. Det negativa med detta förslag är att fallet på spillvattenledningen endast blir ca 0,4% vilket vid utförande och sättningar innebär en risk att det blir bakfall på ledningarna. Detta alternativ är också dyrare än Alternativ B då det blir en större åtgärd på ledningsnätet. Det finns även en risk att intrång sker i fornlämningsområdet längst sydväst i området.

Alternativ B är en mindre åtgärd än Alternativ A där ledningsdragningen justeras på den delsträcka där ledningarna ligger under planerade begravningsplatser, ledningarna föreslås istället förläggas i gångvägarna. Spillvattenledningen på den sträcka som justeras skulle enligt detta förslag få en lutning på 0,5%. Det finns i detta förslag inget intrång inom de fornlämningsytor som lokaliserats.

Utöver åtgärden på det befintliga spill- och vattennätet behöver det södra området ett antal vattenutkastare, förslag på placering av dessa redovisas i Figur 26 nedan.



Figur 26. Förslag på placering av vattenutkastare.

9.2 Kyrkenorum 7:2, norra området

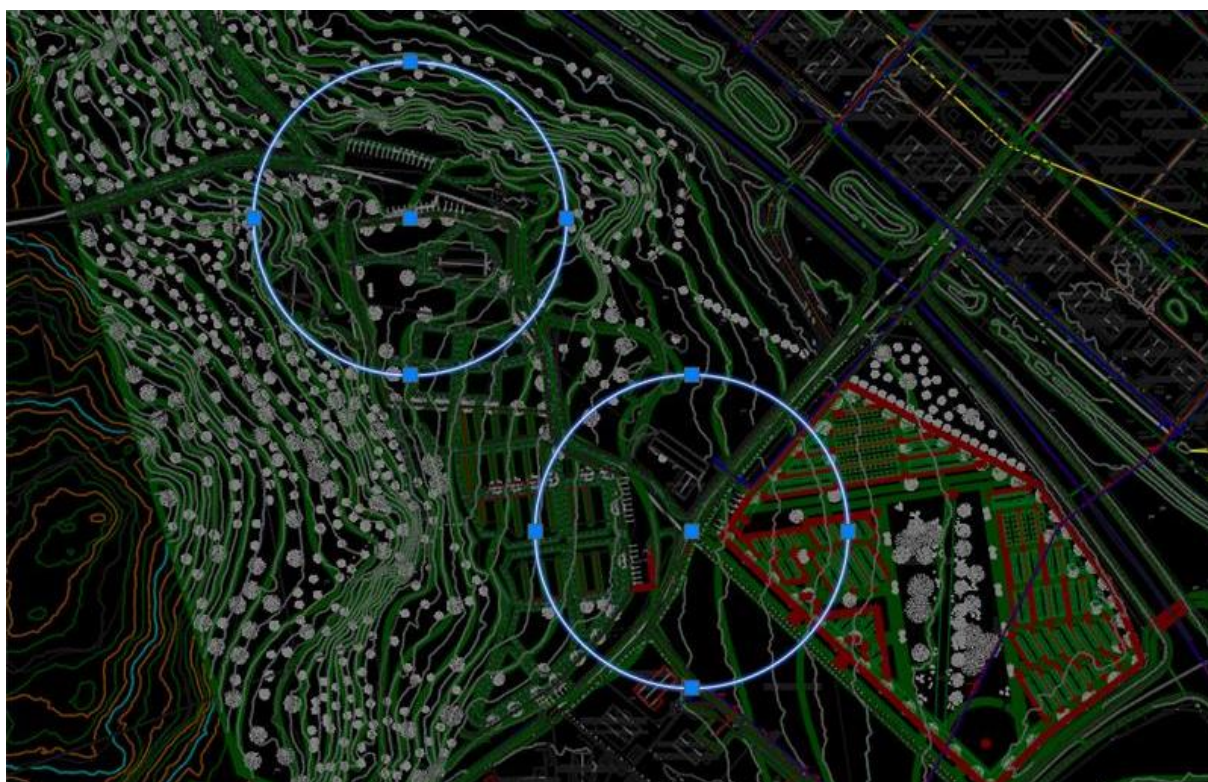
För att säkerställa vattentillgång för räddningstjänsten behöver två brandposter anläggas. Brandposter föreslås anläggas så att samtliga byggnader i det norra området ligger inom en radie på 75 m. För att uppnå tillräcklig kapacitet för brandposterna behöver vattenledningen från öster om Ucklumsvägen som sedan stäcker sig längst med Ärtvivelvägen, ersättas med en ledning med större dimension och efter anslutning av servisavsättningen fortsätta upp i asfaltsvägen till brandposten längst norrut i närhet av kyrkan.

På grund av brist på underlag över ledningsnätet inom fastigheten Kyrkenorum 7:2 har andra potentiella anslutningspunkter inte kunnat utredas. Därmed rekommenderas att den befintliga servisen behålls och ansluts till den nya ledningen längst Ärtvivelvägen.



Figur 27. Redovisad anslutningspunkt samt lednings som behövs bytas ut för att erhålla tillräcklig kapacitet för brandposterna.

Föreslagen placering av brandposter presenteras i Figur 28, som nämnt ovan utgår förslagen ifrån att samtliga byggnader inom fastigheten ska ligga inom en 75 m radie från en brandpost. Placeringen redovisas via en liten blå rektangel i centrum på cirklarna med en radie på 75 m.



Figur 28. Föreslagen placering av brandposter inom Kyrkenorum 7:2. Centrum på cirklarna visar föreslagen placering och cirklarna visar en radie på 75 m. För att uppnå tillräckligt hög kapacitet behöver ledningen längst med Ärtvirvelgatan bytas ut.

Information avseende befintliga ledningar och deras kapacitet inom Kyrkenorum 7:2 finns inte tillgänglig, detsamma gäller även kapaciteten i anslutningsledningen längst Ärtvivelvägen. Därmed har tryckförluster för flera ledningsdimensioner för ledningar till brandposter beräknats. Minsta dimension till brandposter brukar vara PE 110. Beräkningarna är utförda baserat på ett brandpostuttag på 10 l/s enligt P114. Beräkningarna är baserade på två brandposter och tryckförlusten redovisas för den mest avlägsna brandposten, se Tabell 17.

Tabell 17. Beräknade tryckförluster per dimension för ledningar till brandposter.

Dimension (mm)	Rörtyp	Klass	Råhet (mm)	Innerdiameter (mm)	Bedömt flöde (l/s)	Flödes hastighet (m/s)	Tryckförlust (mvp/m)	Sträcka (m)	Höjdskillnad (m)	Bedömd tryckförlust (mvp)
110	PE 100	PN 10	0.01	96.8	20	2.7	0.065	450	15.1	44.5
125	PE 100	PN 10	0.01	110.2	20	2.1	0.034	450	15.1	30.7
160	PE 100	PN 10	0.01	141	20	1.3	0.010	450	15.1	19.8
200	PE 100	PN 10	0.01	176.2	20	0.8	0.004	450	15.1	16.7

10 Kostnads kalkyl

Anläggning av begravningsplatsen kan komma att bli tekniskt komplicerad samt ekonomiskt kostsamt. Då flera faktorer idag är okända och obestämda och eftersom arbetet som behöver vidtas för att skapa optimala förutsättningar inom området är så omfattande och komplext är det idag inte möjligt att bedöma kostnaden på åtgärdsförslagen i sin helhet.

En grov uppskattning på investeringskostnaden har därmed tagits fram för markbädden, pumpstation samt Savaq® systemet, Tabell 18. Anläggningskostnader har inte inkluderats i kostnadsuppskattningen. Drift- och underhållskostnader varierar mellan leverantörer. För markbäddar kan underhåll krävas efter 15–20 år beroende på utformning. Pumpstationer behöver underhållas i form av bl.a. service.

Tabell 18. Grovt uppskattad investeringskostnad.

Komponent	Uppskattad investeringskostnad [kr]
Markbädd (ej anläggning kostnader)	200 000 – 600 000
Pumpstation (ej anläggning kostnader)	50 000 – 150 000
Savaq® system, inkl. rör, koppling och brunnar. (ej anläggning kostnader).	Ca 510 kr löpmeter, totalt ca 4 miljoner för 8255 löpmeter.

11 Slutsats och rekommendationer för fortsatt arbete

Som tidigare redovisat finns både lagkrav och tydliga riktlinjer från bland annat Svenska Kyrkan och WHO avseende anläggning av nya begravningsplatser. Kommunens gestaltningsförslag är inte kompatibelt med vissa av dessa riktlinjer. Grundvattnet inom fastigheten ligger nära ytan och geologiska förhållanden visar att jorden består av lera, vilket är en vattenhållande jordart som inte bedöms vara en optimal jordart för begravningsgårdar.

För att säkerställa att begravningsplatsen anläggs i enlighet med riktlinjerna om att grundvattennivån ska ligga minst 1 meter under kistbotten kommer att grundvattenytan behöva sänkas inom området. Då kommunen även önskar att kunna begrava minst tre kistor per begravningsplats, i åtminstone delar av begravningsgården, innebär detta att grundvattennivån kommer att behövas sänkas flera meter. Vidare

kan fastigheten komma att behöva schaktas flera meter djupt då lera inte bedöms vara optimal för anläggning av begravningsgård. Dock är det värt att notera att föroreningar i lera generellt anses svara svårspredda då lera har låg hydraulisk konduktivitet.

Gällande dränvatten och grundvatten har det tidigare förmedlats att tätning alternativt avskärande dike kan behövas anläggas för att efterfölja givna riktlinjer. För att kunna göra en bedömning gällande vad som är mest fördelaktigt för området och miljön behövs fördjupade utredningar göras avseende:

- grundvattenströmning inom området,
- variation i grundvattennivå under året,
- inventering av befintliga ledningsnät inom Kyrkenorum 7:2 för att bedöma om dräneringsledningar kan anslutas till en ny markbädd,
- utredning och riskanalys gällande genomförbarhet avseende grundvattensänkning och teknisk komplexitet

Om utredningarna visar att begravningsplatsen måste tätas samt att grundvattenytan måste sänkas flera meter kommer detta att bli en ekonomiskt kostsamt och tekniskt komplicerad åtgärd.

Grundvattensänkning är en tillståndspliktig åtgärd och kräver att tillstånd till vattenverksamhet sökes – vilket är i sig en lång och kostsam process.

Referenser

Camper, J-A. (2014). *Dräneringsvatten från begravningsplatser*. Utgivare: Svenskt Vatten AB.

P110 del I och II (2016). *Avledning av dag-, drän- och spillvatten*. Svensk Vatten.

P114 (2020). *Distribution av dricksvatten*. Svenskt Vatten.

Petterson A, och Hübinette M. (u.å.). *Att skilja vatten från vatten. Presentationsmaterial 17 Maj* för Sveriges kyrkogårds- och krematorieförbund. RISE — Research Institutes of Sweden. Hämtad: 2022-10-01

Naturvårdsverket (1991). *Rening av hushålls- och industriavfallsvatten - AR 1991:2 - ALLMÄNNA RÅD*.

Terrigio Irrigation Systems. (u.å.). *Produktblad Savaq® CITY 160*. Terrigio AB, Hämtad: 2022-02-01

BILAGA A

Dimensionerande dagvattenflöden

Det dimensionerande dagvattenflödet, Q_{dim} [l/s], beräknas enligt ekvation (1).

$$Q_{dim} = A * \varphi * i(t_r) * k_f \quad (1)$$

A = avrinningsområdets area [ha]

φ = avrinningskoefficient [-]

$i(t_r)$ = dimensionerande nederbördsintensitet [l/s*ha]

t_r = regnets varaktighet

k_f = klimatkfaktor

Klimatkfaktorn för det befintliga regnet är 1 och för det framtida regnet 1,30 då regn intensiteten uppskattas öka med 30%.

Erforderlig fördröjningsvolym

Enligt Stockholm Stad – PM Beräkningsmetodik för dagvattenflöde och föroreningstransport (2017) kan den erforderliga fördröjningsvolymen beräknas enligt följande;

$$U_i = d_r * A_{red} \quad (2)$$

U_i = Erfoderlig fördröjningsvolym [m³]

d_r = den regnvolym som ska hanteras inom kvarteret [mm]

A_{red} = den reducerade ytan av avrinningsområdet [m²]

Denna erforderliga fördröjningsvolym förutsätter att kommunen ställer ett fördröjningskrav (d_r).

Den erforderliga fördröjningsvolymen kan även beräknas enligt ekvation 9.1 i P110 Svensk Vatten, se ekvation 3.

$$V = 0,06 * \left[i_{regn} * t_{regn} - K * t_{rinn} + \frac{K^2 * t_{rinn}}{i_{regn}} \right] \quad (3)$$

V = Specifik magasinvolym [m³/ha_{red}]

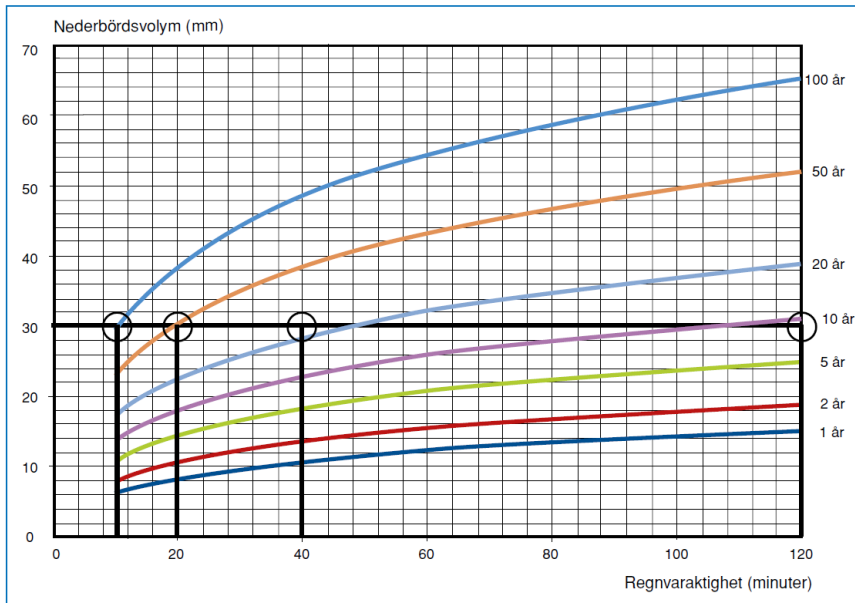
i_{regn} = regnintensitet för aktuell varaktighet [l/s ha]

t_{egn} = regnvaraktighet [min]

t_{rinn} = rinntid [min]

K = specifik avtappning från magasinet [l/s ha_{red}]

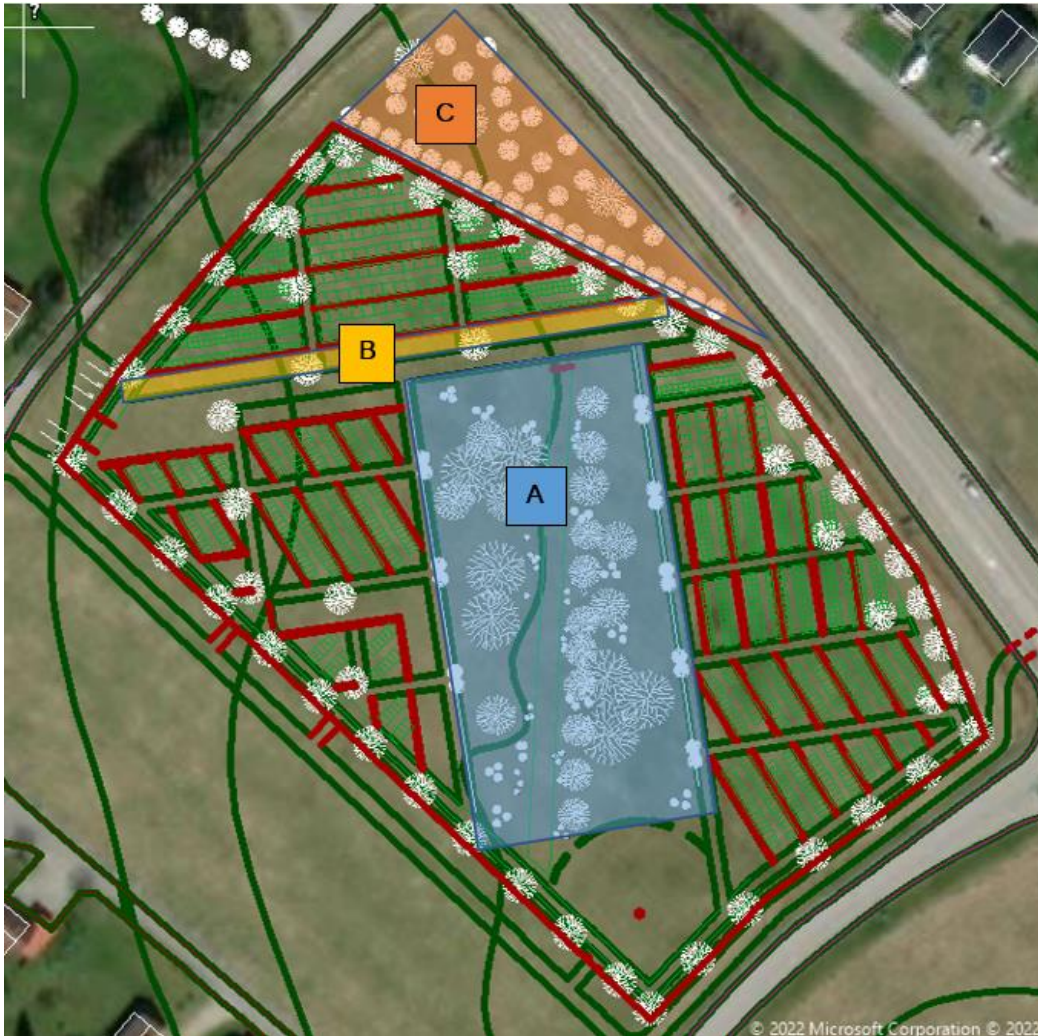
Rinntiden uppskattades för den längsta sträckan till dagvattenanläggningen med följande flödes hastigheter: 0,1 m/s för flöde på mark och 0,5 m/s för flöde i dike.



Figur 1.24
Nederbördsvolym som funktion
av varaktighet och återkomsttid
baserat på (Dahlström 2010).

BILAGA B

Översiktliga beräkningar för förväntad förbrukning av Savaq © ledningar. Beräknas för de ytor som redovisas i figuren nedan. Distansen mellan Savaq© ledningarna uppskattas, uppskattningen baseras på den tekniska beskrivningen. Den tekniska beskrivningen på produkten förser även med information om produktens vattenreserv, alltså hur mycket vatten som kan "förvaras" i ledningarna.



	A	B	C
Ledningsdiameter, Savaq© [m]	0.16	0.16	0.16
Distans mellan ledningar [m]	0.8	0.8	0.8
Summa sträcka fr. led. till led. [m]	0.96	0.96	0.96
Vattenreserv [l/löpmeter]	15.1	15.1	15.1
Anläggningsbredd [m]	45.6	5	32
Anläggningslängd [m]	100	117	90
Anläggningsarea [m²]	4560	585	1440
Antalet ledningar tvärsöver [st]	47	5	33
Ungefärligt antal meter ledningar [m]	4700	585	2970
Total uppnådd fördröjning [m³]	70.9	8.8	44.8

BILAGA C

Erforderlig yta för markbädd, dimensionerat enligt Naturvårdsverkets Råd 91:2 – *Rening av hushållsspillvatten*. Beräkningarna utgår ifrån att grundvattenytan har sänkts.

Begravningsplats

Area begravnings ytor, A(ha): ca 11 200 m²

Dränvattenavrinning, Q_{drän}: 0,03 l/s*ha

Belastning markbädd, Q_a: 50 l/m²*dygn

Beräkningar

$$Q_{\max, \text{drän}} = A(\text{ha}) * Q_{\text{drän}} = 2903 \text{ l/dygn}$$

$$Q_{\text{bf}} = Q_{\max, \text{drän}} + Q_{\max, \text{spill}} = 2903 + 0 = 2903 \text{ l/dygn}$$

$$Q_{\text{bf}}/Q_{\text{a}} = 58.06 \text{ m}^2$$

Erforderlig yta för markbädd ca 60 m². För att ta hänsyn till framtida klimatförändringar och framtida säkerhet av anläggningen inkluderas en säkerhetsfaktor på 20%, då erhålls en erforderlig yta på 72 m².

Dränvattenavrinningen har baserats på likande dagvattenutredning inom begravningsplatser och dimensionerna bör kontroll beräknats under framtida projektering.