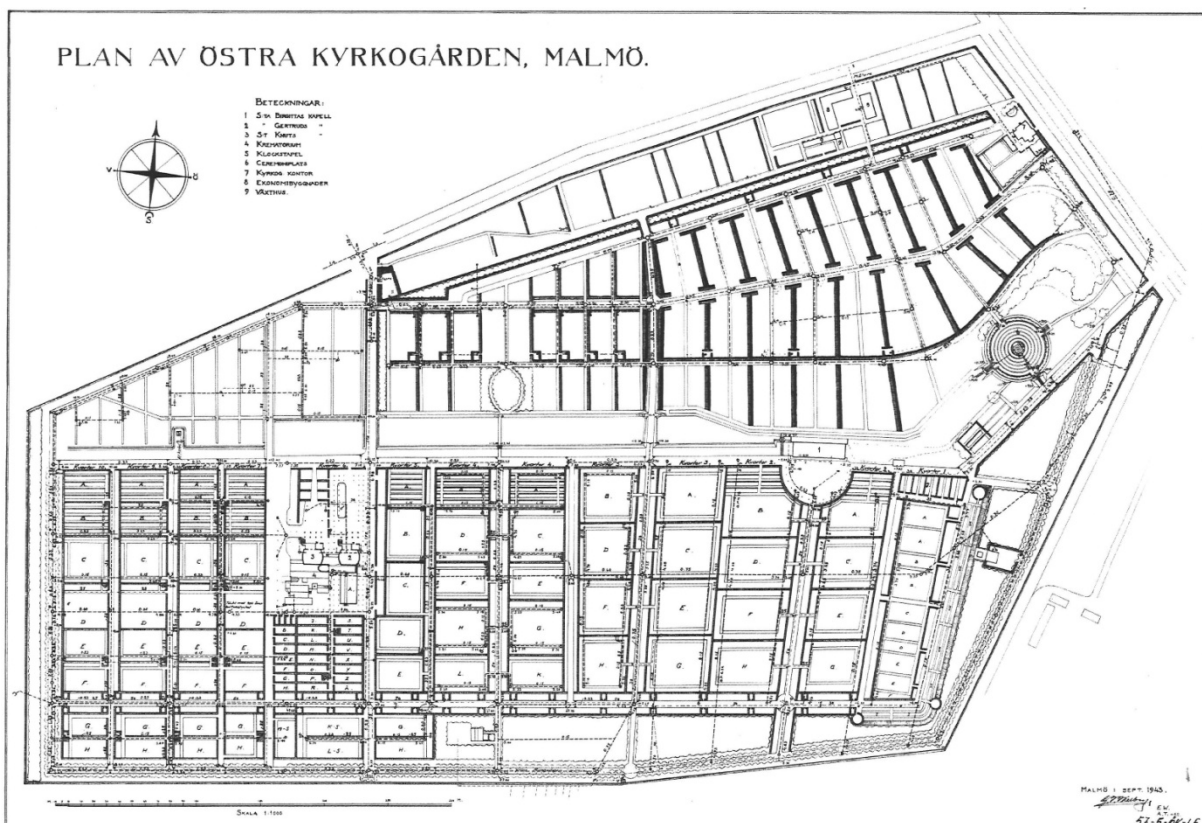


# Hållbar dagvattenhantering inom Östra kyrkogården i Malmö

– möjligheter och hinder

*Martin Hagberg*



## **Hållbar dagvattenhantering inom Östra kyrkogården i Malmö - möjligheter och hinder**

Sustainable stormwater management within the cemetery Östra kyrkogården in Malmö  
- possibilities and obstacles

*Martin Hagberg*

**Handledare:** Anders Kristoffersson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

**Examinator:** Frida Andreasson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Examensarbete i landskapsarkitektur inom landskapsingenjörsprogrammet

**Kurskod:** EX0793

**Program:** Landskapsingenjörsprogrammet

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2017

**Omslagsbild:** Planritning från 1943, Kyrkogårdsförvaltningen Malmö

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Hållbar dagvattenhantering, LOD, avrinning, avrinningskoefficient, skyfall, lagar och kyrkogårdar

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

## Sammanfattning

Klimatforskning visar att vi kommer att få intensivare regn varvat med längre perioder av torka. På senare år har det inträffat två extrema regn i och i närheten av Malmö. Under det första, över Köpenhamn 2011, föll det på under två timmar 150 millimeter regn. I det andra fick delar av Malmö, på hösten 2014, över 100 millimeter nederbörd i ett skyfall med återkomsttid på över 400 år. Arbete med att ta fram åtgärdsplaner för att hantera extrema regn pågår för fullt på många ställen. Samarbete från många olika håll av många olika aktörer behövs för att minska risken för översvämningar. Syftet med detta arbete är att reda ut vilka möjligheter och hinder det finns för kyrkogårdsförvaltningen i Malmö att minska dagvattenavrinningen från Östra kyrkogården.

De olika teoridelarna i rapporten beskriver vad dagvatten är, vilken nytta hållbar dagvattenhantering gör, olika hanteringslösningar som finns, vilka lagar och regler begravningsplatser styrs av, en tillbakablick över Östra kyrkogården och hur det ser ut där idag. Dessutom ingår det en utförligare teoridel med de olika begrepp som behöver förstås för att kunna utföra och förstå avrinningsberäkningar med enkla handberäkningsmetoder. För att ytterligare utröna vilka möjligheter och hinder som föreligger för utförande av hållbara dagvattenlösningar har tre intervjuer gjorts med personal från kyrkogårdsförvaltningen i Malmö. Dessa intervjuer behandlar lagar och regler, förvaltningens syn på olika hanteringslösningar samt hur skyfall påverkar kyrkogården. Dessutom har det gjorts en platsundersökning där förutsättningarna har studerats på plats.

Vid en första anblick ser möjligheterna bra ut för att utföra långsiktig hållbar dagvattenhantering inom Östra kyrkogården i Malmö. Det finns många och stora fria ytor utan gravplatser, det finns långa sträckor med plats till kedjor av olika lösningar och det finns få byggnader att ta hänsyn till. Vid en närmare granskning visar det sig att det inte är så enkelt. Lagar och regler hindrar förändringar som ändrar den övergripande strukturen. Naturvärden måste tas i beaktande. Kyrkogårdsförvaltningens angivna medel ska uteslutande gå till begravningsverksamhet. Trots det kom det i intervjuerna fram att det sker en hel del arbete med hanteringen av dagvattnet och att överväganden om möjliga och lämpliga lösningar görs kontinuerligt.

Beräkningarna visar hur stor avrinningen är från ett område på 21 hektar inom Östra kyrkogården vid regn med tre olika återkomsttider. Till största delen består avrinningsområdet som beräkningarna utförs på av gravplatser med singel men det finns även gräs, skog, byggnader, grusvägar och asfaltvägar. Dessutom beräknas avrinningen för en mindre yta med mestadels asfalt i tre steg. Första steget är det befintliga förhållandet, steg två är med fördröjning av 10 millimeter regn och i steg tre är det både fördröjning av 10 millimeter regn samt ett svackdike.

# Innehållsförteckning

1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund/problembeskrivning .....	1
1.2 Syfte, frågeställning och mål.....	1
1.3 Avgränsningar .....	1
2 Metod.....	2
3 Resultat.....	3
3.1 Dagvatten.....	3
3.1.1 Hållbar dagvattenhantering.....	4
3.1.2 Olika dagvattenlösningar .....	5
3.2 Lagar och regler för begravningsplatser .....	6
3.3 Östra kyrkogården i Malmö .....	7
3.3.1 Historisk tillbakablick.....	7
3.3.2 Östra kyrkogården idag .....	7
3.3.3 Platsundersökning .....	8
3.4 Intervjuer.....	9
3.5 Beräkningsteori .....	12
3.5.1 Handberäkningsmetoder .....	13
3.5.2 Återkomsttid, varaktighet, nederbördsintensitet .....	14
3.5.3 Avrinning.....	15
3.5.4 Rinntid.....	17
3.5.5 Klimatfaktor .....	17
3.6 Beräkningar .....	18
3.6.1 Sammanställning ytor.....	19
3.6.2 Beräkningar kvarter 1-10, miljödepå och kapell.....	19
3.6.3 Beräkningar Kapellvägen .....	21
4 Diskussion .....	23
4.1 Metoddiskussion.....	23
4.2 Resultatdiskussion.....	23
4.3 Slutsatser.....	25
Källförteckning.....	26
Bilagor.....	28

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund/problembeskrivning

Klimatförändringar gör att vi kommer att få intensivare regn varvat med torrare perioder (SMHI, 2011). På senare år har några extrema skyfall drabbat Malmö, till exempel kom det över 100 millimeter regn på bara några timmar i augusti 2014 (VA SYD, 2016). Efter det har Malmö Stads arbete med att ta fram planer för att hantera skyfall intensifierats. Att bygga ut det befintliga ledningsnätet så det klarar att ta emot extrema regn skulle bli ofantligt dyrt, praktiskt svårt att genomföra och orsaka stora problem vid recipienten. Gemensamt arbete från många olika håll av många olika aktörer behövs för att minska risken för översvämningar. Villaägare uppmanas att leda sitt dagvatten ut på gräsmattan. Kommunen bygger ut sitt rörnät och anlägger fördröjningsmagasin. Vad kan kyrkogårdsförvaltningen i Malmö göra?

## 1.2 Syfte, frågeställning och mål

Syftet med detta examensarbete är att undersöka vilka möjligheter och hinder det finns för en hållbar dagvattenhantering inom Östra kyrkogården i Malmö. Frågeställningen är om det är möjligt att ta hand om allt regnvatten som faller ner inom Östra kyrkogården och målet är att presentera vilka effekter några enkla åtgärder genererar.

## 1.3 Avgränsningar

En viktig avgränsning inom beräkningsdelen i denna rapport är att avrinningsberäkningarna inte gäller hela kyrkogården utan ett avgränsat område på ca 20 hektar. Handberäkningar på hela hade blivit för otympliga och de hade behövt delas upp på grund av olika avrinningsområden. Valet att utföra beräkningar föll på delen med gravar belagda med singel eftersom den med gräs antagligen har mycket mindre avrinning trots delvis större lutningar. Eftersom dimensioneringsberäkningarna appliceras på befintliga rör används inte klimatfaktorn i några beräkningar. Utgångspunkten har varit att ta reda på hur det ser ut just nu och inte vad olika lösningar genererar för effekter i framtiden. Dessutom gäller dimensioneringsberäkningarna för fyllda rör så kallad hjässdimensionering. Inte för dimensionering upp till marknivå eller husnivå. Det har inte tagits hänsyn till eventuella dräneringssystem för gravytor som till exempel finns på det muslimska gravkvarteret och även kan förekomma på andra ställen.

## 2 Metod

En väsentlig del i detta arbete bygger på att kunna utföra beräkningar av hur stor dagvattenavrinningen från Östra kyrkogården i Malmö är och vad olika tänkbara hållbara dagvattenlösningar genererar för effekter om de förverkligas. För att kunna utföra och förstå beräkningarna ingår det en beräkningsteoridel i rapporten. Ytterligare teoridelar behandlar dagvatten, hållbar dagvattenhantering, dagvattenlösningar, lagar och regler för kyrkogårdar och Östra kyrkogården i Malmö. För att ta reda på grundläggande fakta till teoridelarna har information bland annat hämtats via sökning i SLU-bibliotekets databas, via Google och via referenser i publicerade rapporter. Viktiga sökord var hållbar dagvattenhantering, LOD, avrinning, avrinningskoefficient och skyfall. För att hålla en hög tillförlitlighet i rapporten valdes först och främst källor från publicerade vetenskapliga arbeten, rapporter och doktorsavhandlingar. Gällande använt material från nätet har i stort sett bara tillförlitliga källor från myndigheter och branschorganisationer tagits med i rapporten. Dessutom ingår det en platsundersökning och intervjuer med personal på kyrkogårdsförvaltningen i Malmö för att få fram ytterligare förutsättningar och kompletterande uppgifter. Intervjuerna är utförda i en kvalitativ halvstrukturerad intervjuform beskriven av Kvale (1997). Respondenterna valdes med hänsyn till bakgrundskunskaper och insikter i sakfrågorna. Intervjuerna skedde vid tre olika tillfällen och respondenterna har fått läsa igenom materialet för att kunna rätta till eventuella missförstånd. Utöver detta har det gjorts en ledningskoll i [ledningskollen.se](http://ledningskollen.se) för att se om VA SYD har intressen i form av några egna avloppsrör inom området men det har de inte. Arbetet är till största delen skrivet på plats i administrationsbyggnaden på Östra kyrkogården i Malmö.

## 3 Resultat

### 3.1 Dagvatten

Med dagvatten menas, skriver Svenskt Vatten (2016), det regnvatten eller smältvatten som tillfälligt rinner på en markyta eller takyta. Vattnet leds ner i avloppsrör som transporterar vattnet till recipienten. I avloppsrören går det antingen dagvatten, spillvatten eller dräneringsvatten. Vattnet transporteras var för sig eller i olika kombinationer. När det finns spillvatten med i rören går vattnet till ett reningsverk och om inte spillvatten finns med, skriver de, leds vattnet till lämpligt vattendrag.

Separerat dagvatten från Malmös östra delar där Östra kyrkogården ligger transporteras, enligt VA SYD (2009), till Risebergabäcken som rinner ut i Sege å som i sin tur mynnar ut i Öresund. Vid kraftiga skyfall rinner det även ut kraftigt utspätt spillvatten i bäckarna från bräddavlopp i de kombinerade systemen. Detta, menar de, är för att inte reningsverken ska bli överbelastade.

Fram till mitten av 1970-talet gick hanteringen av dagvatten, enligt Peter Stahre (2008), ut på att transportera bort vattnet så fort som möjligt. Då började kvalitén på vattnet så smått uppmärksammas och hur föroreningsinnehållet i dagvattnet påverkade recipienten kom upp på agendan. Fram till 90-talet gick hanteringen och lösningar endast ut på att minska föroreningar men sedan dess, skriver han, är helhetsperspektivet större och dagvattnet ses som en positiv resurs i det urbana landskapet.

Enligt P-A Camper (2014) skiljer det sig åt hur kommuner i Sverige klassificerar och tar emot vatten från kyrkogårdarna. Vissa kommuner har uppdelat så dräneringsvattnet från gravytor går som spillvatten till reningsverket och dagvattnet går till dagvattennätet. Andra kommuner skickar allt vatten antingen till dagvattennätet eller till spillvattennätet.

I ett examensarbete, där provtagningar vid två tillfällen har gjorts på dräneringsvattnet från muslimska avdelningen på Östra kyrkogården i Malmö, av Frida Wahlund (2011) kommer hon fram till att bakteriehalten i vattnet inte är något problem. Hon skriver vidare att det även stöds av tidigare undersökningar, men att ytterligare provtagningar behövs för att säkerställa resultatet. P-A Camper (2014) anser att det är synd att de senaste relativt nyligen utförda provtagningarna alla är gjorda vid relativt torr väderlek och att eventuella patogener då är svåra att detektera.

### 3.1.1 Hållbar dagvattenhantering

En del svenska kommuner har, enligt Svenskt Vatten (2016), praktiserat hållbar dagvattenhantering i över trettio år men det var först i början på 2000-talet som begreppet, från engelskans sustainable stormwater management, började användas. Målsättningen med hållbara dagvattenhanteringslösningar är att så långt som möjligt efterlikna hur vattnet rör sig i naturen. Detta genom en kedja av olika typer av åtgärder hela vägen från regndroppens nedslagsplats fram till recipienten. Åtgärderna kan vara trög avrinning, infiltration så långt som möjligt, stor flödeskapacitet för extremregn och höjdsättning som förhindrar översvämning. Två stora fördelar med hållbar dagvattenhantering, menar de, är att den minskar momentana flödestoppar och kan fördröja stora volymer. Detta minskar översvämningsrisken nedströms och erosionsproblem vid recipienten. Vid större rördimensioner, som gör att det går att transportera bort stora mängder dagvatten, ökar problemen nedströms. Vattenbalansen försämras och grundvattennivån påverkas. Dessutom, skriver de, minskar föroreningsmängden till recipienten vid ett hållbart utförande.

Peter Stahre skriver i *Blue-green fingerprints in the city of Malmö, Sweden* (2008) att det är självklart att planeringen av hållbara dagvattenlösningar är mer komplicerad och tidskrävande men att det finns en mängd olika positiva värden med hållbar dagvattenhantering. Några exempel på dessa värden är estetiska, biologiska, ekologiska, pedagogiska, ekonomiska och zoologiska. Dessutom menar han att det är bra för vildlivet, rekreationsmöjligheterna, att det kan vara bra PR och slutligen att det har en positiv effekt på miljön.

Svenskt Vatten (2016) hävdar, baserat på regnvaraktigheten 12 timmar, att om det går att åstadkomma en fördröjning och hantering lokalt av de första 10 millimetrarna regn som faller så omhändertas hela 75 procent av årsvolymen nederbörd, vid hantering av 15 millimeter omhändertas 85 procent av årsvolymen. Det kan kanske låta mycket men de flesta regn är modesta och enligt SMHI (2016) regnar det mellan 150 till 200 dagar per år och antalet dagar med över 10 mm regn är för Malmö i genomsnitt runt 10 stycken per år enligt statistik från 1961 till 2013.

Begreppet LOD som betyder lokalt omhändertagande av dagvatten har använts sedan 1970-talet och från början gällde det endast infiltration av dagvatten. Betydelsen av begreppet har enligt Svenskt Vatten (2016) gått förlorad under åren så de använder numera begreppet LOD endast för åtgärder på privat mark. En ofta använd generell begreppsindelning för hållbar dagvattenhantering är att på privat mark sker lokalt omhändertagande och på allmän platsmark fördröjning nära källan, trög avledning och till slut samlad fördröjning (Stahre, 2004). Kyrkogårdar är generellt privat mark men med en del möjligheter som liknar de på allmän mark. Denna rapport gör ingen distinktion mellan privat och allmän mark.



### 3.1.2 Olika dagvattenlösningar

Som en ingående del i projektet Grå-gröna systemlösningar för hållbara städer har rapporten Inventering av dagvattenlösningar för urbana miljöer gjorts (Vinnova, 2014). I den rapporten har några olika anläggningstyper studerats. Dessa är till exempel biofilter, genomsläpplig markbeläggning och utjämningsmagasin. Några exempel på biofilterlösningar är kantstenslösningar, regnbäddar, svackdiken med makadammagasin, resorptionsdiken, biodiken, gröna svackliknande ytor, torra dammar, översilningsytor, våtmarker/dammar och gröna tak. Genomsläpplig mark kan vara rasterytor och permeabel asfalt. Magasinering under mark kan utföras med kassettmagasin eller dagvattenkammare. Vidare har de i rapporten även behandlat avledning i öppna lösningar som kanaler, diken, bäckar, ytvattenrännor och rännstenar.

Ett svackdike, skriver Stahre (2006), är ett grunt dikesveck med flacka gräsbevuxna sidor. Diket ska även ha svag lutning längsgående. För att öka infiltrationskapaciteten anläggs de oftast med ett dränerande material i botten som t ex grus. Dessutom menar han att det är vanligt att det också läggs ner dräneringsrör för att förhindra översvämningar. Ett svackdike är, enligt Anna Edvinsson (2009), ett slags biodike men hos biodiken ligger större fokus på reningsförmågan och växtmaterialet än i svackdiken. Vidare menar hon att biodiken kan ha mycket större variation i utseende, utformning och storlek.

Gröna tak delas oftast in i två olika grupper beroende på hur mycket skötsel de kräver. De semi-intensiva kräver lite mer skötsel och de extensiva, dit sedumtak hör, kräver i stort sett ingen skötsel. De olika gröna taken har olika vattenhållande förmåga men enligt Svenskt Vatten (2016) beräknas ett 50 millimeter tjockt tak kunna magasinera 5 till 10 millimeter regn. Rent generellt kan antas, menar de, att gröna tak klarar att fördröja i stort sett allt regn upp till 5 millimeter men därefter klarar bara de tjockare taken av att fördröja ytterligare vatten.

Enligt PlanPM Dagvatten utgiven av länsstyrelsen i Skåne län (2009) ska i första hand landskapets naturliga förutsättningar med topologi och biologi utnyttjas vid öppen dagvattenhantering. Det innebär att lösningar i så stor utsträckning som möjligt ska ta tillvara områdets lutningar, svackor och fuktiga delar. Vidare menar de att infiltration inte bara kan ske på allmän platsmark utan även på ytor som traditionellt är hårdgjorda som till exempel parkeringsplatser. Dessutom skriver de att genom att sakta leda vatten över gräsmattor mot målet skapas trög avrinning. För utökade effekter kan svackdiken anläggas och ytterligare ett steg är att anlägga makadamfyllda infiltrationsdiken.

### 3.2 Lagar och regler för begravningsplatser

Allt ska göras för att minimera negativa effekter på hälsa och miljö enligt miljöbalkens allmänna hänsynsregler (SFS 1998:808). I Fria eller fälla som riksantikvarieämbetet har gett ut (Mebus red., 2014) skriver de att detta även gäller den löpande skötseln i offentliga miljöer. Vidare menar de att hänsyn till kulturvärden och naturvärden alltid ska tas, även när tillstånd inte behöver sökas. De lagar som reglerar markanvändning och skydd är kulturmiljölagen, miljöbalken och plan- och bygglagen. De olika styrmedel som finns kan vara internationella, nationella eller regionala. Några exempel på styrmedel och skydd är Natura 2000, artskydd, fridlysning, naturminne, biotopskydd, strandskydd, kyrkligt kulturminne och till sist byggnadsminne som trots namnet kan vara skydd av till exempel en trädallé. Åtgärder i strid med vissa av dessa skydd, till exempel Natura 2000, är ytterst svåra att få beviljade. Dessutom, skriver de, kan det ofta uppstå intressekonflikter mellan olika lagar, regler och skydd och det är inte helt lätt att veta vad som värderas högst.

Enligt kulturmiljölagen (SFS 1988:950) måste länsstyrelsen bevilja tillstånd innan ändringar som väsentligt ändrar kyrkobyggnader, kyrkotomter och begravningsplatser utförs på kyrkogårdar byggda före 1940. Även vissa yngre kyrkobyggnader och begravningsplatser utvalda av riksantikvarieämbetet eller länsstyrelsen har detta skydd (Riksantikvarieämbetet, 2016).

Enligt miljöbalken (SFS 1998:808) kapitel 9 paragraf 2 klassas vatten som avleds för avvattning av en begravningsplats som avloppsvatten och därmed som en miljöfarlig verksamhet. I lag om ändring i miljöbalken (SFS 2014:114) kapitel 11 paragraf 3 i står att bortledande av grundvatten klassas som vattenverksamhet.

Begravningslagen (SFS 1990:1144) styr förvaltningen av kyrkogårdarna och beskrivet mer i detalj hur lagarna ska tolkas står det om i begravningsförordningen (SFS 1990:1147). Enligt P-A Camper (2014) kan begravningslagen påverka vattenhanteringen antingen direkt eller indirekt.

Gällande ansvaret mellan privata och allmänna avloppsledningar regleras det mellan fastighetsägarna och VA-huvudmannen i lagen om allmänna vattentjänster, LAV (SFS 2006:412), och förtydliganden finns i kommunernas ABVA, allmänna bestämmelser för brukande av den allmänna vatten- och avloppsanläggningen (Svenskt Vatten, 2016).

## 3.3 Östra kyrkogården i Malmö

### 3.3.1 Historisk tillbakablick

Jeanette Rosengren och Urszula Striner berättar, I de dödas vilorum - Malmös begravningsplatser (2013), att Malmös befolkning ökade fort i början av nittonhundratalet och behovet av fler begravningsplatser var uppenbart. Trots kyrkostämmans eniga förslag att kyrkogårdar skulle ligga nära bebyggda delar blev det 1915 i stadsfullmäktige beslutat att omkring 33 hektar mark utanför Malmös bebyggelse skulle anvisas för begravningsplats. Stadsfullmäktige insåg att det var bråttom och skrev att arbetet skulle starta genast. Det beslutades att utlysa en tävling om begravningsplatsens utformning. Krav ställdes på att förslagen skulle utnyttja naturen och behålla Hohögsåsens naturliga höjdrygg som ett band genom anläggningen. Malmöborna kallade platsen Hohögarna och det var ett populärt utflyktsmål med fantastisk utsikt. Vinnande tävlingsbidrag av 27 stycken blev bidraget "Ås" ritat av Sigurd Lewerentz från Stockholm och han fick uppdraget att vidareutveckla sitt förslag. Det första kvarteret stod klart 1919 och begravningsplatsen invigdes 1921 för att sedan byggas vidare i takt med att fler platser behövdes. Sigurd Lewerentz styrde utformningen ner i detaljnivå, skriver de, och upplägget var stramt med raka häckar och grusade gångar.

Längre tillbaka i tiden, i mitten på 1600-talet, utkämpade svenska och danska trupper strider där Östra idag ligger och Hohögsåsen med de fyra kullarna utgjorde då en stark försvarslinje (Kyrkogårdsförvaltningen, 2013). Innan kyrkogården anlades bestod marken till största delen av jordbruksmark (Kirsten Bille & Andréasson, 2014).

Jenny Kirsten Bille och Anna Andréasson (2014) skriver i Östra kyrkogården i Malmö - Kulturhistorisk inventering och bedömning att i oktober 1943 invigdes en krematorie- och kapellanläggning. De tre kapellen S:ta Gertrud, S:t Knut och Hoppets kapell används än idag men kremeringarna utförs numera i krematoriet på Limhamn. En ceremoniplats omlades 1959 till minneslund och den hör till en av landets äldsta. Ett år senare, 1960, blev de första vägarna asfalterade. På 1970-talet skedde stora utvidgnings- och anläggningsarbeten. 1970 stod till exempel ett nytt ekonomiområde i väster färdigt, detta område kallas för miljödepån. I slutet av 70-talet utökades kyrkogården bland annat med muslimska och judiska begravningskvarter. 2006, skriver de, anlades ett område med askgravplatser på den norra sidan.

### 3.3.2 Östra kyrkogården idag

Hohögsåsen delar fortfarande upp kyrkogården precis som på Lewerentz tid, på ena sidan åsen återfinns en grön del med gravplatser i gräs och på den andra en grå med gravplatser belagda med singel. Östra kyrkogården i Malmö är, enligt kyrkogårdsförvaltningen (2013), idag 50 hektar stor, judisk och muslimsk del inräknade. Det är den största begravningsplatsen i Malmö och den har 24000 gravplatser. Inom kyrkogården finns kistgravplatser, urngravplatser, minneslund, kistlundar, askgravplatser, katolska gravplatser

och ortodoxa gravplatser. I anslutning till kyrkogården ligger det muslimska gravplatser och judiska gravplatser.

Med tanke på kyrkogårdens storlek är, menar Kirsten Bille och Andréasson (2014), biltrafik tillåten på de stora vägarna men på de mindre vägarna får bara servicefordon köra. Slitlagret på de mindre vägarna är grus och inne på gravavdelningarna är gångarna omväxlande grusade eller markstensbelagda. Inom kyrkogården finns 2,8 hektar ledningsgator där varken fasta konstruktioner får byggas eller gravar grävas. Östra kyrkogården har, på den strama södra sidan av Hohögsåsen, förändrats varsamt genom åren. Enligt arkitektens intentioner ligger fokus på övergångar mellan öppenhet och rumslighet. Gravvårdar och gravplatser är underordnade helhetsintrycket och strukturen. Ur ett arkitektoniskt perspektiv, skriver de, har formen och symmetrin ett stort kulturhistoriskt värde.

I figur 1 nedan ses kvarter 2 på den strama södra sidan om Hohögsåsen. På gravplatserna ligger vit singel och häckarna står i raka rader. Häckarna som delar av gårdarna är avenbokshäckar och runt gravplatserna är det buxbomshäckar.



Figur 1 Kvarter 2 på Östra Kyrkogården i Malmö, december 2016 (Hagberg)

Antalet jordbegravningar under 2015 var för hela Östra kyrkogården 236 stycken och antalet urnsättningar var 373 stycken (Ljungberg, intervju 161219).

### 3.3.3 Platsundersökning

Det framkom några kompletterande uppgifter under platsundersökningen den 12 december 2016. Grässvålen är högre än asfalten längs i stort sett alla asfaltsvägar. Dagvattenbrunnarna är på några ställen igentäppta av jord och löv. Ett avrinningsområde bestämdes uppskattningsvis med hänsyn till hur lutningar såg ut att vara. Den sista inspektionsbrunnen inom det området öppnades och visade sig vara i förvånansvärt bra skick med tanke på åldern av cirka 70 år och att det står en gigantisk poppel bara 2 meter bredvid. Röret och brunnen såg hela och rena ut.

### 3.4 Intervjuer

Intervjun om hur lagar och regler påverkar kyrkogårdsförvaltningen genomfördes med Erik Ljungberg och Maximilian Löfgren den 14 december 2016. Båda är landskapsingenjörer anställda på kyrkogårdsförvaltningen med ansvar för planering och projektering.

Inledningsvis påpekar Löfgren att unikt för Östra kyrkogården i Malmö är att en och samma arkitekt varit med som ansvarig för utformningen under så lång tid. Sigurd Lewerentz var, menar Löfgren, involverad i kyrkogårdens utveckling under hela tidsperioden från att hans gestaltungsförslag vann arkitekttävlingen 1916 fram till 1975, året han dog. Detta innebär för förvaltningens del att förändringar som går emot Lewerentz intentioner med storskaligheten, siktstråken och rumsindelningarna inte är aktuella, eller möjliga enligt kulturmiljölagen, att genomföra. Även små förändringar som inte väsentligt ändrar platsens utseende bör undvikas om de berör värden starkt förknippade med Lewerentz enligt Löfgren.

Vidare berättar respondenterna att enligt begravningslagen ska angivna medel gå till just begravningsverksamhet. Det ingår inte i uppdraget att tillhandahålla eller uppföra t ex rekreationsområden. Ljungberg förtydligar med att det måste finnas fog för det vi använder pengarna från begravningsavgiften till och det gäller oavsett vad som ska göras eller anläggas. Angående beslutsprocessen förklarar Ljungberg att kyrkogårdschefen lägger en budget som ska godkännas av kyrkorådet.

Ljungberg och Löfgren informerar att generellt sett så får förändringar göras även på kyrkogårdar uppförda före 1940, trots skyddet i kulturmiljölagen, bara de inte förändrar den övergripande strukturen och karaktären. Kulturmiljölagen är den lag som oftast berör kyrkogårdar och hos länsstyrelsen, som har tillsynsansvaret för att lagen följs, har kyrkogårdsförvaltningen en tydlig motpart. Denna person fungerar inte bara som handläggare för olika ärenden utan blir även inkopplad vid konsultation och information. Vidare menar de att det fungerar på samma sätt oavsett vilken instans de har att göra med, till exempel när det rör naturvärden, förutom att samarbetet inte så tydligt är kopplat till en person. Ytterligare guidning och hjälp när riktlinjer behövs kan kyrkogårdsförvaltningar få i Handbok för begravningsverksamheten som SKAO, Svenska kyrkans arbetsgivarorganisation, ger ut. Första delen i handboken innehåller lagtexter och andra delen innehåller tolkningar av lagtexterna. Oftast stämmer tolkningarna med de man själv gör, säger Ljungberg, men inte alltid.

Ljungberg klargör att det inte längre finns några beredskapsytor reserverade för extraordinära händelser som det fanns tidigare men ofta är större lediga områden inom kyrkogårdarna planerade för framtida gravsättningar och lämpar sig inte till mer avancerade dagvattenlösningar. Han berättar att de i första hand upplåter gravplatser som har återgått till förvaltningen och på det viset minimeras expansionen av gravområden.

Avslutningsvis menar Löfgren att miljöbalken i stort sett bara blir gällande vid lite större nyanläggningar och hur t ex dagvattnet i en större dagvattenanläggning ska klassas måste handläggas av berörd instans.

I intervjun, den 7 december 2016 med Maximilian Löfgren på kyrkogårdsförvaltningen i Malmö, om olika dagvattenlösningar framkom att de flesta lösningar var tänkbara alternativ för förvaltningen som helhet. Med så många olika ytor och möjligheter blir det naturligtvis varje enskilt områdes specifika förutsättningar och behov som faller avgörande för vilka åtgärder som bör vidtas.

I en allmän överblick menade respondenten Löfgren att förvaltningen har högt i tak gällande att prova olika lösningar och många tak som passar alldeles ypperligt för anläggande av gröna tak. Vidare tycker han att enkla varianter av regnbäddar skulle fungera bra på många platser, alternativet bör absolut ses över i de fall det ändå ska anläggas en plantering. Några dagvattenlösningar som är på väg att anläggas på Östra är kassetmagasin med bräddavlopp i anslutning till en stor hårdgjord yta med komposthögar och ett resorptionsdike för att ta hand om avrinningen från asfalten vid ekonomibyggnaderna i norr. Det förs även diskussioner om att ha en torrdamm med tillfällig vattenspegel på miljödepån när den renoveras och utökas med mer asfalt. En annan yta som ska renoveras är Kapellvägen som går rakt genom hela kyrkogården längs med Hohögsåsen. Det förs diskussioner om att göra asfaltsytan uppskattningsvis en och en halv meter smalare längs hela vägen. Den borttagna ytan ska istället beläggas med grus. Detta görs i första hand inte för dagvattenhanterings skull utan med anledning av estetiska och kulturhistoriska värden. Vägen är ungefär 8 meter bred i dagsläget och 720 meter lång, här kan Löfgren även tänka sig att titta på anpassningar av omgivande gräsytor för att ytterligare minska belastningen på ledningsnätet. En annan tänkbar åtgärd för Östra kyrkogården är att byta asfalt till grus på vägar som inte är huvudstråk. Tillgänglighetsaspekten måste dock beaktas, säger Löfgren.

Ett ytterligare alternativ som Löfgren har funderat på är att utnyttja träd i större utsträckning och då företrädesvis använda barrträd eller lövträd som startar tidigt på våren och är aktiva långt in på hösten, planterade i täta dungar, gärna i kombination med torrdamm eller liknande lösning. Alternativ som inte kändes aktuella för Löfgren var genomsläpplig asfalt eller rasterytor. Inte heller traditionella översilningsytor var aktuella för Löfgren då han anser att de tillgängliga ytorna inte är tillräckligt stora.

Under intervjun den 19 december, om hur skyfall påverkar Östra kyrkogården i Malmö, framkom att några större problem nästan aldrig förekommer på gravplatserna till följd av kraftiga regn. Den här intervjun genomfördes med både Erik Ljungberg och Maximilian Löfgren precis som intervjun om lagar och regler.

Vad Ljungberg och Löfgren känner till finns det inga hydrologiska, hydrauliska eller geologiska undersökningar gjorda på Östra kyrkogården på väldigt länge. Det som finns att tillgå är en planritning från 1943 med ledningsnätet för dagvattnet. Ljungberg berättar att

planritningen verkar stämma med hur det ser ut i verkligheten. Dessutom finns det några ritningar gjorda inför utvidgningarna av kyrkogården på 70-talet. Det gjordes t ex en höjdkartering inför anläggandet av den muslimska delen. När Ljungberg visar ritningen går det att se att ritningen är från mars 1968 och att den förutom föreslagen höjdsättning även innehåller fyra borrhningar för jordartsbedömning. Som exempel står det för en av dessa provborrningar +11,0 markyta, +10,0 brungrå sandig morän, +9,1 vattenåder, +8,8 brungrå lerig mo och +8,0 gråbrun sandig morän.

Väldigt grovt uppskattat har markprofilen på singelsidan, enligt Löfgren, 5 cm vit singel, 5 cm stenmjöl, 60-100 cm matjord, sen följer sandstråk varvat med lermorän ner till mellan 2 och 3 meters djup där det återfinns kraftig blågrå lera. Trots stenmjölskiktet kan gravplatserna långt ifrån kallas hårdgjorda och Löfgren anser att relationen mellan hårdgjorda ytor och genomsläppliga ytor är väldigt fördelaktig ur avrinningsynpunkt på Östra. Marken sväljer mycket vatten och en positiv effekt kan själva gravgrävningen ha enligt Ljungberg, den gör marken lucker och gravarna blir dränerande i sig själva. Vidare berättar respondenterna att det aldrig blir något synligt stående vatten inne på kvarteren och att de inte heller har några problem på vägbanorna. Trots detta finns det områden inom begravningsplatsen som periodvis är vattensjuka. Löfgren berättar att trots att det inte alltid uppfattas så har det hänt en del med höjdförhållandena genom åren. Successiv uppbyggnad av kringliggande ytor har genererat att mer eller mindre instängda områden finns inom kyrkogården. Löfgren påpekar att det inte är något som påverkar driften i någon större utsträckning. Förvaltningen får en väldigt bra bild av markförhållande genom gravgrävningarna och personalen har koll på vid vilket djup grundvattennivån brukar befinna sig på i problematiska områden för de olika årtiderna. Ljungberg och Löfgren för ett resonemang om att det antagligen egentligen inte rör sig om grundvatten utan snarare markvatten som fastnat ovanpå täta skikt. De berättar att vattnet i stort sett aldrig tränger in underifrån utan det kommer från sidorna. Löfgren förklarar att generellt sett är grundvattennivån under stora delar av Malmö nere på 3 till 6 meters djup om man avser grundvatten i mark och när förvaltningen gräver sina gravar på som mest 2 meters djup brukar de inte stöta på grundvatten.

Beträffande skicket på ledningsnätet för dagvatten menar respondenterna att de bara har haft problem längs en rad med pilar på den norra sidan. Rotbeskärning har genomförts där och det förs diskussioner om att ta ner pilarna, som är i dåligt skick, och om det krävs lägga ner en ny ledning. Förekommer det rotinträngningar eller andra hinder i rören på andra ställen så är det inget som har märkts enligt respondenterna.

På frågan vilka konsekvenser extremregnet som föll i augusti 2014 fick för Östra svarar Ljungberg och Löfgren att framför allt blev det översvämningar i källarna på ekonomibyggnaderna i norr. På gravkvarteren blev det många sättningar i marken och det beror till stor del på att kistor går sönder och sjunker ihop. Detta sker så småningom ändå men förloppet skyndas på. Ljungberg berättar att de rekommenderar en väntetid på ett år efter en gravgrävning innan gravstenen monteras upp så att jorden hinner packa sig

någorlunda. Trots detta är det många gravvårdar som sjunker och sätter sig vid kraftiga regn. Gravstenen står oftast nära övre kortsidan av den grävda graven och när marken sjunker ihop i graven följer gravstenen med förklarar Ljungberg.

### **3.5 Beräkningsteori**

VA-organisationernas branschorganisation heter Svenskt Vatten och de arbetar för friskt dricksvatten, rena sjöar och hav samt människors tillgång till långsiktigt hållbara vattentjänster. I deras uppdrag ingår att kompetensförsörja branschen och sprida framtagen kunskap. Hela kapitel 3.5 om beräkningsteori är där det inte framgår annat sammanställt med hjälp av Svenskt Vattens Publikation P 110, Avledning av dag-, drän- och spillvatten, från 2016.

För att få stor noggrannhet vid avrinningsberäkningar krävs användande av avancerade datormodeller. Beräkningar för hand fungerar bra när det räcker med att få en uppskattning av storleken på flödet. Många av de ingående värdena i de olika formlerna kommer från tidigare observationer, statistik från historiska data, förenklingar och ibland antaganden.

Det finns några olika metoder att välja på vid beräkningar utan datorprogram. De som oftast används vid dimensioneringsberäkningar i urban mark är rationella metoden och tid-areametoden. I båda dessa används storleken på regnet och avrinningen på ytan för att ta reda på flödet i avrinningspunkten för ett avrinningsområde. Med utgångspunkt från flödet bestämmer man sen storleken på ledningarna som behövs i exploateringsområdet för att undvika översvämningar.

Trafikverket menar i Avvattningsteknisk dimensionering och utformning - MB 310 (2014) att observationer och analyser på plats är bättre än de antaganden som görs vid beräkningar med generella modeller. En bedömning av de befintliga förhållandena ska alltid göras vid nybyggnation eller ombyggnation. Vidare skriver de att vilka åtgärder som behöver sättas in beror på topografi, jordartsförhållanden, markförhållanden och grundvattenförutsättningar. Deras mest önskvärda sätt att bli av med vägdagvatten är via infiltration i vägslänten då det dessutom är en bra reningsmetod och inte påverkar den hydrologiska balansen så mycket. Dessutom anser Trafikverket att där inte kapaciteten för infiltration är tillräcklig ska det undersökas om det går att fördröja, magasinera och därefter infiltrera.



### 3.5.1 Handberäkningsmetoder

Ända sedan 1900-talets början har rationella metoden använts och den är en internationellt erkänd standardformel. Den passar för dimensionering av avledning av dagvatten för både diken och rör i mindre relativt tät bebyggelse. I rationella metoden tas hänsyn till värsta kombinationen av flödet från naturmark och av ingående dagvattenflöde. Maxflödet sker när hela området deltar i avrinningen. Det passar att använda rationella metoden om avrinningskoefficienter av samma storlek är jämnt fördelade över ytan, om delytorna har ungefär lika lång rinntid och om avrinningsområdet är jämnt exploaterat och inte är större än tjugo hektar. Tiden vattnet rinner i ledningar och på mark uppströms beräkningspunkten måste beaktas så att rätt koncentrationstid väljs. I rationella metoden är regnets varaktighet lika med områdets koncentrationstid som är lika med rinntiden inom avrinningsområdet för att hela ytan ska bidra till flödet. För att rationella metoden ska kunna användas enligt Vägverket (2008) ska området vara i det närmaste rektangulärt och homogent, hela området ska bidra till flödet och området får inte vara större än 100 hektar. Enligt Formelsamling för landskapsingenjörer ska området vara under 30 hektar (Persson, Fridell, Gustafsson & Englund 2014) i övrigt står samma krav uppställda som Vägverket och Svenskt Vatten har.

Formeln för rationella metoden ser ut så här:

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

$q_{(\text{dim})}$  = dimensionerande flöde, l/s

A = avrinningsområdets area, ha

$\varphi$  = avrinningskoefficient

$i(t_r)$  = dimensionerande nederbördsintensitet, l/(s · ha)

$t_r$  = regnets varaktighet, minuter

kf = klimatfaktor

Trafikverket (2014) använder sig av en modifierad variant av rationella metoden när de gör beräkningar på dimensionerande flöde. Deras variant tar extra hänsyn till den betydande magasinerings- och infiltrationsförmåga som ofta finns i anslutning till en väg.

I avrinningsområden större än tjugo till trettio hektar får rinntiden större betydelse. Beroende på ytans utseende kan rationella metoden underdimensionera eller överdimensionera för olika regnvaraktigheter. Då passar tid-areametoden bra att använda. Genom att rita upp isokroner och tid-areakurvor går det att ta hänsyn till olika rinntider inom området. Tillsammans med rationella metoden går det sedan att beräkna avrinningen. Tid-areametoden tar alltså hänsyn till att det dimensionerande flödet inte alltid behöver uppstå när hela området bidrar till avrinningen.

### 3.5.2 Återkomsttid, varaktighet, nederbördsintensitet

Hur ofta ett regn inträffar är ett regns statistiska återkomsttid. Vid hydraulisk dimensionering måste man bestämma vilket slags regn man dimensionerar för. Ett hundraårsregn återkommer statistiskt sett en gång varje hundra år. Det finns dock inget som hindrar att de skulle kunna förekomma två dagar i rad. Vid dimensionering innebär det här att ett val av ett mer sällan förekommande regn med längre återkomsttid och därmed mer nederbörd genererar högre säkerhet och översvämningar sker mer sällan. Dimensionerar man för ett regn med återkomsttiden tio år kommer avloppsrören statistiskt sett vara fulla en gång var tionde år. Enligt Europeanorm SS-EN 752:2008 har VA-huvudmannen ansvar för att minsta återkomsttid för fylld ledning är två år inom gles bebyggelse, för tät bostadsbebyggelse är kravet fem år och i centrumområden och affärsområden är kravet minst tio år (Svenskt Vatten, 2016). Regnet i augusti 2014 över Malmö hade återkomsttider på närmare 400 år och i Köpenhamn 2011 föll det 150 millimeter på under två timmar vilket med en osäker extrapolation skulle kunna klassas som ett 1000-årsregn.

Hur länge ett regn regnar är förenklat ett regns varaktighet. Samma mängd nederbörd har olika återkomsttid beroende på hur lång tid det tar att uppnå mängden. Två exempel för att förtydliga är 30 millimeter regn med varaktigheten 10 minuter är ett 100-årsregn och 30 millimeter på 30 minuter är ett 20-årsregn.

I dimensioneringssammanhang mäts ofta nederbördsintensiteten i hur många liter regn som faller per sekund över en yta på en hektar,  $l/(s \cdot ha)$ . Det är detsamma som, men med andra parametrar, hur många millimeter regn det faller under en tidsperiod. Intensiteten för ett regn vid bestämda återkomsttider och varaktigheter finns för en del orter sammanställda med hjälp av regnstatistik för orten. Finns det ingen statistik för orten och varaktigheten är mindre än ett dygn går det för svenska förhållanden att använda ekvationen:

$$i(t_r) = 190 \cdot T^{1/3} \cdot (\ln(t_r) / t_r^{0,98}) + 2$$

$i(t_r)$  = regnintensitet i  $l/(s \cdot ha)$

$t_r$  = regnvaraktighet i minuter

T = återkomsttid i månader

Enligt Svenskt Vatten (2016) ska tabeller med Dahlströms Z-parametrar från 1979 inte längre användas för varaktigheter under ett dygn utan då används ekvationen ovan eller tabeller av Dahlström från 2010. De regionala skillnaderna har med andra ord tonats ner, men finns det värden från orten att tillgå är det bra. För Malmö finns det statistik, se tabell 1 på nästa sida.

Tabell 1 *Regnintensiteter, l/(s · ha), från Malmö för varaktigheterna 10, 20, 30, 40, 60, och 120 minuter för återkomsttider 6 månader till 100 år. Inom parentes egna beräkningar av vad det motsvarar i millimeter för respektive varaktighet*

	10 min	20 min	30 min	40 min	60 min	120 min
6 mån	78,4 (4,7 mm)	52,6 (6,3 mm)	40,9 (7,4 mm)	33,9 (8,1 mm)	26,4 (9,5 mm)	17,0 (12,2 mm)
1 år	102,2 (6,1 mm)	68,7 (8,2 mm)	53,2 (9,6 mm)	43,9 (10,5 mm)	33,8 (12,1 mm)	21,3 (15,3 mm)
2 år	130,7 (7,8mm)	88,1 (10,6 mm)	68,1 (12,3 mm)	56,0 (13,4 mm)	42,9 (15,4 mm)	26,3 (18,9 mm)
5 år	177,3 (10,6 mm)	120,4 (14,4 mm)	93,2 (16,8 mm)	76,2 (18,2 mm)	58,0 (20,9 mm)	34,5 (24,8 mm)
10 år	221,0 (13,2 mm)	151,1 (18,1 mm)	117,2 (21,1 mm)	95,7 (23,0 mm)	72,4 (26,1 mm)	42,0 (30,2 mm)
20 år	273,8 (16,4 mm)	188,6 (22,6 mm)	146,7 (26,4 mm)	119,5 (28,7 mm)	90,1 (32,4 mm)	51,1 (36,8 mm)
50 år	360,7 (21,6 mm)	251,3 (30,2 mm)	196,3 (35,3 mm)	159,7 (38,3 mm)	119,8 (43,1 mm)	65,7 (47,3 mm)
100 år	442,3 (26,5 mm)	311,0 (37,3 mm)	243,9 (43,9 mm)	198,3 (47,6 mm)	148,2 (53,4 mm)	79,3 (57,1 mm)

Modifierad från Svenskt Vatten (2016)

### 3.5.3 Avrinning

Hur mycket dagvatten som når fram till utloppspunkten i ett avrinningsområde beror på en rad olika faktorer. De viktigaste är storleken på avrinningsytan, hur mycket det regnar under hur lång tid och hur mycket vatten som rinner fram på markytan eller i rör. Ett områdes dagvattenavrinning (l/s) är produkten av regnintensiteten (l/(s · ha)), avrinningsarean (ha) och avrinningskoefficienten.

Olika marktyper ger olika mycket avrinning. Avrinningskoefficienten tar hänsyn till hur mycket vatten som försvinner på vägen i infiltration, via evapotranspiration och i magasinering i markytans ojämnheter. På asfalt och betong rinner i stort sett allt vatten fram till avrinningspunkten och på gräsytor ytterst lite. Avrinningskoefficienten multiplicerat med avrinningsområdets area blir en fiktiv storlek på ytan med hundra procent avrinning, den kallas ofta den reducerade arean. Några exempel på avrinningskoefficienter vid dimensionerande kortvariga regn är uppställda i tabell 2 på nästa sida.

Tabell 2 *Avrinningskoefficienter för olika typer av ytor vid dimensionerande kortvariga regn*

Typ av yta	Avrinningskoefficient, $\varphi$
Tak utan ytmagasin	0,9
Betong-, asfaltsyta, berg i dagen i stark lutning	0,8
Stensatt yta med grusfogar	0,7
Grusväg, starkt lutande bergigt parkområde utan nämnvärd vegetation	0,4
Berg i dagen i inte alltför stark lutning	0,3
Grusplan och grusad gång, obebyggd kvartersmark	0,2
Park med rik vegetation samt kuperad bergig skogsmark	0,1
Odlad mark, gräsyta, ängsmark mm.	0-0,1
Flack tätbevuxen skogsmark	0-0,1

Svenskt Vatten (2016)

Ytor som har stor infiltration vid kortvariga regn får mycket högre avrinningskoefficient vid långvariga regn som har mättat marken och fyllt ytmagasinen. Dessutom rinner olika mycket fram beroende på hur mycket markytan lutar. Avvägningar om avrinningskoefficienten verkligen stämmer för platsen kan behöva göras. Regn på frusen mark ger mycket högre avrinning och när växters vattenupptagning är lägre på hösten och vintern är avrinningen också större.

Enligt Vägverkets publikation VVMB 310 Hydraulisk dimensionering (2008) så fungerar avrinningskoefficienterna i tabell 2 ovan för regn med upp till 10 års återkomsttid. För 100-årsregn anser de att det fungerar att multiplicera värdena ovan med 1,25.

Avrinningskoefficienten kan dock inte ha ett värde högre än 1.

Hur mycket avrinningskoefficienten ökar med intensiteten på regnen kan enligt ett exempel från Svenskt Vatten (2016) beskrivas ganska linjärt från 10 millimeter regn och uppåt. I deras exempel för ett område med avrinningskoefficient 0,4 ser det ut ungefär så här om marklutningen är 1 procent:  $\varphi$  är lite mindre än 0,4 vid 10 mm regn,  $\varphi=0,42$  vid 20 mm,  $\varphi=0,47$  vid 30 mm,  $\varphi=0,53$  vid 40 mm och  $\varphi=0,6$  vid 50 millimeter regn. Ökningen av avrinningskoefficienten på hårdgjorda ytor är marginell.

Sammanvägd avrinningskoefficient kan beräknas med formeln:

$$\varphi = (A_1 \cdot \varphi_1 + A_2 \cdot \varphi_2 + A_3 \cdot \varphi_3 + \dots + A_n \cdot \varphi_n) / (A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n)$$

P-A Camper (2014) skriver om begravningsplatser att dagvattenflödet kan variera mycket dels mellan olika begravningsplatser men även inom samma begravningsområde. Därför går det inte att använda generella avrinningskoefficienter utan det behöver bedömas hur begravningsplatsen används och ser ut.

### 3.5.4 Rinntid

I rationella metoden är regnets varaktighet lika med rinntiden som är lika med områdets koncentrationstid som är lika med hur lång tid det tar för vattnet att rinna inom avrinningsområdet innan hela ytan bidrar med vattenflöde. I tabell 3 nedan finns ungefärliga vattenhastigheter uppställda för några olika avrinningsvarianter.

Tabell 3 *Ungefärliga vattenhastigheter*

Typ av avledning	Hastighet, m/s
Ledningar i allmänhet	1,5
Tunnel och större ledning	1,0
Dike och rännsten	0,5
Mark	0,1

Svenskt Vatten (2016)

För att räkna på rinntiden i de olika kombinationerna av öppna system som ofta används vid hållbar dagvattenhantering är det lämpligt att använda Mannings formel, se bilaga 4. I överslagsberäkningar använder sig Svenskt Vatten (2016) i sina räkneexempel av en antagen hastighet på 0,3 m/s.

Vid bestämning av flöde med hjälp av Colebrook-diagram, se bilaga 3, behövs förutom ledningens lutning och diameter även ett mått på hur stor friktionsförlusten i rören är. Den mäts i millimeter och benämns ofta för rørets sandråhet. Olika diagram används för de olika råheterna. I tabell 4 nedan visas sandråheten för betongrör med olika ålder och för plaströr med olika diameter.

Tabell 4 *Sandråhet för olika material*

Rörtyp	k, mm
Nya betongrör	0,2
Gamla betongrör	1,0
PVC, D<200mm	0,01
PVC, D>200mm	0,05

Persson, Fridell, Gustafsson & Englund (2014)

### 3.5.5 Klimatfaktor

Svenskt Vatten (2016) skriver att baserat på kunskapsläget 2015 bör en klimatfaktor på minst 1,25 användas vid dimensionering av anläggningar med lång livslängd när dimensioneringen är för regn med under en timmes varaktighet. Vid varaktigheter från en timma upp till ett dygn bör klimatfaktorn väljas till minst 1,3. Vidare skriver de att klimatfaktorn är en färskvara och att SMHI kommer att göra nya bedömningar av faktorn i framtiden.

### 3.6 Beräkningar

Avrinningsområdet, innanför det röda strecket i figur 2 nedan, är bestämt uppskattningsvis efter en platsundersökning. Längst ner till vänster på kartan ligger området som kallas miljödepån. Längs strecket i avrinningsområdets övre del löper Hohögsåsen. Vägen under strecket ovanför alla gravkvarter är Kapellvägen.



Figur 2 Karta över hela Östra Kyrkogården med inritat avrinningsområde för beräkningarna (Kyrkogårdsförvaltningen Malmö)

De olika höjderna inom avrinningsområdet, se bilaga 2, ger kraftigt förenklat en avrinning på marken nerifrån det vänstra hörnet upp till det högra hörnet i figur 2 ovan. Höjderna längs rinnvägen går från +8,3 ner till +6,5. Skillnaden på 1,8 meter över en längd på ca 1000 meter ger en genomsnittlig lutning på nästan 2 promille. Inom avrinningsområdet finns det instängda områden och höjdryggar som gör att vattnet bara kan ta sig till utloppspunkten via avloppsrören. Till exempel är den lägsta höjden i asfaltsvägen öster om kapellen enligt höjdritningen +8,4. Det skulle alltså behöva vara 10 centimeter vatten på marken innan vattnet kan ta sig vidare. Längs andra sträckor är lutningen i stort sett noll. Högst höjdnivå finns uppe på Hohögsåsen med höjder på +13 meter och Kapellvägen går från höjden +11,8 i höjd med kvarter 9 ner till +7,0 längst i öster.

### 3.6.1 Sammanställning ytor

I tabell 5 nedan har de olika ytorna sammanställts utifrån ytdata tagna från kyrkogårdsförvaltningens GIS data i programmet Cadcorp. Ytorna med gravar har i en majoritet av kvartersgårdarna begränsningshäckar runt varje gravplats. Dessutom har gårdarna oftast grusbelagda gångvägar men på några ställen förekommer även marksten. Dessa olika ytor har inte särskilts utan hela kvartersytorna har räknats in i samma kategori.

Tabell 5 *Arealerna i hektar för hela avrinningsområdet och för varje delområde.*

	Totalt	Miljö	Kv. 10-6	Kapell	Kv. 5-4	Kv.3	Kv. 2-1
Total area	21,63	2,54	6,41	1,22	4,5	2,90	4,06
Asfalt	3,29	1,08	0,54	0,45	0,53	0,25	0,44
Tak	0,43	0,08	0	0,20	0,8	0	0,07
Grusväg	1,20	0,20	0,30	0,09	0,16	0,15	0,30
Gravytor med singel, häckar	9,50	0	3,56	0,35	2,29	1,50	1,80
Gravytor med gräs, häckar	2,00	0	0,69	0,03	0,45	0,30	0,53
Gräs	1,10	0	0,60	0	0,20	0,10	0,20
Gräsvall	0,89	0	0,07	0,10	0,30	0,20	0,22
Bokskog	3,22	1,18	0,65	0	0,49	0,40	0,50

### 3.6.2 Beräkningar kvarter 1-10, miljödepå och kapell

Varaktigheten är satt till 40 minuter för att:

Längsta rinnsträcka som blir dimensionerande är genom 1000 meter i rör plus 110 meter på asfalt plus 30 meter på grusväg plus 20 meter i bokskog. Enligt tabell 3 är vattenhastigheten i ledningar 1,5 meter per sekund och på mark ca 0,1 meter per sekund.

$$1000 / 1,5 + (110 + 30 + 20) / 0,1 = 2267$$

2267 sekunder är nästan 38 minuter

Valda återkomsttider att titta närmare på är 2 år, 10 år och 100 år. Detta för att om området klassas som gles bebyggelse är kravet 2 år för fylld ledning och valet av återkomsttiderna på 10 respektive 100 år är för att se skillnaderna vid kraftiga regn.

Enligt tabell 1 är regnintensiteterna för varaktigheten 40 minuter och de tre olika återkomsttiderna 56 l/(s · ha), 96 l/(s · ha), respektive 198 l/(s · ha). Detta motsvarar 13mm, 23mm och 48 millimeter regn. För 2-årsregnet går avrinningskoefficienterna från tabell 2 att använda rakt av. Detta ger en sammanvägd avrinningskoefficient på 0,27 för den totala arean. Enligt Vägverket (2008) behöver inte koefficienten justeras för upp till 10-årsregnet men enligt Svenskt Vatten (2016) bör både koefficienterna för 10- och 100-årsregnen justeras för icke hårdgjorda ytor. I tabell 6 är de sammanvägda avrinningskoefficienterna uträknade för den totala arean på 21,63 hektar vid respektive regnintensitet. Avrinningskoefficienterna för de olika delytorna är valda utifrån kapitel 3.5.3.

Tabell 6 *Area och avrinningskoefficienter för de olika delytorna vid tre olika regnintensiteter och med sammanvägda avrinningskoefficienter för total area*

	ha	vald $\varphi$ vid 56 l/(s · ha)	vald $\varphi$ vid 96 l/(s · ha)	vald $\varphi$ vid 198 l/(s · ha)
Totalt	21,63	0,27	0,31	0,42
Asfalt	3,29	0,8	0,8	0,8
Tak	0,43	0,9	0,9	0,9
Grusväg	1,20	0,4	0,45	0,6
Gravytor med singel, häckar	9,50	0,2	0,25	0,4
Gravytor med gräs, häckar	2,00	0,1	0,15	0,3
Gräs	1,10	0,1	0,15	0,3
Gräsvall	0,89	0,1	0,15	0,3
Bokskog	3,22	0	0,05	0,1

Rationella metoden utan hänsyn till klimatfaktorn ger för de olika återkomsttiderna 2 år, 10 år och 100 år för den totala ytan avrinningen 327 l/s, 643 l/s respektive 1798 l/s enligt uträkningar med rationella metoden, se tabell 7 nedan.

Tabell 7 *Dimensionerande flöde för det totala avrinningsområdet på 21,63 hektar vid återkomsttid 2, 10 och 100 år för varaktigheten 40 minuter med respektive avrinningskoefficient*

Återkomsttid, $i(t_{40})$ , $\varphi$	$q_{(dim)} = A \cdot \varphi \cdot i(t_r)$ , l/s
2 år, 40 minuter, 56 l/(s · ha), $\varphi = 0,27$	327 l/s
10 år, 40 minuter, 96 l/(s · ha), $\varphi = 0,31$	643 l/s
100 år, 40 minuter, 198 l/(s · ha), $\varphi = 0,42$	1798 l/s

Det rör som avvattnar det totala avrinningsområdet är ett rör som har diametern 0,75 meter enligt planritningen från 1943, se bilaga 1. Det går dessutom i ritningen se att lutningen på röret är 1 promille. Det teoretiska maxflödet ut ur avrinningsområdet via det befintliga röret kan med hjälp av Colebrook-diagram  $k=1,0$ , se bilaga 3, utläsas till ca 360 l/s.

Stämmer värdena till beräkningarna klarar det befintliga utloppsröret av ett tvåårsregn och lite till i dagsläget.

Om det hade varit praktiskt möjligt att stoppa all avrinning från asfaltytorna skulle flödet vid utloppet för ett regn med varaktigheten 40 minuter minska med 147 l/s för ett 2-årsregn, 252 l/s för ett 10-årsregn och med 521 l/s för ett 100-årsregn, se tabell 8.

Tabell 8 *Dimensionerande flöde för asfaltytorna på 3,29 hektar vid återkomsttid 2, 10 och 100 år för varaktigheten 40 minuter med avrinningskoefficient 0,8*

Återkomsttid, $i(t_{40})$ , $\varphi$	$q_{(dim)} = A \cdot \varphi \cdot i(t_r)$ , l/s
2 år, 40 minuter, 56 l/(s · ha), $\varphi = 0,8$	147 l/s
10 år, 40 minuter, 96 l/(s · ha), $\varphi = 0,8$	252 l/s
100 år, 40 minuter, 198 l/(s · ha), $\varphi = 0,8$	521 l/s



Ett 5-årsregn  $i(t_{40}) = 76,2 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$  enligt tabell 1 får med sammanvägd avrinningskoefficient 0,27 enligt rationella metoden  $21,63 \cdot 76 \cdot 0,27 = 444 \text{ l/s}$  för alla ytor tillsammans och  $3,29 \cdot 76 \cdot 0,8 = 200 \text{ l/s}$  för asfaltsytor. Går det att ta bort avrinningen från asfaltsytor blir avrinningen för ett 5-årsregn  $444 - 200 = 244 \text{ l/s}$  och för ett 10-årsregn blir avrinningen enligt ovan  $643 - 252 = 391 \text{ l/s}$ . Det befintliga avloppsröret klarar  $360 \text{ l/s}$  enligt tidigare. Röret klarar alltså med bred marginal av ett 5-årsregn och det klarar till och med nästan av avrinningen för ett 10-årsregn om avrinningen från asfaltsytor togs bort.

Ett hundraårsregn med flödet  $1798 \text{ l/s}$  minus det som rinner i röret ger:  $1798 - 360 = 1438 \text{ l/s}$  avrinning kvar uppe på marken, vilket är ca  $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Antag att flödeshastigheten är  $0,1 \text{ m/s}$  på mark:  $1,4 / 0,1 = 14 \text{ m}^2$  vatten. Antag ett 100 meter brett horisontellt utlopp vilket ger  $14 / 100 = 0,14$ . Teoretiskt är vattendjupet 14 centimeter, minus en viss skillnad för hjässdimensionering kontra marknivådimensionering, vid ett 100 meter brett horisontellt utlopp för ett 100-årsregn med varaktigheten 40 minuter.

### 3.6.3 Beräkningar Kapellvägen

#### Avrinning idag

Dimensionerande avrinning från Kapellvägen är i dagsläget för ett 2-årsregn enligt följande:

Asfalt: längd 720 meter, bredd 8 meter.  $720 \cdot 8 = 5760$ , vilket är ca 0,58 hektar

Gräs: längd 720 meter, bredd 6 meter.  $720 \cdot 6 = 4320$ , vilket är 0,43 hektar

Rinntid på gräs: 6 meter,  $0,1 \text{ m/s}$ ,  $6/0,1 = 60$ , vilket är 1 minut

Rinntid på asfalt till brunn: ca 60 meter,  $0,1 \text{ m/s}$ ,  $60 / 0,1 = 600$ , precis 10 minuter

Rinntid i rör: 720 m, hastighet i rör ca  $1,5 \text{ m/s}$ ,  $720 / 1,5 = 480$ , precis 8 minuter

Total rinntid är 19 minuter och den totala ytan är 1,01 hektar.

Sammanvägd avrinningskoefficient blir  $(0,8 \cdot 0,58 + 0,1 \cdot 0,43) / 1,01 = 0,50$ . Ett tvåårsregn i Malmö har med varaktigheten 20 minuter intensiteten  $88 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$  enligt tabell 1. Rationella metoden ger  $1,01 \cdot 0,5 \cdot 88 = 44,44$ . Flödet är  $44 \text{ l/s}$ .

För ett femårsregn blir flödet  $1,01 \cdot 0,5 \cdot 120 = 60,6 \text{ l/s}$

Vidare blir det för ett 10-årsregn med marginellt högre avrinningskoefficient för gräset en sammanvägd avrinningskoefficient på  $(0,8 \cdot 0,58 + 0,15 \cdot 0,43) / 1,01 = 0,52$ .

Regnintensiteten för ett 10-årsregn med varaktigheten 20 minuter är  $151 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$ .

Rationella metoden ger  $1,01 \cdot 0,52 \cdot 151 = 79,3 \text{ l/s}$ .

#### Med trög dagvattenavrinning

Dimensionerande avrinning från Kapellvägen med trög dagvattenavrinning som genererar 10 millimeter fördröjning av regnen blir för ett 2-årsregn enligt följande:

Fördröjningen på 10 millimeter regn genererar en ny varaktighet på det dimensionerande regnet. Enligt tabell 1 tar det ca 20 minuter att regna 10 millimeter för ett 2-årsregn. Ny varaktighet blir  $20 + 20 = 40$  minuter. Ett 2-årsregn i Malmö har med varaktigheten 40

minuter intensiteten 56 l/(s · ha) enligt tabell 1. Rationella metoden ger  $1,01 \cdot 0,5 \cdot 56 = 28,28$ . Flödet blir 28 l/s vid trög dagvattenavrinning med 10 millimeter fördröjning. Utan fördröjning från trög avrinning är flödet enligt tidigare 44 l/s.

För ett femårsregn tar det ca 10 minuter att fördröja 10 millimeter, se tabell 1. Då blir flödet enligt rationella metoden  $1,01 \cdot 0,5 \cdot 93 = 47$  l/s. Utan fördröjningen är flödet 61 l/s.

Om den tröga dagvattenavrinningslösningen består av 10 stycken regnbäddar placerade utanför de befintliga dagvattenbrunnarna och med en storlek på 36 kvadratmeter per bädd behöver de kunna ta ett vattendjup på ca 18 cm för att ta emot 10 millimeter regn.

Dagvattenbrunnarna modifieras till brunnar med täta lock och vattnet rinner på asfalten över brunnarna och ut i regnbäddarna anlagda i gräsmattan bredvid. Total mängd vatten från 10 millimeter regn på asfalten är  $8 \cdot 720 \cdot 0,01 = 57,6 \text{ m}^3$ . Det blir ca  $6 \text{ m}^3$  per regnbädd. Djupet vatten varje regnbädd behöver kunna ta emot blir  $6 / 36 = 0,167$  meter. Dessutom regnar det 10 millimeter vilket ger ytterligare en centimeter. Totalt alltså ca 18 centimeter per regnbädd. Bräddutlopp från regnbäddarna kan kopplas på de befintliga dagvattenbrunnarna. Totalt blir det 360 kvadratmeter regnbädd på en gräsyta som är 4320 kvadratmeter stor.

#### **Med trög dagvattenavrinning samt svackdiken**

Med trög dagvattenavrinning som fördröjer 10 millimeter regn och därtill ett svackdike, där rinnhastigheten antas till 0,3 m/s, längs hela Kapellvägen blir rinntiden ytterligare längre. För svackdiket är rinntiden  $720 / 0,3 = 2400$  sekunder, vilket är 40 minuter. Rinntiden på asfalt och gräs är några minuter. För ett 2-årsregn, med fördröjningen 20 minuter enligt tidigare beräkningar för trög dagvattenavrinning, blir dimensionerande varaktighet alltså lite mer än 60 minuter. Enligt tabell 1 blir då regnintensiteten 43 l/(s · ha). Rationella metoden ger  $1,01 \cdot 0,5 \cdot 43 = 22$  l/s, att jämföra med för bara trög avrinning 28 l/s och som det är i dagsläget med 44 l/s.

## 4 Diskussion

### 4.1 Metoddiskussion

Tidigt valdes att utgå från Svenskt Vattens publikation P110 Avledning av dag-, drän- och spillvatten (2016). En svårighet med beräkningarna har varit att det finns många olika påverkande faktorer. Några frågor som behövde besvaras innan rationella metoden kunde användas var: Sker dimensionerande flöde när hela området bidrar? Hur långa är rinntiderna? Hur påverkar regnets varaktighet och intensitet avrinningskoefficienten? Vilka koefficienter ska olika delområden ha? Vad händer med rinntiderna vid anläggande av ett svackdike? Beräkningarna som inledningsvis var tänkta att visa exakt vad olika lösningar genererar för effekter har istället blivit mer generella. Det har i rapporten beskrivits vad till exempel 10 millimeter fördröjning genererar för effekter på avrinningen. Intervjuformen där respondenterna fick resonera fritt utifrån några få på förhand bestämda frågor gav mycket och många kompletterande uppgifter framkom. Teoridelen om dagvatten och särskilt vilka hållbara dagvattenlösningar som finns har gått igenom översiktligt i denna rapport.

### 4.2 Resultatdiskussion

Vid en första anblick ser möjligheterna bra ut för att utföra långsiktig hållbar dagvattenhantering inom Östra kyrkogården i Malmö. Det finns många och stora fria ytor utan gravplatser, det finns långa sträckor med plats till kedjor av olika lösningar och det finns få byggnader att ta hänsyn till. Vid en närmare granskning visar det sig att det inte är så enkelt. Lagar och regler hindrar förändringar som ändrar den övergripande strukturen. Naturvärden måste tas i beaktande. Enligt miljöbalken är det till och med som så att dagvattnet klassas som miljöfarligt. Kyrkogårdsförvaltningens angivna medel ska uteslutande gå till begravningsverksamhet. Trots det kom det i intervjuerna fram att det sker en hel del arbete med hanteringen av dagvattnet och att överväganden om möjliga och lämpliga lösningar görs kontinuerligt. Att det inte finns några stora komplicerade dagvattenlösningar är inte förvånande och de hade inte heller varit särskilt passande på platsen. Uppdraget att sköta begravningsverksamhet innefattar inte dagvattenlösningar. Däremot finns en skyldighet att vid behov se till att undvika problem nedströms begravningsplatsen. Inga påtryckningar verkar dock ha inkommit utifrån som gör att dagvattenfrågan lyfts upp ännu högre på agendan. Intervjun om lagar och regler visade att det går att göra förändringar även på kyrkogårdar uppförda före 1940. Förändringar har skett genom årens lopp och kommer att fortsätta ske. Förvaltningens inställning till dagvattenhanteringen verkar vara att när det ändå ska göras några förändringar eller renoveringar passar de på att ta hänsyn till dagvattenfrågor och integrera lämpliga lösningar. Med tanke på förvaltningens uppdrag och eftersom det, enligt intervjuerna, efter skyfall inte finns några större problem inom gravkvarteren, förutom nedsjunkna gravar och lutande stenar, känns det som ett rimligt tillvägagångssätt.

I beräkningarna på det totala avrinningsområdet går det att få en uppfattning om hur mycket vatten som är i rörelse vid olika regn. Mina beräkningar har gett resultatet att ett 10-

årsregn genererar nästan dubbelt så stort flöde som ett 2-årsregn och ett 100-årsregn ger 5,5 gånger större flöde. Mängderna vatten blir vid skyfall enormt stora och det finns inga ledningar eller hållbara dagvattenlösningar som klarar av att hantera dem utan att mycket av vattnet är uppe på marken. Viktigt för att byggnader ska klara sig är att höjdsättningar är gjorda så att avledningen av vatten på markytan sker bort från byggnader. Naturligtvis är det enklare vid nyexploatering än som i det här fallet på en befintlig plats.

Handberäkningsmetoderna fungerar enligt litteraturen bra för att få en uppskattning av storleken på avrinningen. Enligt intervjuerna med kyrkogårdsförvaltningen har de inte haft några större problem med stående vatten inom området för beräkningarna. Det 400-årsregn som föll på söndagen den 31 augusti 2014 hade genererat ett betydligt högre vattenstånd än de 14 centimeter som i rapporten har räknats fram för ett 100-årsregn. Om det förekom rejäla översvämningar inom området under 400-årsregnet hade de i alla fall runnit eller infiltrerat bort till arbetsdagen efter. Sannolikt har gravområdet lägre avrinningskoefficienter än de som har använts i beräkningarna. Ljungbergs och Löfgrens beskrivningar av markprofilen och gravarnas infiltrerande förmåga stödjer den hypotesen. Enligt P-A Camper (2014) går det dessutom inte att använda generella avrinningskoefficienter för begravningsytor utan dessa måste bestämmas på plats. Det har under arbetets gång inte inträffat några rejäla regn så jag har inte kunnat studera om det blir något vatten stående på ytan eller se några rinnvägar på marken. Vidare ger ytterligare granskning av höjderna, i höjdkartan i bilaga 2, inom gravgårdarna och de förmodade rinntiderna till de, enligt platsundersökningen, inte på alla ställen så genomsläppliga brunnarna att det kan tänkas att koncentrationstiderna är betydligt längre än de som är använda i beräkningarna. Om avrinningen från gravytorna har mindre påverkan på det totala avrinningsflödet får förändringar vid övriga områden större effekt. I litteraturen står att fördröjning och hantering av relativt små nederbörds mängder genererar stora minskningar av den totala volymen vatten som avrinner. Antagligen är dessutom flödet genom avloppsröret och möjligheten till nedrinning till röret via brunnarna mindre än i beräkningarna på grund av rörens ålder, bristande underhåll med t ex igentäppta brunnar och hinder i form av rötter även på fler ställen än vid pilraden, där det enligt intervjun har varit rotinträngningar.

Under platsundersökningen kunde ses att längs alla asfaltvägarna är grässvålen högre än asfaltsytan. Vattnet rinner med nuvarande gräskant som i en kanal fram till brunnarna. En enkel åtgärd för att minska avrinningen är att se till att vattnet kan rinna ut bredvid vägen i grunda svackdiken. Då behöver kyrkogårdsförvaltningen inte göra mer än att gräva bort grässvål och lite av jordlagret till lämplig nivå och sen så nytt gräs. När diket är mättat av kraftigare regn och diket översvämmas fungerar brunnarna ute i vägbanan som tidigare. En annan dagvattenhanteringslösning som förvaltningen kan använda sig mer av är gröna tak. På miljödepån finns en byggnad med 800 kvadratmeter takyta som skulle passa bra till det. Ett tunt sedumtak skulle där kunna omhänderta minst 4 kubikmeter vatten. Längs asfaltvägarna i ytterkanten av kyrkogården står träden tätt och visar det sig att rötterna förhindrar anläggande av svackdike där räcker det långt med en mindre modulering av ytan

för att på det viset få vattnet att översila gräsmattan för infiltration. Ytterligare en variant för att åstadkomma mindre avrinning från Östra är att aktivt leda mer dagvatten mot gravytorna till exempel med lutningar på asfalten från parkeringsplatserna bredvid kapellen och längs vägarna runt gravkvarteren. Men då får man väga in riskerna med sättningar av marken och att mer vatten passerar kistor som eventuellt kan förorena vattnet. Förutsättningarna skiljer sig åt mellan olika kvarter och hur lämpligt det är infiltrera vatten varierar mellan olika områden. Beroende på topografin riskerar vissa delar av kyrkogården vid en sådan lösning att bli vattensjuka.

### **4.3 Slutsatser**

Förhållandet mellan hårdgjorda ytor och genomsläppliga ytor inom Östra kyrkogården i Malmö är väldigt fördelaktigt ur ett avrinningsperspektiv redan i dagsläget. Regler eller lagar förhindrar inte att det går att anlägga hållbara dagvattenlösningar. Det går inte på alla ställen och i vilka varianter som helst men så länge de inte påverkar den övergripande strukturen är det fritt fram. Detta förutsatt att anläggningarna går att motivera i budgeten. Det går antagligen inte i alla lägen innan det ingår i begravningsverksamhetens uppdrag att stoppa så mycket dagvatten som möjligt. Fram till dess integreras lösningar allteftersom förändringar ändå ska göras eller när det uppkommer akuta dagvattenhanteringsproblem. Det går inte att stoppa allt regnvatten som faller ner över Östra från att ta sig vidare. Vattnet skulle vid extremregn ta sig ut uppe på marken även om alla avloppsrör och dagvattenbrunnar pluggades igen. Däremot går det att hantera betydligt mer på plats än vad som görs idag och årsvolymen nederbörd som avrinner vidare kan minskas drastiskt.

Det hade varit intressant att ta reda på varför avlett dagvatten från begravningsplatser klassas som miljöfarligt. Mig veterligen passerar det inga gravar på vägen som eventuellt dräneringsvattnet från gravplatserna gör. Inga försök att ta reda på hur avrinningen från Östra Kyrkogården påverkar nedströms har gjorts i detta arbete men det hade också varit intressant att veta mer om.

## Källförteckning

Begravningslagen. Stockholm: (SFS 1990:1144).

Camper P-A (2014). *Dräneringsvatten från begravningsplatser*. Stockholm: Svenskt Vatten Utveckling, Rapport 2014-06. Tillgänglig: [http://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport\\_2014-06.pdf](http://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport_2014-06.pdf) (2016-12-01).

Edvinsson A (2009). *Ekologisk dagvattenhantering med biodiken - teknik, utveckling och inspiration*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för stad och land (kandidatarbete). Tillgänglig: [http://stud.epsilon.slu.se/466/1/edvinsson\\_a\\_090527.pdf](http://stud.epsilon.slu.se/466/1/edvinsson_a_090527.pdf) (2016-12-22).

Kirsten Bille J och Andréasson A (2014). *Vård och underhållsplan, Östra kyrkogården i Malmö - Kulturhistorisk inventering och bedömning*. Internt opublicerat dokument från kyrkogårdsförvaltningen Malmö.

Kulturmiljölagen. Stockholm: (SFS 1988:950).

Kvale S (1997). *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Lund: Studentlitteratur.

Kyrkogårdsförvaltningen Malmö (2013). Tillgänglig: [http://malmo-kyrkogardsforvaltning.smrt.se/kyrkogardar\\_och\\_kapell/ostra\\_kyrkogarden](http://malmo-kyrkogardsforvaltning.smrt.se/kyrkogardar_och_kapell/ostra_kyrkogarden) (2016-12-22).

Lag om allmänna vattentjänster. Stockholm: (SFS 2006:412).

Lag om ändring i miljöbalken. Stockholm: (SFS 2014:114).

Länsstyrelsen i Skåne län (2009). *PlanPM Dagvatten*. Malmö: Länsstyrelsen i Skåne län, Rapport 2008:24. Tillgänglig: [http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/sv/publikationer/pluskatalogen/PM\\_dagvattenwebb.pdf](http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/sv/publikationer/pluskatalogen/PM_dagvattenwebb.pdf) (2016-12-22).

Mebus F (red.) (2014). *Fria eller fälla - En vägledning vid hantering av träd i offentliga miljöer*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet.

Miljöbalken. Stockholm: (SFS 1998:808).

Persson J, Fridell K, Gustafsson E-L & Englund J-E (2014). *Att räkna på vatten - en formelsamling för landskapsingenjörer*, Rapport 2014:17. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet.

Riksantikvarieämbetet (2016). Tillgänglig: <http://www.raa.se/lagar-och-stod/kml-kulturminneslagen/kyrkliga-kulturminnen-4-kap/> (2016-12-28).

Rosengren J & och Striner U (2013). *I de dödas vilorum - Malmös begravningsplatser*, s 197-205. Malmö: Kira förlag.

SMHI (2011). Tillgänglig: <http://www.smhi.se/forskning/forskningsnyheter/nya-klimatberakningar-visar-pa-mer-extremt-vader-1.12922> (2016-12-05).

SMHI (2016). Tillgänglig: <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/antalet-fall-med-kraftig-dygnsnederbord-1.76946> (2016-12-05).

Stahre P (2004). *En långsiktig hållbar dagvattenhantering*. Stockholm: Svenskt Vatten.

Stahre P (2006). *Sustainability in urban storm drainage*. Stockholm: Svenskt Vatten.

Stahre P (2008). *Blue-green fingerprints in the city of Malmö, Sweden - Malmö's way towards a sustainable urban drainage*. Malmö: VA SYD.

Svenskt Vatten (2016). *P110 Avledning av dag-, drän- och spillvatten. Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem*. Stockholm: Svenskt Vatten.

Trafikverket (2014). *Avvattningsteknisk dimensionering och utformning - MB 310*, TDOK 2014:0051. Tillgänglig: <http://trvdokument.trafikverket.se> (2016-12-03).

VA SYD (2016). *Gemensamt arbete för en skyfallsplan*. Tillgänglig: <http://www.vasyd.se/Artiklar/Avlopp/Oversvamning/Gemensamt-arbete-i-en-skyfallsplan> (2016-12-13).

VA SYD (2009). *Åtgärdsplan för Malmös avlopp*. Malmö: VA SYD.

Vinnova (2014). *Inventering av dagvattenlösningar för urbana miljöer*. Tillgänglig: [http://www.greenurbansystems.eu/sv/resultat/Documents/GrGr\\_WP4\\_Inventering%20av%20dagvattenlösningar%20för%20urbana%20miljöer%20ink%20bilagor.pdf](http://www.greenurbansystems.eu/sv/resultat/Documents/GrGr_WP4_Inventering%20av%20dagvattenlösningar%20för%20urbana%20miljöer%20ink%20bilagor.pdf) (2016-12-12).

Vägverket (2008). *VVMB 310 Hydraulisk dimensionering*. Vägverket. Publikationsnummer 2008:61. Tillgänglig: <http://trafikverket.ineko.se> (2016-12-12).

Wahlund F (2011). *Kistbegravning - en miljörisk? - en studie av kvaliteten på dränvattnet från Östra kyrkogården i Malmö*. Lund: Lunds universitet. Miljö och hälsoskydd (examensarbete).

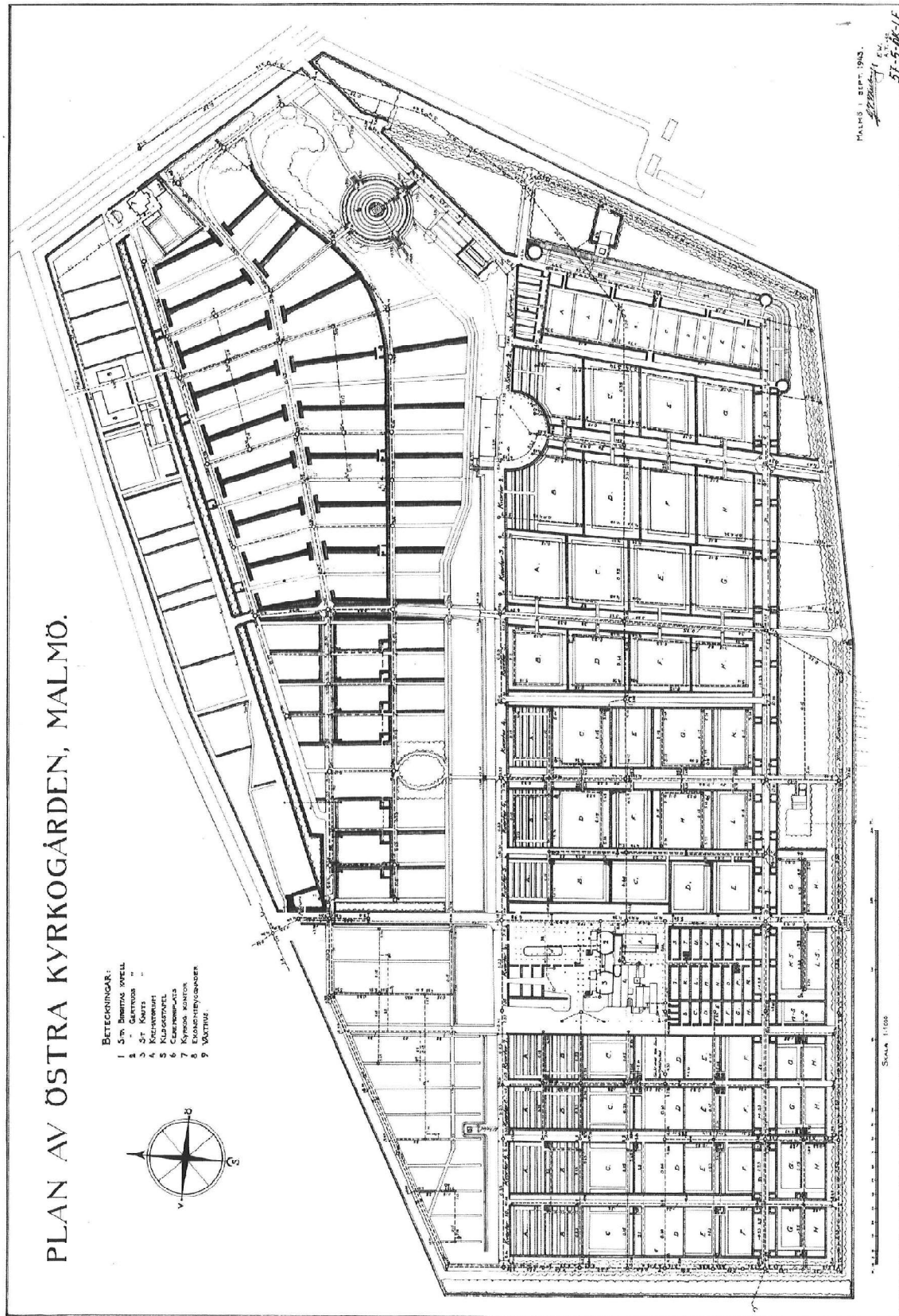
## **Intervjuer**

Ljungberg Erik, kyrkogårdsförvaltningen Malmö, 161213 och 161219.

Löfgren Maximilian, kyrkogårdsförvaltningen Malmö, 161207, 161213 och 161219.

# Bilagor

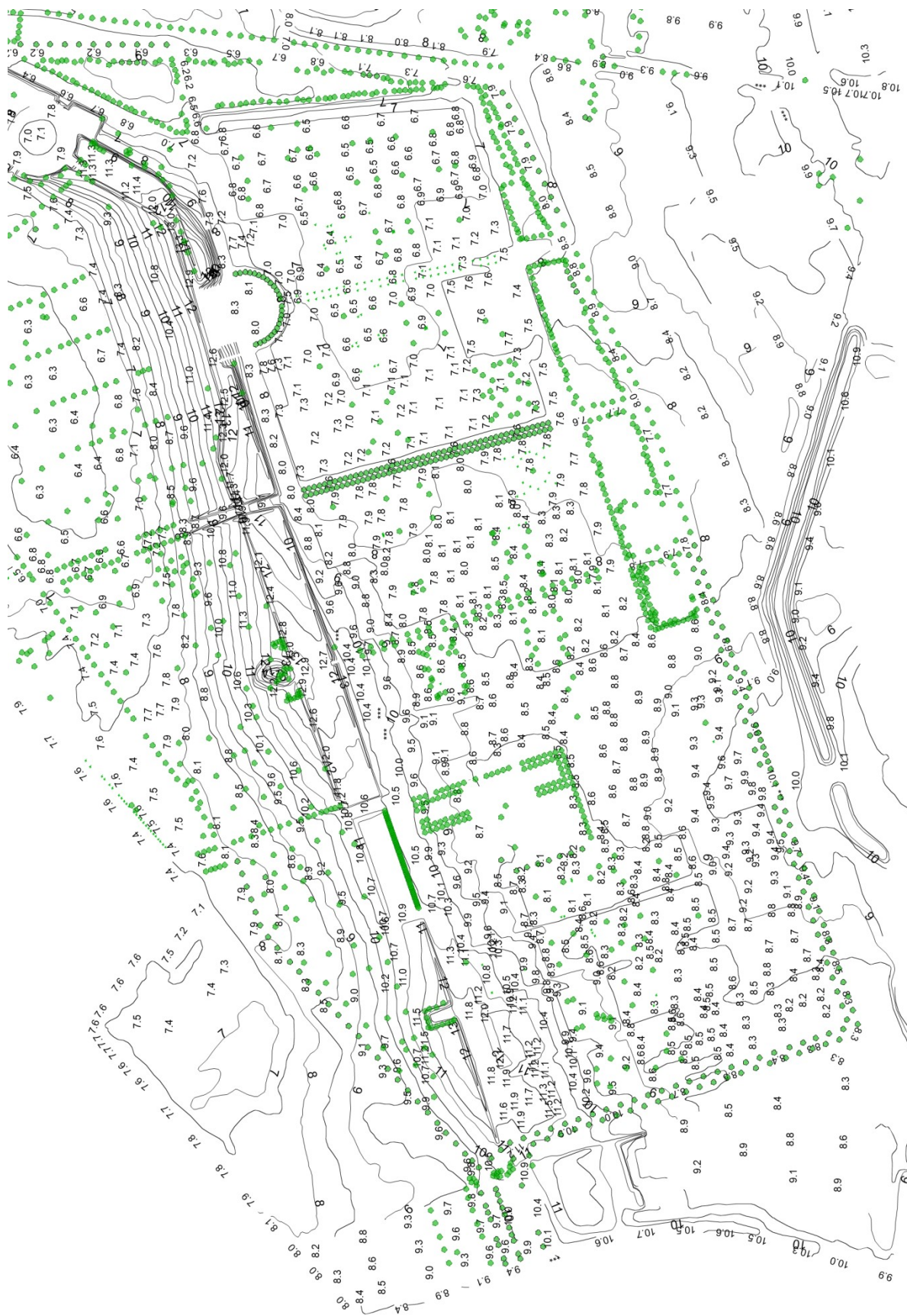
## Bilaga 1 Planritning



Figur 3 Planritning från 1943 med dagvattenledningar (Kyrkogårdsförvaltningen Malmö)

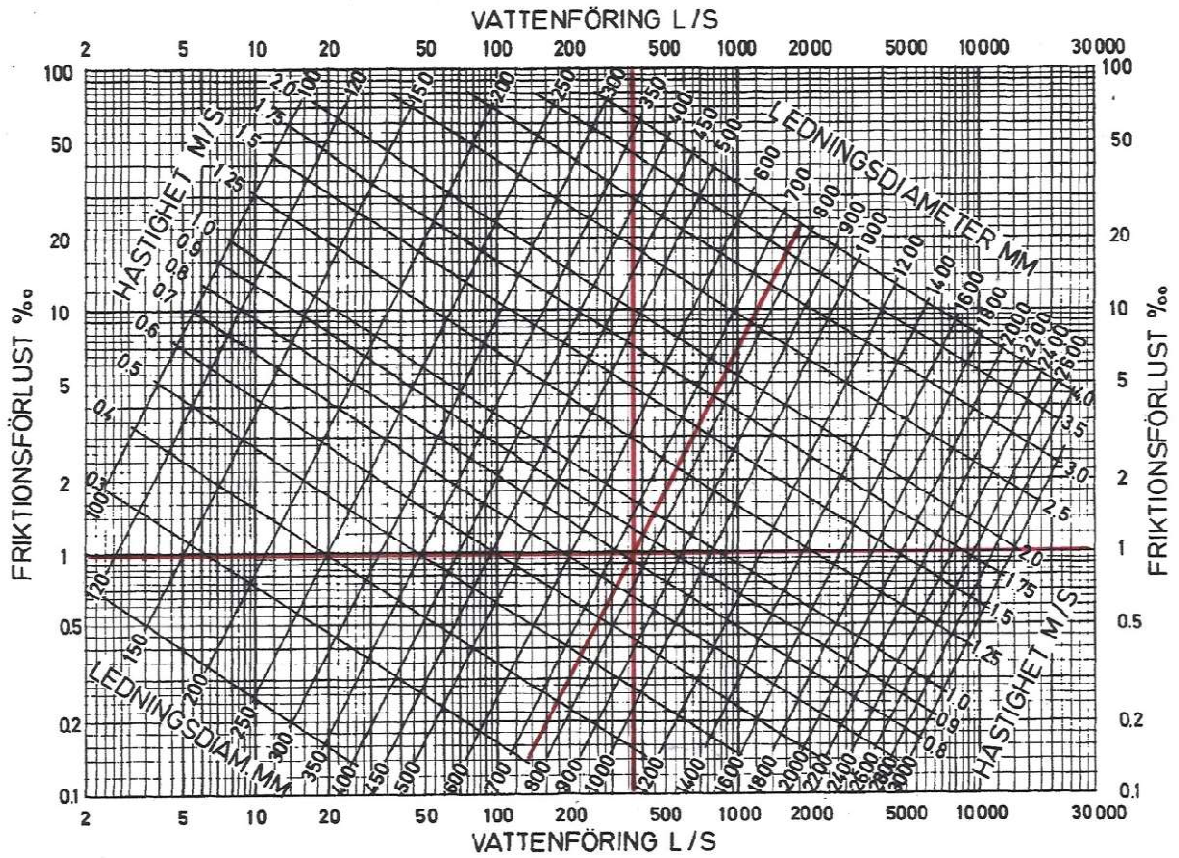


## Bilaga 2 Höjder och träd



Figur 4 Höjddkurvor och träd på Östra kyrkogården i Malmö (Kyrkogårdsförvaltningen Malmö)

Bilaga 3 Colebrook-diagram



Figur 5 Colebrook-diagram  $k = 1,0$  mm, med inritade streck för ledningsdiameter 750mm och lutning 1 promille vilket ger strecket för vattenföringen



## Bilaga 4 Rinntider

Lyngfelt tog 1981 fram en empirisk formel för sammansatta områden som ser ut så här:

$$t_c = 0,043 \cdot (L_{h80})^{0,71} / (i^{0,32} \cdot S_h^{0,35} \cdot A_{del}^{0,05})$$

$t_c$  = rinntiden, minuter

$L_{h80}$  = huvudledningens längd fram till den längst uppströms liggande brunnen plus 80 meter, meter

$i$  = regnintensiteten, l/(s · ha)

$S_h$  = huvudledningens medellutning

$A_{del}$  = deltagande avrinningsyta, vilket är detsamma som reducerad area, ha

För att räkna på rinntiden i de olika kombinationerna av öppna system som ofta används vid hållbar dagvattenhantering är det lämpligt att använda Mannings formel:

$$q = A \cdot R^{2/3} \cdot M \cdot S_0^{1/2}$$

där  $R$  = hydraulisk radie =  $A/P$ , m

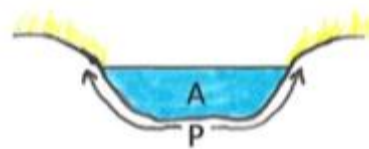
$q$  = flöde, m<sup>3</sup>/s

$A$  = tvärsnittsarea, m<sup>2</sup>

$P$  = våta perimetern, m

$S_0$  = bottenlutning

$M$  = Mannings tal, m<sup>1/3</sup>/s



Figur 6 Våta perimetern, P

Ur Mannings formel går att få hastigheten, m/s, istället för flödet genom att sätta:

$R$  = vattendjup i meter och dessutom ta bort  $A$  (Svenskt Vatten, 2016).

Tabell 9 Mannings tal för olika marktytor

	Mannings tal	
Grävda diken, rensade nyligen	50	Svenskt Vatten (2016)
Grävda diken med viss vegetation	30	Svenskt Vatten (2016)
Grävda diken med mycket vegetation	10	Svenskt Vatten (2016)
Kanal av fin betong	65	Svenskt Vatten (2016)
Kanal av grov betong	50	Svenskt Vatten (2016)
Stål	90-110	Persson m. fl. (2014)
Slät betong	89-90	Persson m. fl. (2014)
Slät jord	35-50	Persson m. fl. (2014)
Stenig(morän)	25-35	Persson m. fl. (2014)
Sprängt berg	20-25	Persson m. fl. (2014)
Slät asfalt eller betongbeläggning	80-85	Vägverket (2008)
Grov asfalt eller betongbeläggning	70-75	Vägverket (2008)
Grusyta	40-50	Vägverket (2008)
Kort gräs	30-35	Vägverket (2008)
Långt gräs	25-30	Vägverket (2008)