

Stockholm Vatten AB

STOCKHOLMS SJÖAR

Handlingsplan för kartering av avrinningsområden



Rapport
Stockholm 2009-04-23

Uppdragsnummer 1141052

SWECO
Gjörwellsgatan 22
Box 34044, 100 26 Stockholm
Telefon 08-695 60 00
Telefax 08-695 60 10

Uppdrag 1141052;
p:\1134\stockholm vatten\1141052\stockholmssjöar\19original\1141
052_rapport.doc



Förord

Denna rapport föreslår en handlingsplan för Stockholm Vattens fortsatta arbete med att kartera avrinningsområden. Syftet är bl a att med större säkerhet kunna säga var föroreningar i sjöar har sina ursprung, genom en bättre överblick över dagvattennätet. Detta skulle också medföra ett beslutsunderlag, inför t ex restaurering av sjöar, kan tas fram snabbare och med bättre kvalitet.

Utredningen har genomförts av Sweco med Stockholm Vatten AB som beställare. Projektet faller inom ramen för miljömiljardprojektet Stockholms sjöar.

Arbetet bygger bl a på tidigare studier genomförda av forskare vid KTH och på metodutveckling och karteringsarbete genomfört av DHI. Från Stockholm Vatten har kontaktperson varit C G Leijonhufvud.

Från Sweco har uppdragsledare varit Tommy Giertz. Arbetet med att ta fram handlingsplan har genomförts av Tommy Giertz och Robert Elfving. Henrik Alm har granskat arbetet.

Vi tackar för ett gott samarbete.

SWECO Environment AB

Tommy Giertz

Robert Elfving

Omslagsbild: Katrin Grünfeld, KTH

Innehåll

1	Bakgrund och syfte	1
2	Uppdragets omfattning	2
3	Metoder – gemensamt	3
3.1	Indata rörande topografi	3
3.2	Indata rörande ledningar	6
4	Metod A	7
5	Metod B	10
6	Andra metoder	12
6.1	Manuell kartering	12
6.2	MIKE URBAN	13
6.3	Alternativa programvaror	13
7	Sammanfattning av metoder och rapporter	14
8	Handlingsplan för att komma runt problem	16
8.1	Problem med vägytors lutning	16
8.2	Problem med datorkapacitet	16
8.3	Bristfälliga höjddata	17
8.4	Bristfälliga ledningsdata	17
8.5	Byte av referenssystem	18
9	Tillämpning	19
9.1	Intern tillämpning hos Stockholm Vatten	19
9.1.1	Koppling mot GIVAS	21
9.2	Övriga förvaltningar	21
9.3	Externa intressenter	22
10	Dynamik, möjligheter till uppdatering, framtidssäkring	24
11	Genomförande, upphandling m.m.	25
11.1	Prioritetsordning	25
11.2	Upphandling	25
11.3	Kvalitetssäkring	26
12	Slutsats	27
13	Källor	29

1 Bakgrund och syfte

Miljömiljardprojektet Stockholms sjöar innebär att kartera tillrinningsområden till sjöar i Storstockholm. Syftet med karteringen är dels att undersöka om det finns ett behov av att förändra eller förbättra Stockholm Vattens befintliga dagvattennät, dels att få en uppfattning om föroreningsbelastning i tillrinningen till sjöar och kunna beräkna påverkan på Mälarens miljö, och var utsläpp förväntas ske. Även andra verksamheter, t ex andra förvaltningar inom Stockholms stad, räddningstjänst o s v kan tänkas ha nytta av karteringen, men dessa möjligheter har hittills inte studerats i detalj.

Pga. att de naturliga avrinningsområdena till stor del är modifierade inom Stockholms stad och Huddinge kommun, är det nödvändigt att beskriva tekniska avrinningsområden där hänsyn tas till tunnlar och ledningar som korsar vattendelare, samt barriärer som i praktiken fungerar som artificiella vattendelare. Information om tunnlar och ledningsdragningar har funnits tillgänglig, men fortfarande finns oklarheter när det gäller vilka egentliga områden dessa avvattnar. Det har därför saknats möjligheter att påvisa entydiga samband mellan utsläpp och recipient. Tillgång till bättre höjddata genom modern teknik ger nu en potential att ta fram ett underlag som kan användas för att påvisa dessa samband.

För att kunna genomföra projektet önskar Stockholm Vatten hitta ett lämpligt tillvägagångssätt för kartering av tekniska avrinningsområden och delavrinningsområden till rätt noggrannhet, och säkerställa att resultatet av karteringen används på bästa sätt.

Till utmaningarna hör bl a hantering av stora datamängder, t ex laserskanningsbaserade punktdata och högupplösta terrängmodeller, då detta är resurskrävande i fråga om datorkapacitet.

2 Uppdragets omfattning

I Swecos uppdrag ingår att utifrån nyligen utfört arbete av DHI m fl ta fram en handlingsplan för Stockholm Vatten så att erhållna kunskaper kan användas i det dagliga arbetet.

En genomgång har gjorts av arbeten som hittills utförts av medarbetare på KTH samt DHI. Frågor som studerats är t ex noggrannhet i x-, y-, och z-led hos nämnda arbeten, dynamik vid förändringar av ytor, praktisk nytta och användning. Vidare har en mindre omvärldsstudie genomförts för att bestämma om de i rapporterna föreslagna metoderna uppfyller de för ändamålet, utgående från befintlig teknik, erforderliga kraven.

Förslag på fortsatt arbete har tagits fram, och detta kan diskuteras tillsammans med förslagsvis Stockholm Vatten och vid behov eventuell extern leverantör.

3 Metoder – gemensamt

Två metoder har utvärderats. Metod A har utvecklats av Katrin Grünfeld, forskare vid KTH, och genomförs med hjälp av verktyg i ArcGIS. Metod B har utprovats av DHI, och arbetet utförs till stor del i DHI:s programvara MIKE BASIN och till viss del i ArcGIS.

3.1 Indata rörande topografi

Båda metoderna förutsätter tillgång till heltäckande och högupplöst höjdinformation för att kunna avgöra i vilken riktning avrinning sker från en viss punkt.

Gemensamt för båda metoderna är att höjddata baserade på flygburen laserskanning använts. Stockholms stadsbyggnadskontor har denna typ av höjddata tillgänglig för hela staden och det är därför naturligt att dessa data införskaffas för ändamålet.

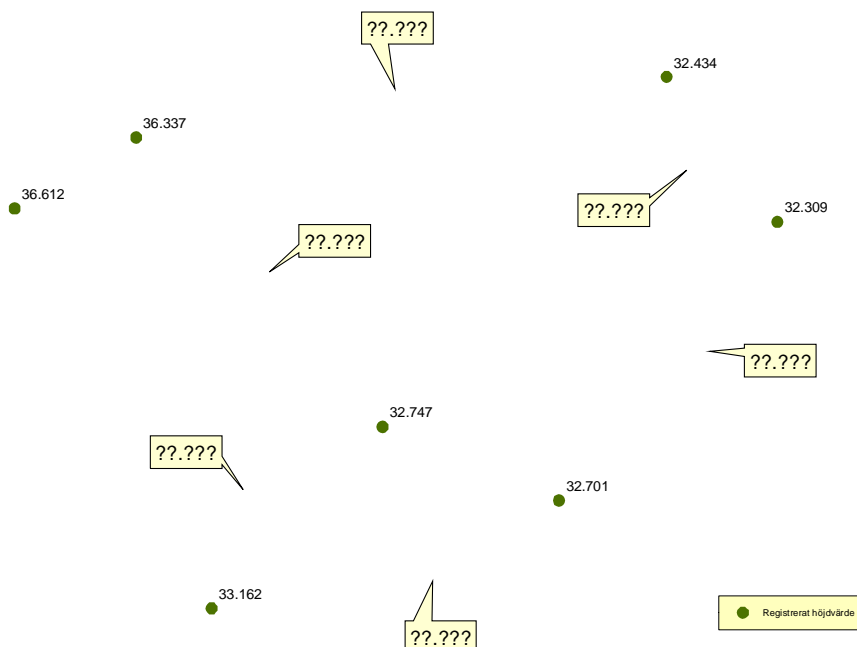
Stadsbyggnadskontoret levererar ett s k 3D-grid, ett regelbundet punktgrid interpolerat från oregelbundna laserskannade punkter. Laserskanningen utfördes maj-juni 2003. Flyghöjden vid skanningen var 800 m. Över innerstan finns dessutom 600 m flyghöjd tillgängligt. Stadsbyggnadskontoret har i nuläget inga ytterligare upphandlingar av laserskannat höjddata planerade.¹

Det ursprungliga datat genomgår normalt en klassificering där "ej mark"-träffar plockas bort från punktvarmen. Således används bara de punkter som bedöms vara markträffar till interpoleringen och skapandet av terrängmodellen. Trädtoppar o d filtreras bort. I exempelvis mycket tät skog kan detta innebära att felet blir större, eftersom punktvarmen med "verkliga" markträffar här är gles. Stadsbyggnadskontorets 3D-grid har genomgått denna klassificering och filtrering. Klassificeringen utfördes av konsult där kravspecifikationen var en noggrannhet om 10 cm (1σ (ca 67%), plan och höjd) för hårdgjorda ytor och 12 cm (1σ (ca 67%), plan och höjd) för mjuka ytor såsom gräs o.d.²

Efter filtrering skapas en terrängmodell baserat på de punkter som definierats som "mark". Utöver "icke mark"-punkterna kommer det alltid att finnas platser mellan punkterna där höjdinformation saknas (exempel i figur 3.1.1).

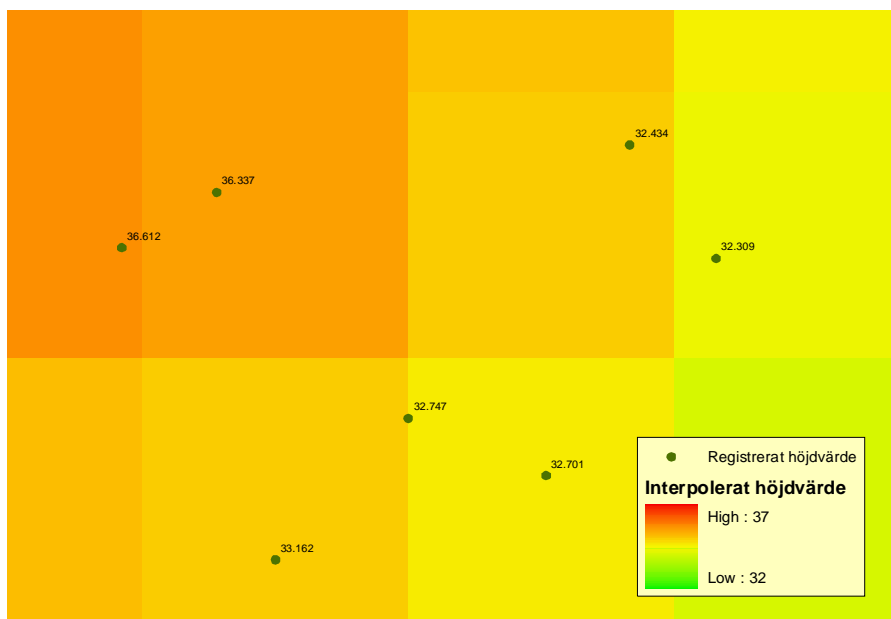
¹ Uppgift från Patric Jansson, Stadsbyggnadskontoret, Stockholms stad

² Uppgift från Patric Jansson, Stadsbyggnadskontoret, Stockholms stad



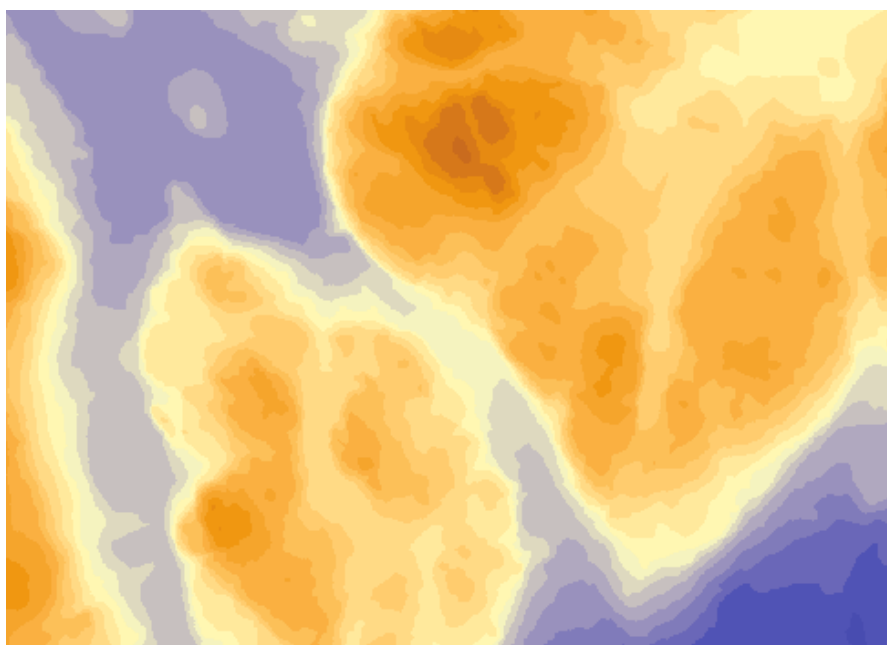
Figur 3.1.1. Punkthöjder. Höjder mellan registrerade punkter är okända.

För att modellen ska bli heltäckande konverteras punkterna till ett raster (rutnät) där varje cell (ruta) har ett bestämt höjdvärde oberoende av var inom rutan man befinner sig. Genom interpolation får cellerna ett "medelvärde" baserat på närliggande punkter. Se figur 3.1.2. Detta är en ofta återkommande arbetsprocess i GIS-miljö.



Figur 3.1.2. Interpolerat raster baserat på punkthöjder.

Ur ett större perspektiv kan terrängformer urskiljas genom rastret, se figur 3.1.3.



Figur 3.1.3. Interpolerat raster baserat på punkthöjder.

Cellernas storlek kan väljas. Dock måste storleken på cellerna vara densamma över hela modellen.

Ett finmaskigt raster kan ge sken av att höjddatat är högupplöst, men detta kan vara missvisande om punkttätheten är låg hos det ursprungliga datat.

Resultatet är beroende av kvaliteten på indata. Om alla punkter ligger fel kommer detta fel att fortplanta sig eller anrikas i rastret.

Huddinge kommun har i dagsläget inte köpt in högupplöst höjddata baserat på laserskanning, varför en annan väg måste väljas.

3.2 Indata rörande ledningar

Information om dagvattenledningar och kombinerade ledningar med tillhörande brunnar har hämtats från Stockholm Vattens databas GIVAS (metod B anger ingen källa, men det kan antas att informationen även här kommer från GIVAS).

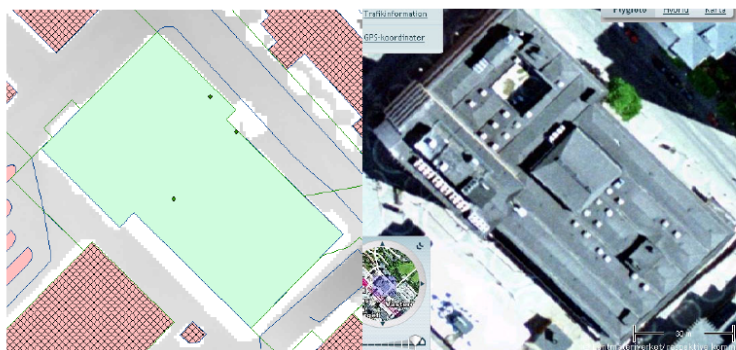
4 Metod A

Som en del av projektet Stockholms sjöar har Katrin Grünfeld, forskare vid KTH, beskrivit en process med att ta fram avrinningsområden med hjälp av GIS-verktyg.³

I ett första steg har höjddatat bearbetats för att fylla "luckor" i datat. Detta har skett bl a genom interpolering, olika filter för att ta fram kantstenar eller andra brytlinjer, och genom att använda befintliga vektordata (bl a byggnads- och väglager) för att komplettera med. Resultatet är en höjdmodell i rasterformat där varje cell har ett bestämt (och rimligt) höjdvärde.

För att kunna studera hur vattnet rör sig på ytan i en urban miljö har även byggnader m.m. behandlats. Exempelvis har brunnar inom en byggnads gränser normalt tolkats som att byggnaden är "öppen", d v s garage eller dylikt – se exempel i figur 4.1.1, där byggnadens väggar inte utgör ett strömningshinder. Det är möjligt att med GIS-verktyg sortera ut de brunnar som ligger inom byggnadsgränser, men att bestämma huruvida byggnaden är "öppen" är ett manuellt arbete.

Ett annat problem man måste ta ställning till är dagvattenbrunnar som hamnar i byggnader (Figur 14). Ganska trolig förklaring är att det finns brunnar i garaget under byggnader, eller byggnaden är ett parkeringshus.



Figur 14. Exempel på dagvattenbrunnar som hamnar i byggnader. Jämförs här med en flygbild (Eniro, 2007).

Figur 4.1.1. Situation med brunnar sammanfallande med byggnad. Ur Grünfeld (2008).

³ Grünfeld (2008, opubl.)

För att skapa avrinningsområden till varje dagvattenbrunn har olika funktioner i ArcGIS utprovats. För samtliga funktioner som redovisas krävs licens för tillägget Spatial Analyst.

- FLOW DIRECTION beräknar flödesriktningar från varje cell, baserat på att vattnet rör sig från ett högre höjdvärde till ett lägre
- BASIN skapar avrinningsområden från flödesriktningar. Med befintlig noggrannhet hos höjddatat blir resultatet ett mycket stort antal avrinningsområden
- WATERSHED gör att man kan avgränsa avrinningsområde till en viss punkt (t ex brunn)
- FLOW ACCUMULATION skapar fiktiva "rännilar" utifrån flödesriktningar
- SINK hittar instängda områden i terrängen, där botten kan vara en dagvattenbrunn (men behöver inte vara det)
- FOCAL FLOW kan beskrivas som motsatsen till Flow Direction i och med att det visar flödesriktningen *till* en cell

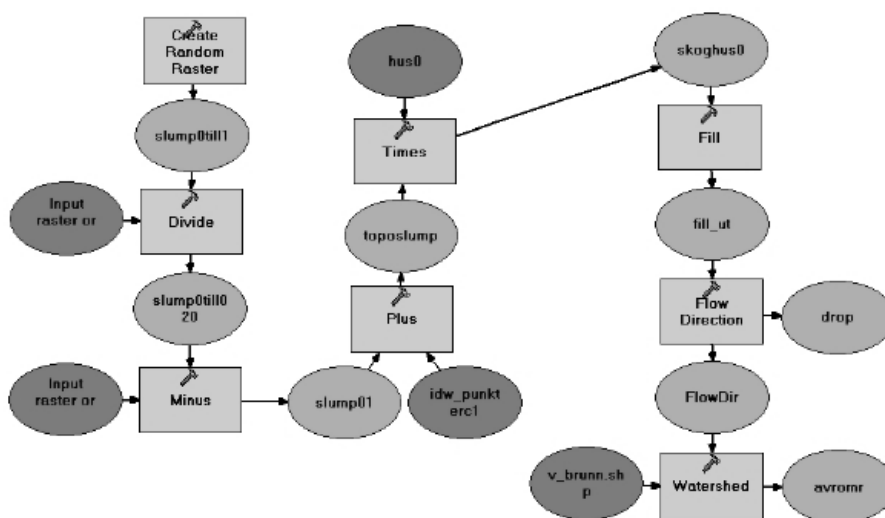
Arbetet beskriver utförligt ett antal utmaningar med projektet och vilka lösningar som finns för att komma runt problemen.

I arbetet utgick man ifrån ett försöksområde vid Vällingby centrum - Råcksta Träsk.

Som en del av ett examensarbete⁴ gjordes en kvalitetskontroll av den laserskannade höjddatan genom att jämföra denna mot befintliga höjdfixpunkter.

Eftersom noggrannheten i höjddata, uppskattad till $\pm 0,1$ m, befarades medföra risk för fel vid beräkningen av avrinningsområden för enskilda brunnar, genomfördes en Monte Carlo-simulering. Figur 4.1.2 visar arbetsgången.

⁴ Blied (2007) s.16



Figur 4.1.2. Process för att simulera variationen i avrinningsområden för enskilda brunnar med Monte Carlo-simulering. Ur Blied (2007).

Kortfattat kan simuleringen beskrivas så att avrinningsområdet till varje dagvattenbrunn modelleras 200 gånger med höjddata som varierar slumpvis med -0,1 m till +0,1 m skillnad från det ursprungliga höjddatat. Resultatet av denna simulering blir att man får vissa celler som bidrar med flöde till en brunn i en majoritet av fallen, medan andra celler endast bidrar enstaka gånger och därmed får anses "osäkra" med avseende på huruvida de ingår i den aktuella brunnens upptagningsområde.

Slutsatsen av Blieds studie är att noggrannheten i höjddata inte räcker till för att avgränsa avrinningsområde till varje enskild brunn. Även om höjddatas antas vara av bättre noggrannhet, $\pm 0,05$ m, blir resultatet svårtolkat, och många brunnar får ett avrinningsområde så litet som några eller några m^2 (d v s enstaka celler i rastret).

För större områden är det dock möjligt att skapa avrinningsområdesgränser med god kvalitet.

Slutsatserna från Grünfelds arbete är bl a att datorkapacitet är en begränsande faktor, framför allt för större områden.

5 Metod B

DHI har tagit fram en metod för kartering av naturliga och tekniska tillrinningsområden⁵ där den egenutvecklade programvaran MIKE BASIN används som karteringsverktyg.

MIKE BASIN fungerar som ett programtillägg (extension) till ArcGIS 9. I MIKE BASIN BASIC ingår inte automatiskt avrinningsområdesindelning, utan för detta krävs den högre licensnivån MIKE BASIN EXTENDED. MIKE BASIN är inte utvecklat specifikt för avrinningsområdeskartering, utan är en "verktygslåda" för att ta fram beslutsunderlag, där avrinningsområdet är en gemensam nämnare, i GIS-miljö.

För metodens utveckling gjordes en pilotstudie där områden vid Kyrksjön och Råcksta träsk karterades. Metoden har senare även applicerats på tillrinningsområden för två dagvattentunnlar, Vårbytunneln samt Skärholmen-Mälardalstunneln.

I steg ett tas det naturliga tillrinningsområdet för en sjö fram. I steg två det tekniska tillrinningsområdet. Viss manuell bearbetning krävs, bl a att bestämma vilka ledningar som endast korsar området, d v s inte tillför eller upptar dagvatten, och därför ska uteslutas. Det krävs även att man identifierar vilka ledningar som tillför sjön vatten, och vilka som leder vatten bort från området.

För att bedöma kvaliteten och noggrannheten hos resultatet har en jämförelse gjorts med ett manuellt karterat område. Man har testat olika upplösningar, 1x1 m, 2x2 m, 5x5 m.

Som en fördel med MIKE BASIN nämner man att resultatet blir mer objektivt jämfört med manuell kartering där den mänskliga faktorn är inblandad i tolkningen.

Föroreningsberäkningar kan göras direkt i MIKE BASIN. Alternativt kan ett programtillägg till MIKE URBAN (SWQ) användas.

Det fanns vissa svårigheter med att ta fram tekniskt tillrinningsområde till varje "rännstensbrunn" (dagvattenbrunn). Detta pga. att ännu högre upplösning skulle krävas för att se hur vägytan lutar och för att kunna särskilja avrinning för brunnar som ligger nära varandra.

⁵ Som avrinningsområde, med skillnaden att begreppet "tillrinningsområde" ej omfattar vattenytor.

Brister i underlagsdata (t ex ledningsdatabas) kan medföra stor tidsåtgång för manuell bearbetning. Rapporten visar på att skillnaderna kan vara stora – tillrinningen till Råcksta träsk krävde betydligt mer manuell bearbetning än Kyrksjön.

Rapporterna för försöksområdet⁶ och dagvattentunnlarna⁷ beskriver metoden mer detaljerat.

⁶ *Stockholms Sjöar*, Stockholm Vatten AB / DHI (2008)

⁷ *Kartering av tillrinningsområden för Vårbytunneln och Skärholmen-Mälarhöjdstunneln*, Stockholm Vatten VA AB / DHI (2008)

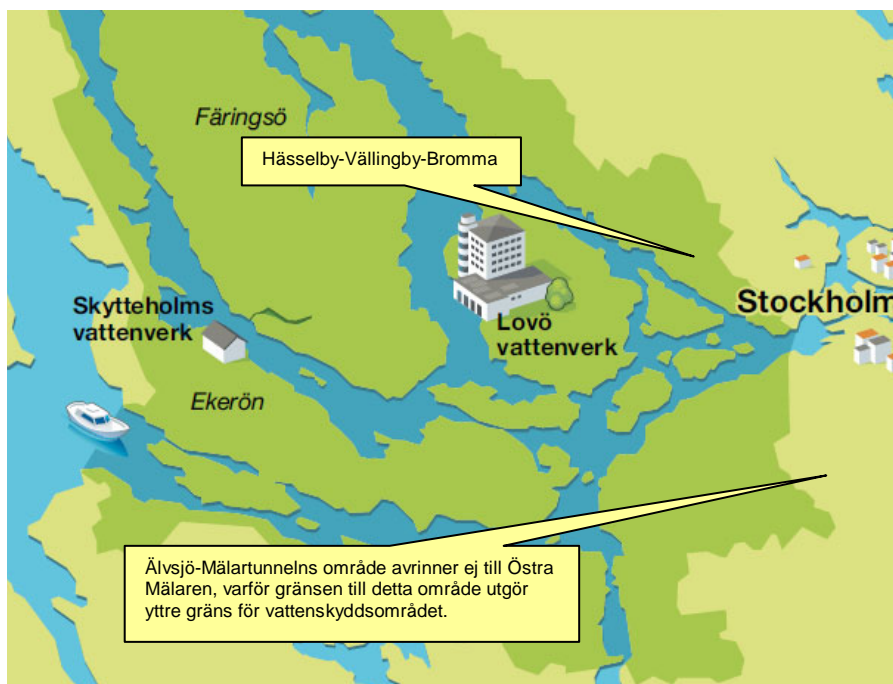
6 Andra metoder

6.1 Manuell kartering

Ett alternativ är att manuellt ta fram avrinningsområden genom att spåra vattendelare från höjdryggar från en karta, och därefter göra justeringar utifrån ledningskartor för att ta fram det tekniska avrinningsområdet, d v s ett tidskrävande arbete.

Visst arbete finns gjort i och med kartering av tillrinningsområden till mindre sjöar, utfört av Åsa Ekelund och Christina Nilsson. Karteringen baserades på ledningskartor, bästa tillgängliga höjddata, samt kontroller i fält.⁸

Utöver detta har Stockholm Vatten även karterat Älvsjö-Mälartunnelns avrinningsområde, med i stort sett samma metod som ovan. Denna kartering har utgjort del av underlag till Östra Mälarens vattenskyddsområde (figur 6.1.1), vilket Länsstyrelsen beslutade om i november 2008.⁹



Figur 6.1.1. Östra Mälarens vattenskyddsområde. (ur Bättre skydd för dricksvattnet i Stockholmsregionen)

⁸ Uppgift från Jens Fagerberg, Stockholm Vatten

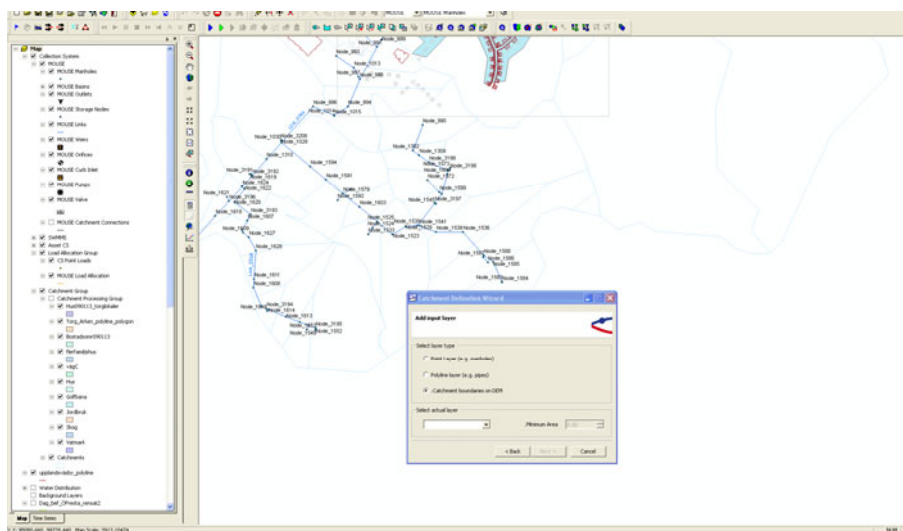
⁹ Bättre skydd för dricksvattnet i Stockholmsregionen (Stockholm Vatten 2009)

För samma syfte finns även de områden som avrinner till norra sidan av Mälaren, d v s Hässelby-Vällingby-Bromma, karterad. Exakt vilken metod som här använts är inte klarlagt.

Tekniska avrinningsområden finns även framtagna i form av s k DUF- (drift, underhåll och förnyelse)-områden.

6.2 MIKE URBAN

MIKE URBAN har ett inbyggt verktyg för skapande av avrinningsområden, *catchment delineation*, utifrån en höjdmodell (DEM) som underlag. Verktöget, se figur 6.2.1, är framtaget i första hand för att ta fram underlag till hydrauliska modeller. Metoden har inte utprovats i större skala.



Figur 6.2.1. MIKE URBAN Catchment Delineation Tool.

6.3 Alternativa programvaror

Utöver de som beskrivs i denna utredning, finns programvaror från andra leverantörer, främst GIS-verktyg som kan användas som hjälpmedel för att ta fram i huvudsak naturliga avrinningsområden. ERDAS ER Mapper med tilläggsverktyget Land Application Wizard är ett exempel. I de flesta fall måste manuella bearbetningar göras för att ta fram tekniska avrinningsområden. De flesta applikationer består av någon form av ArcGIS-tillägg.

7 Sammanfattning av metoder och rapporter

Den främsta skillnaden mellan DHI:s metod och Grünfelds studie, är att DHI utgår från det naturliga avrinningsområdet och sedan bestämmer det tekniska delvis utifrån detta. Man kan sedan zooma in på ett område efter behov – ett ”utifrån och in”-perspektiv.

DHI har visat att metoden med MIKE BASIN är genomförbar, med en reservation om att det, med aktuell upplösning på höjddata, inte går att bestämma tillrinningsområde för specifika dagvattenbrunnar. Tittar man på tillrinningsområde för en recipient blir resultatet bättre, eftersom upplösningen hos höjddata då ej är lika kritisk.

Grünfeld går direkt in på en högupplöst skala och tittar på brunnar i första hand, medan helheten fås genom att slå samman områden – ett ”inifrån och ut”-synsätt. I stort är dock resultatet detsamma som för DHI:s metod.

Grünfeld föreslår olika filtreringsmetoder för att komma runt problemet med höjddatats upplösning, men man visar också att viss osäkerhet skapas i och med detta.

Grünfeld beskriver en metod för att bestämma avrinningsområden för enskilda brunnar, men en modellering av osäkerheten visar att felen blir oacceptabelt stora, och liksom hos DHI är slutsatsen att mer noggranna höjddata behövs.

Både Grünfeld och DHI visar att dagvattnets väg över urbana ytor är svårmodellerad och att det saknas specifika verktyg för detta. DHI påpekar att den begränsade upplösningen i höjddata medför att, beroende på hur vägytan lutar, resultatet kan bli missvisande när det finns två närliggande brunnar, som i extrema fall kan vara kopplade till två olika ledningar som leds åt varsitt håll.

Grünfeld påpekar att det finns relaterade områden som bör studeras ytterligare, t ex hur vattnet rör sig på ytan mellan byggnader o s v. Man föreslår också metoder för detta. I DHI:s studier har byggnader ”klippts bort”, vilket fungerar bra i områden med liten eller obetydlig bebyggelse, men är mindre lämpligt i starkt urbana miljöer såsom i innerstaden.

En mindre omvärldsanalys visar att avrinningsområdeskartering är ett ämne som ofta diskuteras, men att det i dagsläget är relativt få projekt

som är genomförda. Det finns med andra ord inget stort antal projekt från vilka lärdomar kan dras.

8 Handlingsplan för att komma runt problem

8.1 Problem med vägytors lutning

DHI¹⁰ beskriver problemet med att indata inte är tillräckligt högupplöst för att se vilken dagvattenbrunn vatten på vägytor rinner till.

I kritiska punkter som dessa kan en mer noggrann studie med avvägning/spårning krävas. Detta kan vara aktuellt t ex om en större vattendelare går rakt genom ett bostadsområde. En sådan lokal studie är givetvis resurskrävande, och bör vägas emot nyttan med att ha noggranna gränser i det enskilda fallet. Som båda studier kommit fram till, är kartering på brunnsnivå något som inte kan genomföras med befintlig indata till acceptabel kvalitet.

8.2 Problem med datorkapacitet

Grünfeld tar upp detta problem i sin studie¹¹. DHI nämner problemet endast i samband med skapande av höjdmodellen – olika interpoleringsmetoder visade sig vara mer eller mindre resurskrävande, och bl a därför valdes metoden *Topo to Raster* som klarar av att hantera stora datamängder i höjdmodeller. För stora områden med hög upplösning kan även *Topo to Raster* vara svårhanterbart, och då får en annan metod väljas. Sweco har exempelvis goda erfarenheter av att använda verktyget FME för framställning av mycket stora höjdmodeller.

Processteg med stora datamängder, kan genomföras natttid. Geografiska områden som visar sig vara för stora kan behöva delas upp i mindre.

Det går i viss mån att minska tidsåtgången för vissa processteg genom att använda en lägre upplösning på höjdmodellen, men risken är stor att kvaliteten hos resultatet märkbart försämras. Tid bör därför avsättas för att kunna använda höjdmodell med rätt upplösning. Problemet anses inte utgöra ett så stort hinder att projektet inte är genomförbart.

¹⁰ *Stockholms Sjöar*, Stockholm Vatten AB / DHI 2008, kap. 6.4

¹¹ Grünfeld (2008, opubl.), kap. 2.5.3

8.3 Bristfälliga höjddata

Även om högupplöst höjddata finns tillgängligt för i princip hela Stockholms stad, kan det vara nödvändigt med kompletteringar, framför där avrinningsområden sträcker sig över gränsen till en grannkommun. I de flesta fall bör kompletteringen kunna ske med hjälp av befintliga data från primärkartor e d, men detta bör bedömas från fall till fall.

En parallell kan dras till DHI:s kartering i Vårby¹² där högupplöst höjddata saknades för den del av avrinningsområdet som tillhör Huddinge kommun. Eftersom det aktuella området i huvudsak bestod av naturmark kunde höjdmodellen kompletteras med hjälp av höjddata med lägre upplösning (baserat på höjdkurvor). Dessutom slutar inte laserskanningen tvärt vid kommungränsen, utan en viss överlappning finns, vilken utnyttjades.

Det bör beaktas att noggrannheten hos höjddata försämrats något pga. att laserskanning skett sommartid¹³ vilket inte är idealiskt för syftet, eftersom växtlighet medför att markytan är svårdefinierad.

8.4 Bristfälliga ledningsdata

DHI¹⁴ exemplifierar problemet med ledningsnätet vid Råcksta träsk som visade sig vara osammanhängande i databasen, och därför krävde manuell granskning.

Till viss del kan avsaknad av ledningsdata lösas med interpolation m.m. I kritiska punkter, t ex där ledningar korsar en vattendelare, kan det dock vara aktuellt med ny inmätning/avvägning.

Det är viktigt att se till att ny information som skapas kommer med i GIVAS, av minst två skäl:

- Vid nästa revideringsomgång eller kartering av intilliggande område kan den nya information som tagits fram annars glömmas bort, eller "skrivas över" av den äldre, bristfälliga, informationen.

¹² *Kartering av tillrinningsområden för Vårbytunneln och Skärholmen-Mälarhöjdstunneln*, Stockholm Vatten VA AB / DHI (2008), kap. 6

¹³ Grünfeld (2008, opubl.), kap. 2.1

¹⁴ *Stockholms Sjöar*, Stockholm Vatten AB / DHI 2008, kap. 5.2.4

- Informationen kan vara viktig för andra delar av VA-verksamheten, och risk för kvalitetsförsämring eller dubbelarbete uppstår.

8.5 Byte av referenssystem

Stockholms stadsbyggnadskontor m fl¹⁵ använder från och med februari 2009 nytt geodetiskt referenssystem i plan, SWEREF 99 18 00. Det bör säkerställas att indata finns tillgängligt i det nya systemet samt att resultat levereras i detta system.

Även byte av referenssystem i höjd kan bli aktuellt. Här gäller särskild försiktighet eftersom skillnaden mellan RH00, RH70 och RH2000 är liten vilket innebär att det inte alltid är uppenbart att "fel" system använts. Det kan dock medföra stora fel i resultatet, framför allt om ett system används i höjddata och ett annat för t ex brunnsnivåer.

¹⁵ www.stockholm.se/TrafikStadsplanering/Kartor-och-lantmateri/Byte-av-referenssystem-2009

9 Tillämpning

9.1 Intern tillämpning hos Stockholm Vatten

Syftet med karteringen är i första hand att, som nämnts i kap. 1, att få en uppfattning om föroreningsbelastning i tillrinningen till sjöar, samt beräkna påverkan på Mälarens miljö och var utsläpp förväntas ske.

Detta underlag ger bättre möjligheter att planera åtgärder för att förbättra vattenkvaliteten, exempelvis reningsåtgärder på specifika platser, eller förändringar på Stockholm Vattens befintliga dagvattennät för att leda om dagvattnet till mindre känslig recipient eller via områden med bättre reningspotential.



Figur 9.1.1. Exempel på utsläppspunkt (röd) med tillhörande tillrinningsområde (blått).

En jämförelse mellan figurerna 9.1.1 och 9.1.2 visar att en sådan mindre förändring på ledningsnätet kan ge en stor förändring av storleken på en enskild utsläppspunkts tillrinningsområde.



Figur 9.1.2. Exempel på utsläppspunkt (röd) med tillhörande tillrinningsområde (blått). Notera förändringen på dagvattennätet (grönt) jämfört med figur 9.1.1.

Karteringen kan användas för att spåra punktkällor till föroreningar i vattendrag som inte uppfyller kraven i vattendirektivet. Den kan därför också användas som underlag för att undersöka hur stort reningsbehovet är och utgöra indata till modeller som beräknar effekten av reningsåtgärder.

I vattenförsörjningens intresse kan ett förbättrat underlag användas för att verifiera gränserna för Östra Mälarens sekundära skyddszon, vilken definieras som *landområde inom vilket det sker en direkt avrinning mot Östra Mälaren eller där dagvatten naturligt eller tekniskt (via ledningar) avrinner mot Östra Mälaren*.¹⁶ Inom skyddszonen kan man dessutom fokusera på enskilda bräddpunkter och genomföra relevanta åtgärder inom tillrinningsområdet till respektive bräddpunkt.

För VA-huvudmannen Stockholm Vatten kan underlaget användas för analys av dagvattensystemens funktion, i och med att man lättare kan lokalisera "felanslutna" brunnar och bedöma effekterna av en förändrad anslutning.

¹⁶ www.stockholmvatten.se/Stockholmvatten/Aktuellt/Ostra-Malaren/Skyddszonerna

En genomförd kartering kan utgöra indata till hydrauliska modeller för kapacitetsberäkningar, översvänningsutredningar med mera. Användningsområde kan t ex vara att optimera lokaliseringen av ett dagvattenmagasin.

Där risk för bräddning av spillvatten finns, kan det även undersökas hur detta skulle transporteras vidare i dagvattensystemet och ut i recipient.

9.1.1 Koppling mot GIVAS

Ett enkelt sätt att åskådliggöra resultatet av karteringen är att redovisa både tekniska och naturliga avrinningsområden direkt i GIVAS-systemet med shp-filer (GIS-lager). Arbetsinsatsen för detta består i huvudsak av administration, främst uppladdning och ajourhållning av relevanta filer.

Används EView som "tittskåp" räcker det med utbildning i detta, förmodligen mindre än en halv dag. För analyser kan ArcGIS användas – vilket ställer större krav på egenpersonal. Åtminstone grundkurs i ArcGIS bör vara en förutsättning för att kunna använda resultatet på ett effektivt sätt.

En förutsättning för ovanstående är att resultatet levereras som shp-filer (ArcGIS-format) eller motsvarande, ett krav som de presenterade metoderna uppfyller.

9.2 Övriga förvaltningar

Resultatet av karteringarna bör vara intressant och användbart för Stockholms stads övriga fackförvaltningar. Exempel är miljöförvaltningen, stadsbyggnadskontoret och exploateringskontoret.

I översiktsplanering kan kartunderlaget användas för att få en bättre bild av dagvattensystemen i helhet.

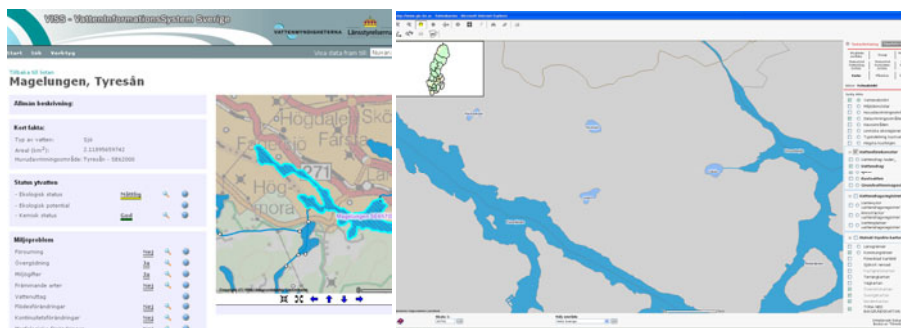
Vid nyexploateringar kan karteringen användas som underlag för att se effekter av omledning av dagvatten. Vad som till synes är mindre åtgärder kan innebära att vattnet leds om till ett annat avrinningsområde, och effekterna kan därför bli påtagliga. Det kan finnas både för- och nackdelar med att följa naturliga vattendelare.

Ur beredskapssynpunkt är resultatet användbart för räddningstjänsten, Storstockholms brandförsvaret, t ex genom att man

vid en utsläppolycka (t ex från en tankbil) har möjlighet att se hur föroreningen transporteras vidare, och med vilken hastighet. Man har därmed bättre förutsättningar att sätta in åtgärder på rätt ställen och på så sätt förhindra eller minska påverkan på recipient. Det krävs dock att informationen är lättåtkomlig och att personal som kan tolka den på rätt sätt finns tillgänglig. Om en olycka sker bör länsstyrelsens tjänsteman i beredskap ha möjlighet att kontakta sådan personal direkt. Det är rimligt att brandförsvaret och miljöförvaltningen samverkar kring dessa frågor.

9.3 Externa intressenter

På nationell nivå finns idag en indelning i naturliga huvudavrinningsområden och delavrinningsområden. Stadens indelning i avrinningsområden kommer att ha bättre upplösning och bättre kvalitet och det finns därför en potential att använda sig av denna även i ett regionalt eller nationellt perspektiv. Intressenter är t ex vattenmyndigheten och SMHI. *Vatteninformationssystem Sverige, VISS*¹⁷, är ett webbaserat system där avrinningsområden eller från avrinningsområden härledd information presenteras. *Vattenkartan*¹⁸ är ett annat. Se figur 9.3.1.



Figur 9.3.1. VISS (till vänster i figuren) och Vattenkartan.

Det bör finnas ett gemensamt intresse med Solna och Sundbybergs kommuner att kartera åtminstone de avrinningsområden som överlappar med dessa kommuner. Laserskanningen täcker hela Solna och Sundbyberg, så att bygga upp en överlappande höjdmödel är tekniskt möjligt.

Även mot andra grannkommuner finns överlappande avrinningsområden. Kommungränsen mot Järfälla delar t ex

¹⁷ www.viss.lst.se

¹⁸ www.gis.lst.se/vattenkartan

avrinningsområdet för Bällstaån. Dock täcker inte laserskanningen Järfälla kommun, så här krävs ett annat angreppssätt. Alternativa leverantörer av laserskannade höjddata finns, t ex Blom Sweden AB som är en kommersiell leverantör. Stockholmsområdet finns redan idag skannat med något lägre upplösning, och det är därför möjligt att införskaffa dessa data med kort leveranstid.

I Sverige är traditionen att ta betalt för geografiska data som producerats inom offentlig verksamhet, så här finns potentiellt affärsmöjligheter för Stockholm Vatten.

10 Dynamik, möjligheter till uppdatering, framtidssäkring

Vid förändringar såsom utbyggnad eller omläggning av dagvattennät, genom förändring av markhöjder, och avsiktligt eller oavsiktligt skapande av barriärer, kan nya vattendelare uppstå och avrinningsområdenas gränser komma att förändras. En genomförd kartering är därför inte en engångsprocess, utan man bör, i likhet med annan geografisk information, se till att resultatet ajourhålls.

Särskilt känsliga för den här typen av förändringar är bl a nyexploaterade områden, omvandlingsområden, och områden med betydande förändringar av infrastruktur. Även delavrinningsområden upp- och nedströms kan komma att påverkas.

Ju högre upplösning, d v s ju mindre avrinningsområden som karterats, desto större är risken för att resultatet blir inaktuellt.

I stort bör resultatet ajourhållas på samma sätt som för annan geografisk information, förslagsvis regelbundet men med en oftare återkommande uppdatering i områden med snabba eller stora förändringar. Då resultatet lagras i GIS-format är det fullt möjligt att göra manuella förändringar av gränser vid t ex en omläggning av ledning. Att hålla datat ständigt aktuellt är dock resurskrävande, så det kan antas att ajourhållningen av avrinningsområdena får en lägre prioritet än exempelvis ledningsdatabasen.

Gör man en förändring av ett område bör man även kontrollera och justera intilliggande område. Eftersom datat lagras i polygonformat, är det områdena i sig (i motsats till områdesgränserna) som lagras som enskilda objekt. Överlappning bör undvikas eftersom det ger en tvetydig bild av avrinningen från en viss punkt i terrängen. Av samma orsak riskerar man att få "luckor" som inte täcks av något område alls.

Det är troligt att höjddata med bättre upplösning och noggrannhet i framtiden kommer att tas fram för hela eller delar av de områden som karteras. Stockholm Vatten bör beakta om dessa skall inkorporeras, och isåfall hur.

11 Genomförande, upphandling m.m.

11.1 Prioritetsordning

För att få en helhetsbild bör karteringen genomföras så den blir heltäckande för Stockholms stad och Huddinge kommun. Av flera skäl, både praktiska och ekonomiska, bör dock vissa områden få högre prioritet än andra.

Högsta prioritet föreslås områden med kombinerat ledningsnät få. Därefter bör områden med duplicerat nät karteras. En positiv bieffekt är att karteringen ökar förståelsen för betydelsen av ytor inom områden som ej är duplicerade fullt ut.

Östbergatunnelns avrinningsområde föreslås få hög prioritet.

Enligt de uppgifter som framkommit finns tidigare karteringar gjorda. Hur dessa används i dag är oklart, vad som är uppenbart är dock att de inte aktivt gjorts tillgängliga för en bredare grupp användare. Dessutom är information om datats ursprung och kvalitet svårtillgänglig.

Som ett första steg bör därför de tidigare gjorda karteringarna inventeras med avseende på täckning, metod/kvalitet och aktualitet. Först därefter bör upphandling av nya karteringar genomföras

11.2 Upphandling

Om arbetet med att ta fram avrinningsområden ska handlas upp, är en grundförutsättning att uppdragstagaren har djupgående kunskaper om hydrologi i urban miljö och GIS-verktyg – Sweco, WSP, DHI m fl har alla mångårig erfarenhet av problemställningar inom dessa områden.

Det är samtidigt en fördel att använda sig av konsulter med tidigare erfarenhet av, och kunskaper om, Stockholm Vattens ledningsnät i aktuella områden. Likaså är lokalkännedom ett plus. Anledningen är att, eftersom man kan förvänta att ledningsdata är bristfälliga på vissa ställen, kommer det troligen kommer att krävas manuell bearbetning av underlaget.

Det kan också vara strategiskt fördelaktigt att sprida uppdraget på flera uppdragstagare. Det ligger, av flera orsaker, i Stockholm Vattens

intresse att upprätthålla kompetensen. När avrinningsområdesgränser behöver uppdateras, är det en fördel om kompetensen redan finns på flera håll, och inte behöver återskapas.

Inbyggda verktyg i ArcGIS Spatial Analyst kan, som Grünfeld visar, användas för den här typen av uppgift. Detta kan till viss del utföras internt inom Stockholm Vatten. Om det är aktuellt att kartera ett större antal avrinningsområden kan skraddarsydda programvaror som MIKE BASIN vara ett bra val ur kostnadseffektivitetssynpunkt och för rationell produktion.

11.3 Kvalitetssäkring

Som en kvalitetskontroll bör ett system för egenkontroll finnas – till exempel en bedömning av några huvudparametrar samt poängsättning av resultatet hos dessa. För att karteringen ska bli konsekvent måste kontrollsystemet användas för alla områden som karteras oberoende av vem som utför karteringen.

De redovisade metoderna har kvalitetskontrollerats för utvalda testområden, men det bör säkerställas att en kontroll sker även när varje nytt avrinningsområde karterats.

Stickprover bör göras för att kontrollera avgörande moment i beräkningskedjan, till exempel:

- hur brytlinjer, i synnerhet vattendelare, behandlas
- hur en förändrad upplösning hos höjdmodellen ger en förändring av aktuella avrinningsområdesgränser (se vidare DHI:s metodutveckling)¹⁹
- att resultatet kontrolleras mot befintliga eller nya flödesmätningar

För några av parametrarna går det att objektivt mäta noggrannheten, t ex genom att jämföra procentuell avvikelse från den beräknade arean av ett avrinningsområde. För andra parametrar blir bedömningen mer subjektiv, t ex efter en skala från ”mycket bra överensstämmelse” (ges förslagsvis värdet 10 poäng) till ”dålig överensstämmelse” (1 poäng).

¹⁹ *Stockholms Sjöar*, Stockholm Vatten AB / DHI 2008, kap. 6

12 Slutsats

En konsekvent kartering av avrinningsområden i hela Stockholms stad och Huddinge skulle komma till stor användning. Redan idag finns mindre karteringar gjorda för enskilda syften (t ex hydrauliska modeller), men det kan antas att dessa inte delas mellan stadens/kommunens verksamhetsområden. Detta leder förmodligen till dubbelarbete med sämre kvalitet.

För Stockholms stad finns högupplöst höjddata och därmed goda möjligheter att genomföra karteringen med bra resultat. I Huddinge saknas sådant underlag, och det bör det därför undersökas huruvida Huddinge kommun har planer på att införskaffa högupplöst höjddata baserat på laserskanning, och vilka möjligheter till samfinansiering som finns.

För att undvika ytterligare dubbelarbete bör framtagandet av avrinningsområden samordnas med VA-verksamhetens förbättring av ledningskartor med avseende på höjdangivelser av brunnsock m.m.

Metoden med MIKE BASIN har visat sig vara användbar för automatiserad kartering. Viss manuell bearbetning kommer att krävas, framför allt i mer komplicerade områden, såsom i innerstaden. I dessa områden är byggnader dominerande och kan ej uteslutas ur höjddata, då viktiga barriäregenskaper skulle gå förlorade. De metoder som Grünfeld (2008) beskrivit kan appliceras, exakt vilka beror på typ av område.

Då det med nuvarande indata inte anses möjligt att skapa avrinningsområden för varje enskild dagvattenbrunn, bör arbetet påbörjas med att identifiera noder av stor betydelse, t ex bräddpunkter/utlopp i sjöar. Karteringen bör därefter ske utifrån dessa punkter.

I idealfallet skulle upplösningen vara densamma för alla områden. En behovsanpassad kartering, där kartering av ytterområdena till största delen sker automatiserat medan fler manuella justeringar efter behov görs i innerstaden, skulle dock medge ett mer effektivt utnyttjande av Stockholm Vattens resurser.

Som ett första steg bör det säkerställas att tidigare genomförda karteringar görs tillgängliga och kommer till användning för en bredare grupp. De bör inventeras med avseende på täckning,

metod/kvalitet och aktualitet. Denna information bör sammanställas i anslutning till datat, exempelvis som metadata.

13 Källor

Grünfeld, Katrin (2008). Stockholms sjöar (arbetsversion, opubl.).
Stockholm: KTH

Blied, Linda (2007), *Osäkerheten i höjddata från laserskanning och effekterna på hydrologisk modellering*. Examensarbete. Stockholm: KTH.

Stockholm Vatten AB / DHI (2008), *Stockholms Sjöar - Delprojekt: Metodik och verktyg för kartering av till- och deltillrinningsområden för Kyrksjön och Råcksta träsk*, Stockholm: DHI

Stockholm Vatten VA AB / DHI (2008), *Kartering av tillrinningsområden för Vårbytunneln och Skärholmen-Mälardödstunneln*, Stockholm: DHI

Stockholm Vatten AB (2009), *Bättre skydd för dricksvattnet i Stockholmsregionen*, informationsbroschyr

Stockholms stad: www.stockholmvatten.se/Stockholmvatten/Aktuellt/Ostra-Malaren/Skyddszonerna
Uppdaterad 2009-04-01.

Stockholms stad: www.stockholm.se/TrafikStadsplanering/Kartor-och-lantmateri/Byte-av-referenssystem-2009
Aktuell 2009-03-24.

Vatteninformationssystem Sverige, VISS: www.viss.lst.se
Aktuell 2009-03-24.

Vattenkartan, Sveriges Länsstyrelser och vattenmyndigheter:
www.gis.lst.se/vattenkartan
Aktuell 2009-03-24.