



UPPSALA
UNIVERSITET

Uptec W 12 032

Examensarbete 30 hp
November 2012

Bestämning av dagvattenflöden i Knivstaåns avrinningsområde

Determination of stormwater flows in the
Knivsta river drainage area

Per Boholm

Referat

Bestämning av dagvattenflöden i Knivstaåns avrinningsområde.

Per Boholm

Syftet med examensarbetet var att kartlägga den hydrauliska belastningen på Knivstaån från dagvattenavrinningen och bygga en grund för fortsatta studier av föroreningsbelastningar på Knivstaåns ekosystem. Nya bostadsområden är planerade att byggas i Knivsta kommun och det kommer att få konsekvenser för dagvattenflödena till Knivstaån. För att undersöka vilka effekter detta kommer att få gjordes simuleringar på området som det ser ut idag och efter utbyggnationer.

Arbetet innefattade att beräkna flödena från de bebyggda områdena men också från avrinningsområdet runt omkring som består av skogsområden och åkrar. Känsligheten för översvämningar är en viktig fråga. På grund av klimatförändringar som kan komma att påverka nederbörds mängder har simuleringarna utförts med olika återkomsttider för nederbördsdata. 1, 2, 10 och 50 års återkomsttider valdes för att få ett resultat som speglar dagens situation men också en eventuell klimatförändring som skulle ge upphov till betydligt större regn.

Simuleringsresultaten visade att dagvattenavrinningen skulle öka med 11 procent om nya bostadsområden byggdes i avrinningsområdet. Återkomsttiderna för regn hade stor betydelse för mängden avrinning. Ett 50 års regn genererade 7,6 gånger så mycket dagvattenavrinning under 1 timme som ett 1-års regn och mängden översvämmat vatten ökade markant då fler och fler ledningar blev översvämmade.

I simuleringarna har det inte tagits någon hänsyn till vatten som redan finns i systemet utan endast det som tillförs genom dagvattenavrinningen. För att kunna få en bättre bild av översvämningens risker och flöden i ledningssystemet krävs kompletterande analyser på flöden och tvärsnittsarea för Knivstaån och tillrinnande diken. En analys av ledningssystemet i detaljplanerna för de nya områdena borde göras när dessa finns att tillgå. Utan detaljplanerna för de nya områdena är det svårt att avgöra hur utbyggnationerna kommer att påverka de ledningar och diken i närheten som vattnet ska passera på väg till recipienten.

Nyckelord: Dagvatten, SWMM, avrinningsområde, AutoCAD, Knivstaån, Översvämningens risker

Abstract

Determination of stormwater flows in the Knivsta river drainage area

Per Boholm

The purpose of the thesis was to map the hydraulic load on the Knivsta river from stormwater runoff, and build a platform for further studies of pollution loads on the rivers ecosystems. New residential areas are planned to be built in Knivsta municipality and it will have an impact on stormwater flows to Knivsta river. To examine the impact this will have, simulations were made in the area as it stands today and after expansion work. The work includes calculation of flows from the populated areas but also from the catchment area around it consisting of woodlands and fields. Because of expected climatic changes which may affect rainfall, the simulations have been performed with different return periods for rainfall data. Return periods of 1, 2, 10 and 50 years were chosen to get a result that reflects the current situation but also a possible climate change that would give rise to much greater rainfall.

Simulation results showed that stormwater runoff would increase by 11 percent if new residential areas were built in the drainage area. Return times of rain had profound implications for the amount of runoff. A 50-year rainfall generated 7.6 times as much stormwater runoff for 1 hour as a 1-year rainfall and the amount of flooded water increased significantly as more and more pipes were flooded.

In the simulations no consideration was taken to water already present in the system, only to water which is supplied through the storm water runoff. To get a better picture of flood risk and flows in the pipe system, additional analyses of flows and cross-sectional area of Knivsta river and flowing ditches are required. An analysis of the pipeline system in the detailed plans for the new areas should be done when these plans are available. Without these detailed plans, it is difficult to determine how the newly built areas will affect the pipes and ditches in the vicinity that the water must pass on the way to the recipient.

Keywords: Stormwater, SWMM, Drainage area, AutoCAD, Knivsta river

Förord

Examensarbetet omfattar 30 högskolepoäng och har utförts åt Knivsta kommun med Åke Sjögren på Roslagsvatten AB som handledare. Patrice Godonou på institutionen för teknikvetenskaper vid Uppsala Universitet har varit ämnesgranskare tillsammans med Ahmadreza Roozbeh från avdelningen för byggt teknik och design på Kungliga tekniska högskolan, KTH.

Jag vill tacka mina ämnesgranskare Patrice Godonou och Ahmadreza Roozbeh för vägledning i AutoCAD samt Kristina Nyström på Knivsta kommun för hjälp att få tag på kartor och litteratur till arbetet.

Uppsala september 2012

Per Boholm

Populärvetenskaplig sammanfattning

Bestämning av dagvattenflöden i Knivstaåns avrinningsområde.

Per Boholm

Knivsta kommun har idag över 14 000 invånare och är en av de kommuner som växer snabbast i Sverige. Läget längs järnvägen mellan Stockholm och Uppsala samt närheten till Arlanda erbjuder stora möjligheter till utveckling. Ett stort behov av nya bostäder finns och Knivsta kommun planerar att bygga nya bostadsområden främst i Knivsta och Alsike. Nya bostadsområden innebär en snabbare dagvattenavrinning från området och därmed ökade flöden och belastning på Knivstaån.

Dagvatten, alltså regnvatten som rinner av marken direkt när det regnar och vidare ner i brunnar och diken, orsakar både översvämningar och föroreningar. Dagvatten innebär enligt definition ytligt avrinnande regnvatten och smältvatten. Det innebär alltså vatten som avrinner från bl.a. bebyggt område, vägar och parkområden mm. Avrinning från bevattning och när du tvättar din bil ingår också fast det inte riktigt framgår av definitionen. När mark bebyggs så förändras dess förmåga att ta upp vatten och naturliga vägar för vattnet att rinna försvinner. Vattnet infiltrerar inte längre ner igenom marken till grundvatten utan rinner direkt ner i diken eller dagvattenbrunnar och vidare ut i åar och sjöar. På vägen tar det med sig föroreningar från parkeringar, vägar, industriområden och åkrar rakt ut i sjöarna där det i sin tur får stora effekter på naturen. Även sättningsskador på byggnader kan uppkomma när grundvattenytan sänks till följd av omledningar av de naturliga vattenvägarna.

Syftet med examensarbetet är att kartlägga den belastning som dagvattenflödena har på Knivstaån och bygga en grund för fortsatta studier av föroreningsbelastningar på dess ekosystem. Det innefattar att beräkna flödena från de bebyggda områdena men också från avrinningsområdet runt omkring som består av skogsområden och åkrar. Förutsättningar för att kunna beräkna hur mycket föroreningar som följer med dagvattnet ut i Knivstaån är ett viktigt steg i att få en överblick av föroreningarnas storlek och utbredning för att se om det är ett problem och kunna åtgärda det. Områden som vägar, gamla industriområden, bostadsområden och åkrar bidrar alla med olika mängd föroreningar till dagvattnet som rinner rakt ut i ån.

Examensarbetet har genomförts med hjälp av litteraturstudier, kartstudier och i samarbete med Knivsta kommun, Roslagsvatten AB och Uppsala Universitet. Litteraturstudierna har berört två områden, dels en genomgång av tidigare uppsatser som berört dagvattenhantering och som använt sig av modelleringsprogrammet SWMM. Studier har också gjorts på dagvattenhantering i allmänhet för att se vilka riktlinjer som gäller i Sverige. I modellering och projekteringsprogrammet AutoCad Civil 3D har kartor över Knivsta och Alsike tätorter samt närliggande område lagts in och bearbetats och avgränsningar för vilka områden som bidrar med dagvatten till Knivstaån har ritats ut. Områdena med de planerade bostadsområdena lades till och en före och efter karta skapades för att kunna jämföra konsekvenser av en utbyggnad. Kartorna överfördes från AutoCad till Storm Water Management Model, SWMM, där simuleringar av dagvattenflöden för olika regnmängder gjordes.

Beräkningarna har utförts med flera olika storlekar på regn för att jämföra hur mycket dagvatten det bildas av ett regn som t.ex. återkommer vart 10 år jämfört med ett som återkommer vart 50 år. Denna kunskap är viktig att ha när man bygger nya områden för

att kunna undvika kraftiga översvämningar i ledningsnätet och Knivstaån. Ett 50 års regn genererade 7.6 gånger så mycket dagvatten som ett 1-års regn. Nu inträffar å andra sidan ett 50 års regn statistiskt sett bara en gång var 50 år. Men med klimatförändringar som sker på jorden så är det ingen omöjlighet att det kan bli betydligt vanligare med dessa stora regn. Det vattenledningssystemet som finns idag inkluderat Knivstaån blev kraftigt översvämmat vid både 10 och 50 års regn på många platser, vilket man kan ha i åtanke när man dimensionerar ledningsnätet för de nya områdena som ska byggas.

Resultaten från det här projektet visar att mängden dagvatten som rann ut i Knivstaån skulle öka med 11 procent om tilltänkta bostadsområden skulle byggas i och runtomkring Knivsta och Alsike tätorter.

I simuleringarna har det inte tagits någon hänsyn till vatten som redan finns i systemet utan endast det som tillförs genom dagvattenavrinningen.

För att få en bättre bild av översvämningsrisker och flöden i ledningssystemet krävs kompletterande analyser på flöden och topografin på Knivstaån och tillrinnande diken. Topografin är viktigt för att kunna göra en ordentlig uppskattning av hur djup och bred ån är på olika platser. Då kan man också beräkna hur mycket vatten den klarar av utan att svämma över. En analys av ledningssystemet i detaljplanerna för de nya områdena borde göras när dessa finns att tillgå. Utan detaljplanerna är det svårt att avgöra hur utbyggnaden av bostadsområden kommer att påverka de ledningar och diken som redan existerar längs vattnets väg ut i Knivstaån.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	1
1.1 Mål	1
1.2 AVGRÄNSNINGAR.....	1
1.3 GENOMFÖRANDE	1
2. DAGVATTEN	2
2.1 ALLMÄNT OM HANTERING AV DAGVATTEN	2
2.2 DAGVATTENHANTERING VID KNIVSTA KOMMUN I DAGSLÄGET	2
3. Teori	3
3.1 Dimensionerad regnintensitet	3
3.2 Infiltrationsmetoder och avrinningskoefficient	5
3.2.1 Hortons ekvation	5
3.2.2 Green-Ampts metod	6
3.2.3 Kurvnummermetoden.....	6
3.3 AVRINNINGSKOEFFICIENTEN	7
3.4 Flöden	8
3.4.1 Stationärt likformigt flöde.....	8
3.4.2 Kinematisk våg.....	8
3.4.3 Dynamisk våg.....	9
4 METOD	9
4.1 OMRÅDESBESKRIVNING	10
4.2 ALLMÄNT OM SWMM	10
4.3 AUTOCAD CIVIL 3D	12
4.4 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR DIMENSIONERING OCH SIMULERINGAR... 13	
4.3.1 Avrinningsområden.....	16
4.3.2 Ledningar	17
4.3.3 Knutpunkter och utlopp.....	17
4.3.4 Nederbörd.....	18
4.3.5 Infiltration.....	18
7. RESULTAT	18
7.1 ALLMÄNT	18
7.2 ÅTERKOMSTTID 1 ÅR.....	19
7.3 ÅTERKOMSTTID 2 ÅR.....	19

7.3 ÅTERKOMSTTID 10 ÅR.....	20
7.4 ÅTERKOMSTTID 50 ÅR.....	21
7.5 ANALYS	21
7.5.1 Avrinning, översvämmad volym och flöde vid utlopp	21
7.5.2 Känslighetsanalys.....	23
8. SLUTSATSER OCH DISKUSSIONER.....	24
8.1 REKOMENDATIONER TILL KNIVSTA KOMMUN	25
8.2 FORTSATTA STUDIER	25
9. REFERENSER	27
Bilaga 1: Ordförklaringar	28
Bilaga 2 avrinningsområden före utbyggnad	29
Bilaga 3: Ledningar och knutpunkter före utbyggnad.....	31
Bilaga 4: Avrinningsområden efter utbyggnad	33
Bilaga 6 Indata för avrinningsområden före utbyggnad.....	37
Bilaga 7 Indata för Avrinningsområden efter utbyggnad.....	39
Bilaga 8 Indata för ledningar före utbyggnad.....	41
Bilaga 9 Indata för ledningar efter utbyggnad.....	43
Bilaga 10 Indata för knutpunkter före utbyggnad	45
Bilaga 11 Indata för knutpunkter efter utbyggnad.....	47
Bilaga 12 Resultat före utbyggnad med återkomsttid 1 år	49
Bilaga 13 Resultat efter utbyggnad med återkomsttid 1 år	56

1. INLEDNING

Knivsta kommun har idag över 14 000 invånare och är en av de kommuner som växer snabbast i Sverige. Läget längs järnvägen mellan Stockholm och Uppsala samt närheten till Arlanda erbjuder stora möjligheter till utveckling (Knivsta kommuns hemsida, 2012). Ett stort behov av nya bostäder finns och Knivsta kommun planerar att bygga nya bostadsområden främst i och runt Knivsta och Alsike tätorter. Nya bostadsområden innebär en större dagvattenavrinning från området och därmed ökad belastning på recipienten. Knivsta kommun vill veta hur mycket flödena kommer att öka om de planerade områdena byggs ut. Det är nödvändigt för att få ett underlag att kunna bedöma och kontrollera att det befintliga dagvattensystemet och Knivstaån klarar de framtida flödena. Största delen av Knivsta och Alsike tätorter avrinner mot Knivstaån och resterande till Valloxen inklusive Brunnbyån och till Branthammarsån. Förutsättningar för att kunna beräkna hur mycket föroreningar som följer med dagvattnet ut i Knivstaån är ett viktigt steg i att få en överblick av föroreningarnas storlek och utbredning. Det är först då man kan bedöma om det finns ett problem och åtgärda det. Områden som vägar, gamla industriområden, bostadsområden och åkrar bidrar alla med olika mängd föroreningar till dagvattnet som rinner rakt ut i ån.

1.1 Mål

Syftet med examensarbetet var att beräkna dagvattenavrinningen i Knivstaåns avrinningsområde vid olika dimensionerande nederbörd. Hur dagvattenflödena kommer påverkas av planerade utbyggnader i avrinningsområdet samt beräkna belastningen på ledningsnätet.

Specifika mål:

- Ta fram kartor i AutoCAD över området
- Upprätta modell för simulering av dagvatten
- Undersöka påverkan från nyutbyggnad
- översvämningssreaktioner

1.2 AVGRÄNSNINGAR

Examensarbetet omfattar endast de område som avrinner mot Knivstaån. Det innefattar bebyggda områden omkring och i Knivsta och Alsike tätorter samt skogsområden och åkrar runt omkring. Bredd, djup och flöden i Knivstaån och tillrinnande diken har uppskattats med hjälp av kartor och observationer på plats då tillgång på data saknas. Trunsträsk som ligger mellan Knivsta och Alsike har vid simuleringarna förenklats till ett dike beroende på att det saknas undersökningar på vilken inverkan det har på avrinningen i området. Den översvämmande volymen i diken och ledningar är inte helt exakt beroende på att området är stort och exakta mått på bl.a. dikenas bredd och djup inte finns att använda. Därför undersöktes det i projektet mer tendenser på var i avrinningsområdet de största riskerna för översvämningar finns.

1.3 GENOMFÖRANDE

Examensarbetet har genomförts i samarbete med Knivsta kommun, Roslagsvatten AB och Uppsala universitet. Utifrån litteraturstudier som främst berört en genomgång av tidigare uppsatser som behandlat dagvattenhantering och modelleringsprogrammet SWMM. Studier har också gjorts på dagvattenhantering i allmänhet för att se vilka riktlinjer som gäller i Sverige (Svenskt vatten, 2004).

I dataprogrammet AutoCAD Civil 3D har höjdkurvor, vattenledningssystem och detaljerade kartor över Knivsta och Alsike tätorter samt närliggande områden lagts in för bearbetning. De nya bostadsområdena som är tänkta att byggas har ritats in och delavrinningsområden har avgränsats. När kartorna är färdiga överförs de från AutoCAD till modelleringsprogrammet SWMM där de dimensioneras in för att stämma överens med verkligheten. Ett problem med SWMM är att det bara kan använda kartorna som en bakomliggande bild så kartorna måste ritas av i programmet. När det är gjort och data för avrinningskoefficienter, lutningar o.s.v. är inlagda så kan simuleringar köras för olika återkomsttider av regn.

Avslutningsvis har en diskussion förts om hur dagvattensituationen ser ut i Knivstaåns avrinningsområde och hur den kan komma att förändras av eventuella utbyggnader.

2. DAGVATTEN

2.1 ALLMÄNT OM HANTERING AV DAGVATTEN

Dagvatten innebär enligt definition ytligt avrinnande regnvatten och smältvatten (Svenskt vatten, 2004). Det innebär alltså vatten som avrinner från bl.a. bebyggt område, vägar och parkområden. Avrinning från bevattning eller vid tvättning av bilen ingår också fast det inte riktigt framgår av definitionen. När mark bebyggs ändras dess naturliga infiltrationsegenskaper och avrinningsvägar. Vattnet infiltrerar inte längre ner till grundvatten utan rinner direkt ner i diken eller dagvattenbrunnar. På vägen tar det med sig föroreningar från parkeringar, vägar, industriområden och åkrar rakt ut i sjöar och åar där det får stora effekter på naturen. Men det är inte bara naturen som tar skada. Sättningskador på byggnader kan uppkomma när grundvattenytan sänks till följd av omledningar av de naturliga vattenvägarna. (Knivsta kommun, 2011)

1976 släpptes publikation VAV P28 som sedan dess har använts av både kommuner, konsultföretag och som undervisningsmaterial vid olika lärosäten. Publikationen innehåller anvisningar för beräkning av allmänna avloppsledningar. Sedan dess har utvecklingen gått framåt och det är främst på två fronter som det har skett stora förändringar. Datorer och beräkningsmodeller kom som kan analysera stora mängder data och köra simuleringar som förr var väldigt tidskrävande. Arbetet underlättades betydligt och tidigare modelleringar med korta modellregn kunde ersättas med långa verkliga regnserier som gav en mycket bättre bild av verkligheten. Man har också insett vikten av lokalt omhändertagande av dagvatten, LOD. När dagvattnet tas omhand i det området där det bildas så minskar eller upphör helt behovet av att leda bort dagvattnet. Det kan uppnås genom antingen infiltration, perkolation eller utjämning/fördröjning av dagvattnet. I många fall är LOD en billig lösning som dessutom kan tillföra både ekologiska och upplevelsemässiga kvaliteter (Svenskt vatten, 2004).

2.2 DAGVATTENHANTERING VID KNIVSTA KOMMUN I DAGSLÄGET

Dagvatten har tidigare kommit i skymundan av avloppsvattnet och inte riktigt tagits på allvar som en föroreningstransportör. Man har dock på senare år börjat inse att dagvatten också kan innehålla stora mängder föroreningar.

I kommunens mål för dagvattenhantering anges att dagvatten i största möjliga mån ska omhändertas lokalt. En stor del av dagvattnet från Knivsta och Alsike leds idag iväg, främst till Knivstaån men även till Valloxen. I kommunens fördjupade översiktsplan (Knivsta kommun, 2011) tas dagvattenfrågan upp och vilka riktlinjer som ska gälla i

dagvattenfrågan. I korthet så vill man att det ska finnas personer med miljökompetens med redan i första stadiet av planeringarna av nya områden för t.ex. bostäder. Man vill att dagvattnet bör ses som en resurs i stället för ett problem som måste tas om hand samt låta markens naturliga form och egenskaper bestämma för att motverka skador på trädbestånd och fastigheter. Vid utbyggnader ska LOD eftersträvas med hjälp av våtmarker, fördröjningsmagasin, lokal infiltration mm. Man ska försöka minimera avrinningen så mycket som möjligt genom att minska andelen ytor med hög avrinningskoefficient och använda sig av tak som kan fånga upp och lagra vatten. För att minska halterna av bl.a. tungmetaller i dagvattnet ska miljöanpassade byggmaterial användas.

3. Teori

Vid beräkningar av dagvattenflöden är det tre nyckelprocesser som beräknas, nederbördens intensitet, nederbördens infiltration och flödet i ledningsnätet.

3.1 Dimensionerad regnintensitet

De största städerna i Sverige och vissa mindre orter har egna nederbördsserier som har utvärderats med avseende på dimensionerande regnintensitet. För de städer som saknar detta har SMHI samlat in nederbördsobservationer som visar dygnsnederbörd för hela Sverige. Ur detta har man funnit ett samband mellan dygnsnederbörd och nederbördsintensiteter med varaktighet kortare än ett dygn som (ekvation 9). (Svenskt Vatten, 2004)

$$i(t_r) = k \times t_r^m \quad [9]$$

där

$i(t_r)$ = regnintensitet [l/s · ha]

t_r = regnets varaktighet [h]

k, m = konstanter

En variabel Z infördes som varierar beroende på medelnederbörden under sommarmånaderna på en viss plats i Sverige. Sambandet som visas i ekvation 10 kunde tas fram och sedan förenklas till ekvation 11.

$$i(t_r, Z) = 2,78 \cdot (a + Z \cdot b) \cdot \left[1 + 0,1 \cdot \frac{(t_r - 0,167)}{(t_r - 0,157)} \right] t_r^{-0,72} \quad [10]$$

$$i(t_r, Z) = 2,78 \cdot (a + Z \cdot b) \cdot c \quad [11]$$

där

$i(t_r, Z)$ = regnintensitet för valfri ort i Sverige [l/s · ha]

Z = regional parameter, tas från figur 3

t_r = regnets varaktighet [h]

a, b, c = parametrar som ges av tabell 2 och 3 för vanliga typfall

$$a = 1,7 \cdot T^{0,47} - T^{-1} \quad [12]$$

$$b = 0,32 - 0,72 \cdot (T+3)^{-1} \quad [13]$$

$$c = \left[1 + 0,1 \cdot \frac{(t_r - 0,167)}{(t_r - 0,157)} \right] t_r^{-0,72}$$

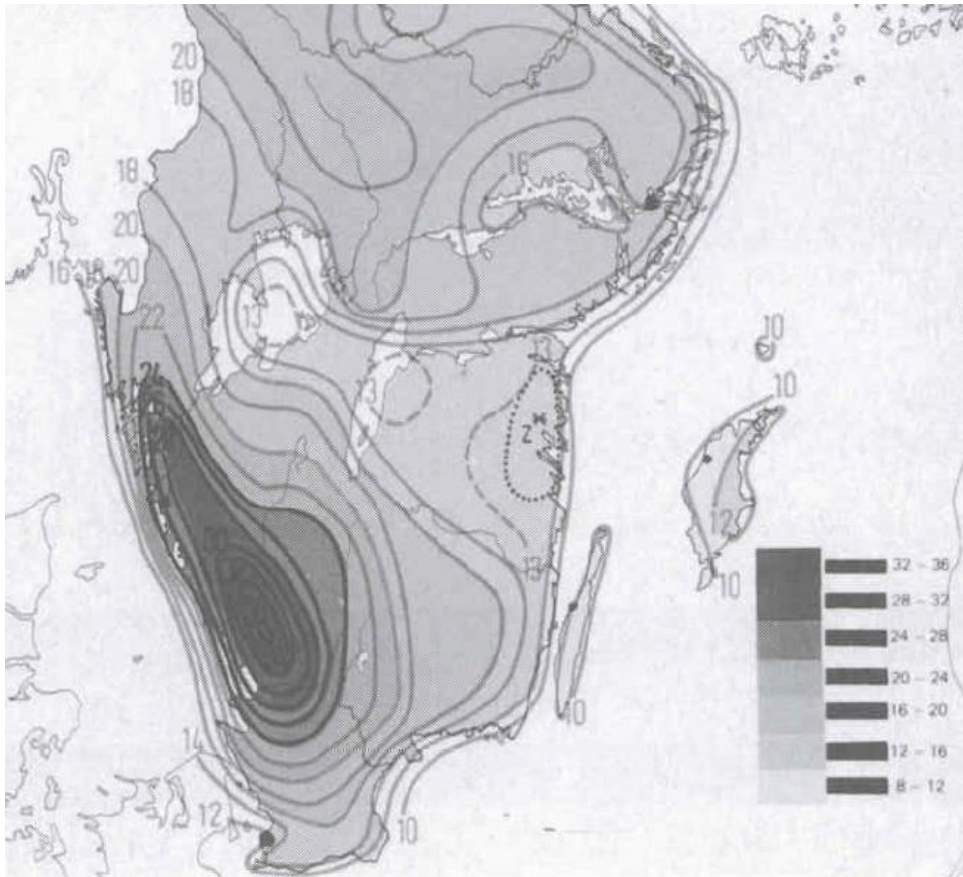
T = återkomsttid i månader

Tabell 2 Parametrarna a och b för olika återkomsttider vid beräkning av dimensionerade regnintensitet (Svenskt Vatten, 2004)

Återkomst tid, T [månader]	Återkomst tid, T [år]	Konstanter	
		a	b
12	1	5,38	0,272
24	2	7,53	0,293
60	5	11,63	0,309
120	10	16,12	0,314

Tabell 3 Parametern c för olika regnvaraktigheter (Svenskt Vatten, 2004)

t_r [min]	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
c	3,62	2,96	2,41	2,06	1,81	1,62	1,47	1,35	1,25	1,17	1,10
t_r [h]	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
c	1,10	0,821	0,667	0,499	0,405	0,303	0,246	0,184	0,149	0,127	0,112



Figur 3 Karta över Sverige med Z-värden (Svenskt Vatten, 2004)

3.2 Infiltrationsmetoder och avrinningskoefficient

SWMM har tre metoder att välja emellan för att beräkna hur stor del av nederbörden som kommer att infiltrera ner i marken. Metoderna är Hortons ekvation, Green-Ampts metod och Kurvnummer metoden.

3.2.1 Hortons ekvation

Ekvation 2 bygger på empiriska observationer som visar att infiltrationen är som störst i början av ett långt regn och därefter minskar exponentiellt till ett minsta värde nåtts och stannar sedan där. Inparametrar för den här metoden är en koefficient som beskriver hur snabbt infiltrationen minskar och en som beskriver hur lång tid det tar för en mättad jord att torka helt (Rossman, 2010).

Infiltrationskapaciteten $f(t)$ vid tidpunkt t beräknas som

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad [\text{mm/h}] \quad [2]$$

där

f_0 = initial infiltrationskapacitet [mm/h]

f_c = infiltrationskapacitet vid jämvikt [mm/h]

k = konstant specifik för jorden, visar med vilken hastighet infiltrationen minskar över tiden.

3.2.2 Green-Ampts metod

Metoden (enligt ekvation 3) utgår ifrån att det finns en gräns i marken som avskiljer ett övre lager som är mättat på nederbörd och ett undre lager med en grundfuktighet. parametrarna som behövs är jordens grundfuktighet, hydrauliska konduktivitet och undertrycket vid skiktgränsen (Rossman, 2010).

Infiltrationskapaciteten f beräknas som

$$f = K \left(\frac{\psi \Delta \theta}{F(t)} + 1 \right) \quad [\text{cm/h}] \quad [3]$$

där

K = hydrarulisk konduktivitet [cm/h]

ψ = bindningstryck [cm]

$\Delta \theta$ = skillnad i vattenhalt [-]

$F(t)$ = Total infiltrerad volym [cm]

3.2.3 Kurvnummermetoden

Metoden utgår ifrån att en marks totala infiltrations kapacitet beror på markens tabellförda kurvnummer. Infiltrationskapaciteten beror på den ökande nederbörden under ett regn och den kvarvarande infiltrationskapaciteten. De parametrar som behövs i metoden är kurvnummer och tiden det tar för en mättad jord att torka helt (Rossman, 2010). Ekvation 4 (USDA, 1986) används för att uppskatta avrinningen med kurvmetoden.

Avrinningen Q beräknas som

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad [\text{mm}] \quad [4]$$

där

P = nederbörd [mm]

S = potentiell maximal retention efter att avrinningen startat [mm]

I_a = initiala förlusterna [mm], nederbörd som t.ex. infiltrerar direkt eller fastnar på växter och inte bidrar till ytavrinningen.

De initiala förlusterna sätts vanligen till $I_a = 0,2S$. Den potentiella maximala retentionen, S , baseras på jordart, landanvändning/vegetationstyp och ges av ekvation 5 (USDA, 1986).

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad [5]$$

där

CN = kurvnumret

3.3 AVRINNINGSKOEFFICIENTEN

Avrinningskoefficienten berättar hur stor andel av nederbörden som bildar avrinning. Avdunstning, infiltration, absorption av växter eller upptag i markens ojämnheter är saker som gör att bara en del av den nederbörd som kommer ner avrinner. Beroende på marktyp och markanvändning så varierar koefficienten. Även markens lutning och regnintensitet påverkar på så sätt att ju större värden de intar desto större blir avrinningskoefficienten. Om avrinningsområdet består av flera delområden med olika sorters ytor kan ett medelvärde av avrinningskoefficienterna räknas fram med ekvation 14. (Svenskt vatten, 2004)

$$\varphi = \frac{A_1 \times \varphi_1 + A_2 \times \varphi_2 + \dots + A_n \times \varphi_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad [14]$$

där

A_i = areal

φ_i = avrinningskoefficient

Svenskt vatten har i sin publikation P90 tagit fram avrinningskoefficienter (tabell 4) för olika sorters ytor som är vanligt förekommande.

Tabell 4 Avrinningskoefficienter för olika typer av ytor. (Svenskt Vatten, 2004)

Typ av yta	Avrinningskoefficient
Tak	0,9
Betong- och asfaltyta, 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 m.m.	0-0,1
Flack tätbevuxen skogsmark	0-0,1

En tabell (tabell 5) med sammanslagna avrinningskoefficienter för bebyggelse har också tagits fram.

Tabell 5 Sammanvägda avrinningskoefficienter för olika slag av bebyggelse. (Svenskt Vatten, 2004)

Bebyggelsetyp	Avrinningskoefficient
---------------	-----------------------

	Flackt	Kuperat
Slutet byggnadssätt, ingen vegetation	0,70	0,90
Slutet byggnadssätt med planterade gårdar, industri- och skolområden	0,50	0,70
Öppet byggnadssätt (flerfamiljshus)	0,40	0,60
Radhus, kedjehus	0,40	0,60
Villor, tomter < 1000 m ²	0,25	0,35
Villor, tomter > 1000 m ²	0,15	0,25

När man dimensionerar nya vattenledningsnät finns det funktionskrav på vilka återkomsttider av regn som olika områden ska klara av. Olika typer av områden har olika funktionskrav när man dimensionerar för översvämningar. Krav på återkomsttider av regn som olika områden ska klara av finns i tabell 1.

Tabell 1 Återkomsttider för regn vid dimensionering av dagvattensystem (Svenskt vatten, 2004)

Typ av område	Dimensionering för fylld dagvattenledning
Ej instängt* område utanför citybebyggelse	1 år
Ej instängt* område inom Citybebyggelse	2 år
Instängt område utanför Citybebyggelse	5 år
Instängt område inom Citybebyggelse	10 år

* Med ej instängt område avses ett område varifrån dagvatten ytledes kan avledas med självfall.

3.4 Flöden

SWMM använder sig av tre olika metoder för att mäta flöden i ledningssystemet. Dynamisk våg, kinematisk våg och stationärt likformigt flöde. Alla tre metoderna bygger på Mannings ekvation (ekvation 6) som kombinerar flödet, djupet och lutningen. (Rossman, 2010)

3.4.1 Stationärt likformigt flöde

Det här är den enklaste metoden för att beräkna flöden. Man utgår ifrån att flödet vid varje beräkningstidpunkt är likformigt och stationärt. Metoden klarar inte av flödes- och areaförändringar, omvänt flöde, trycksatt flöde, inlopp/utloppsförluster eller bakvatteneffekter. Därför är metoden bara lämplig att använda om man vill ha en preliminär analys av långvariga kontinuerliga simuleringar. (Rossman, 2008)

3.4.2 Kinematisk våg

För att denna flödes ekvation ska kunna användas gäller det att lutningen på vattenytan är lika med lutningen på ledningen. Metoden klarar av både flödes- och areaförändringar. Däremot klarar den inte av omvänt flöde, trycksatt flöde, inlopp/utloppsförluster eller bakvatteneffekter. Metoden lämpar sig för långtids simuleringar då den klarar relativt långa tidssteg på 5 till 15 min och ändå håller sig numeriskt stabil (Rossman, 2008).

3.4.3 Dynamisk våg

Det här är den metoden som teoretiskt sett resulterar i de bästa resultaten. Dynamisk vågmetoden har det bredaste användningsområdet och kan användas på de flesta olika vattenledningsnätverk där de andra metoderna kanske inte räcker till. Kostnaden för detta är att det i simuleringarna krävs tidssteg på en minut eller mindre så varje simulering tar betydligt längre tid att göra än med de andra metoderna. (Rossman, 2010)

Mannings ekvation (Rossman, 2010):

$$Q = A \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad [6]$$

där

Q är flödet [m^3/s], A är arean [m^2], R är hydrauliska radien [m] och S är bottenlutningen [-].

Mannings n (ekvation 8) fås genom att kombinera Mannings ekvation med Darcy-Weisbach formula (ekvation 7).

Darcy-Weisbach formula (Rossman, 2010):

$$Q = \sqrt{\frac{8g}{f}} AR^{1/2} S^{1/2} \quad [7]$$

$$n = \sqrt{\frac{f}{8g}} R^{1/6} \quad [8]$$

där

Mannings n [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$], f är Darcy-Weisbach friktions faktor [-] som beror på materialets friktion och g är tyngdaccelerationen [m^2/s].

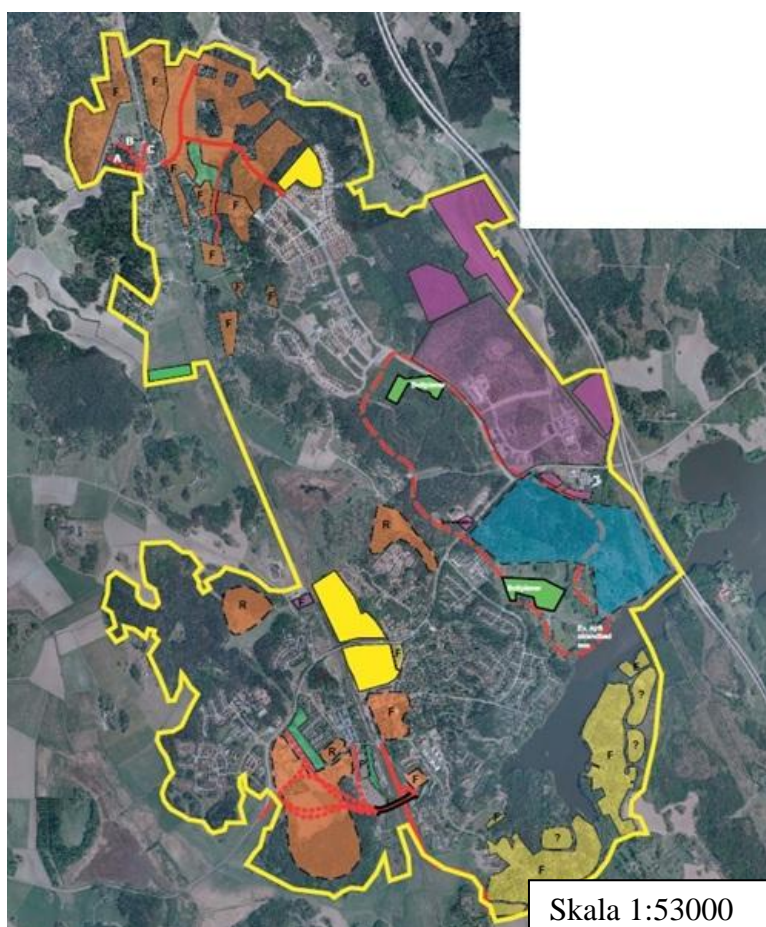
4 METOD

I det här projektet används modelleringsprogrammet SWMM. Programmet lämpar sig bra för både flödesberäkningar och föroreningssimuleringar. En mer detaljerad beskrivning av programmet och teorin bakom det gess i avsnitt 4.2. En beskrivning av in parametrar för beräkning av dagvattenflöden i allmänhet tas upp då dessa är desamma vare sig du använder ett modelleringsprogram eller gör beräkningarna för hand. För att konstruera kartor och dagvattenledningsnät som ska användas i SWMM används kartprogrammet AutoCAD Civil 3D. I avsnitt 4.3 finns en kort sammanfattning av programmet.

4.1 OMRÅDESBESKRIVNING

Genom Knivsta kommun rinner Knivstaån som innefattar tätorterna Knivsta och Alsike i sitt avrinningsområde. Landskapet är till största del flackt med undantag från några få kullar. Marken består av lera och silt som bildades i spåren av den senaste istiden för 10 000 år sedan (Ekologigruppen AB, 2011).

De nya bostadsområdena som skall byggas kommer främst att ligga sydväst om Knivsta tätort och norr om Alsike (figur 4). Områdena består idag mestadels av skog och åkermark men också av en del gammal bebyggelse. Den nya bebyggelsen kommer att bestå av olika typer av bostadsområden. Efter diskussion med Kristina Nyström på Knivsta kommun (Nyström, 2012) ansågs en representativ typ av de nya områdena motsvara "ett slutet byggnadssätt med trädgårdar" (Svenskt vatten, 2004)

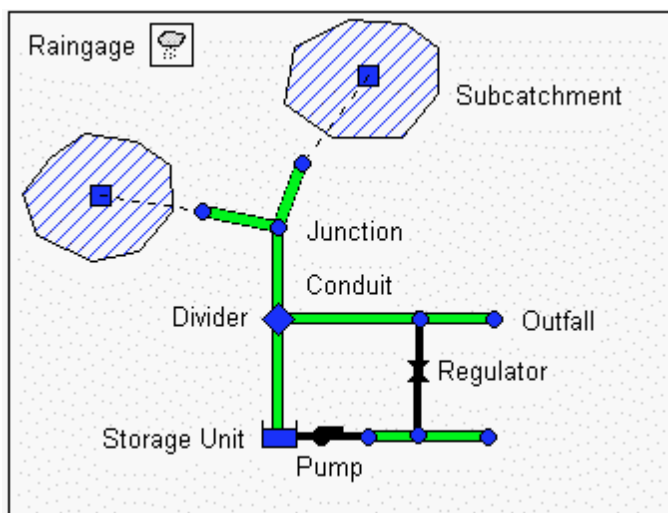


Figur 4 Nya bostadsområden i Knivsta kommun markerade med brun färg

4.2 ALLMÄNT OM SWMM

Den första versionen av Storm Water Management Model, SWMM togs fram 1971 av U.S. Environmental Protection Agency's National Risk Management Research Laboratory. Sedan dess har det kommit flera nya versioner och den senaste är SWMM 5.0. Programmet är främst till för att simulera dynamisk regnavrinning i urbaniserade områden och mäta flödenas storlek och föroreningshalt. Området som ska undersökas delas in i delavrinningsområden beroende på marktyp och markanvändning (se figur 1). Varje område får en angiven mängd nederbörd och genererar avrinningsflöden med föroreningshalter. Områdena kopplas samman med ledningsnät, kanaler, dammar, pumpar och regulatorer som transporterar vattnet till slutdestinationen där den totala avrinningen beräknas. Under transporten mäts flödeshastighet, djup och vattenkvalitet i

varje ledning för att se om det uppstår problem i ledningsnätet och var (Rossman, 2010).



Figur 1 Exempel på delavrinningsområden med ledningsnät (Rossman, 2010)

SWMM kan simulera en mängd olika hydrologiska processer bl.a:

- Tidsvarierande regn
- Infiltration av regn i omättad mark
- Interception av regn
- Icke linjär ytavrinning
- Mängden föroreningar som följer med vid regn från olika sorters markanvändningsområden
- Mängden föroreningar som regnet bidrar med

Det vanligaste användningsområdet för SWMM gäller när man vill:

- Kontrollera storlek vid design av avloppssystem så inte fel dimensioneringar uppstår.
- Kontrollera storlek och utformning av uppehållsanläggningar som ska kontrollera vattenflöden och vatten kvalitet.
- Kartlägga översvämningrisker för områden med naturliga vattensystem
- Designa kontrollsystem för att minimera risken för översvämningar i kombinerade ledningar
- Utvärdera vilka effekterna blir vid översvämningar i avloppsledningar
- Utvärdera effektiviteten hos de vanligaste metoderna för att minska utsläppen vid regnväder

Varje delavrinningsområde i SWMM betraktas som en icke linjär reservoar där flödet kan beskrivas av ekvation 1 (de Zeeuw, 1973). Inflödet kommer från nederbörd och delavrinningsområden uppströms. Det finns flera utflöden där infiltration, avdunstning och ytavrinning inkluderas (figur 2). Infiltrationen beräknas utifrån vilken infiltrationsmetod som valts av användaren (Rossman, 2010).

$$dM/dt = P - E - I - R$$

[1]

där

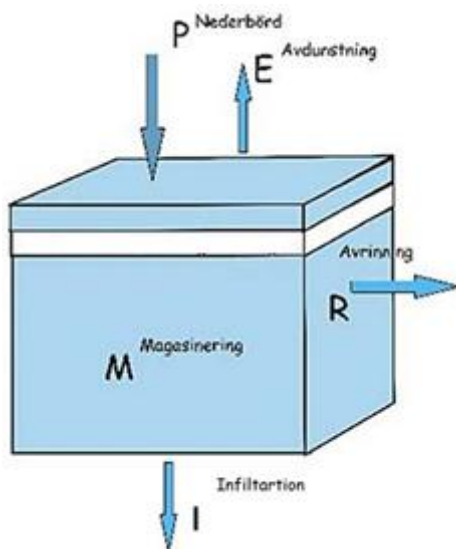
dM/dt = Magasinering [m^3/s],

R = avrinningen [m^3/s].

E = avdunstning [m^3/s]

P = nederbörd [m^3/s]

I = infiltration [m^3/s]



Figur 2 Avrinningsmodell som används i SWMM

4.3 AUTOCAD CIVIL 3D

CAD är en förkortning av Computer Aided Design och är ett program som används för att producera ritningar och design i 2D och 3D. 1982 släppte företaget Autodesk sin första version av AutoCAD som har blivit företagets paradprodukt. Autodesk är idag världsledande inom 3D lösningar för industriell design och tillverkning, arkitektur, tekniska ritningar och konstruktion. AutoCAD Civil 3D är ett program för byggnadsinformationsmodellering (BIM) inom mark-, väg- och VA-planering. Civil 3D är särskilt framtaget för ingenjörer som arbetar med transport-, mark- och vattenplanering. Några viktiga funktioner och verktyg i programmet är listade nedan:

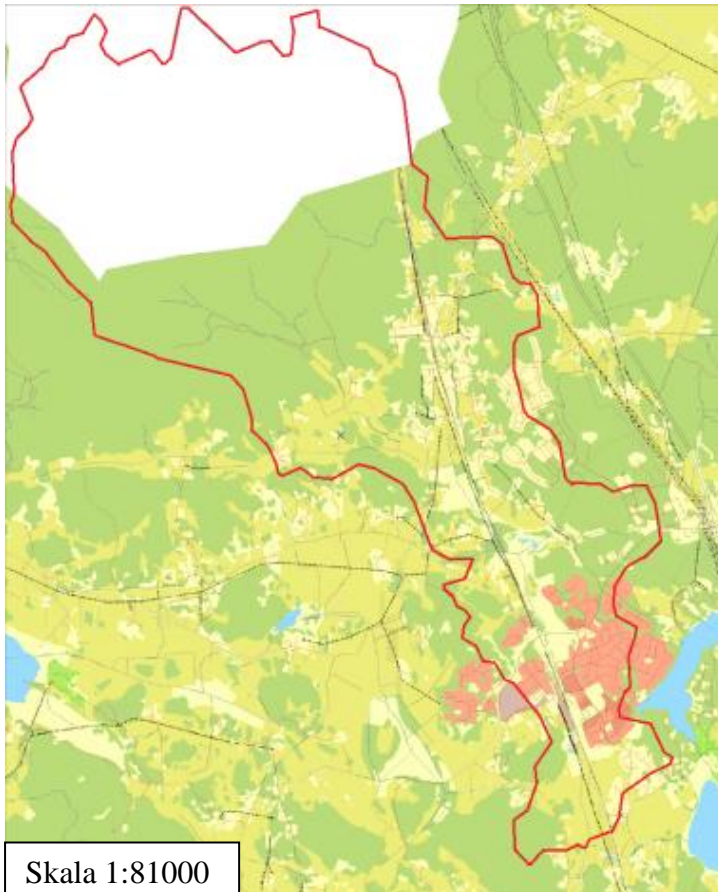
- Modelleringsverktyg: Utforma korsningar, rondeller, vägar, fastigheter, VA-ledningar och släntobjekt med ändamålsenliga verktyg och anpassningsbara ritningsstandarder.
- Tillgång till och användning av kartdata, inklusive LIDAR-data.
- Utför analyser som används som underlag för att utvärdera befintliga förhållanden.

- Utför analyser av VA- och dräneringsledningar.

(Autodesk, 2012)

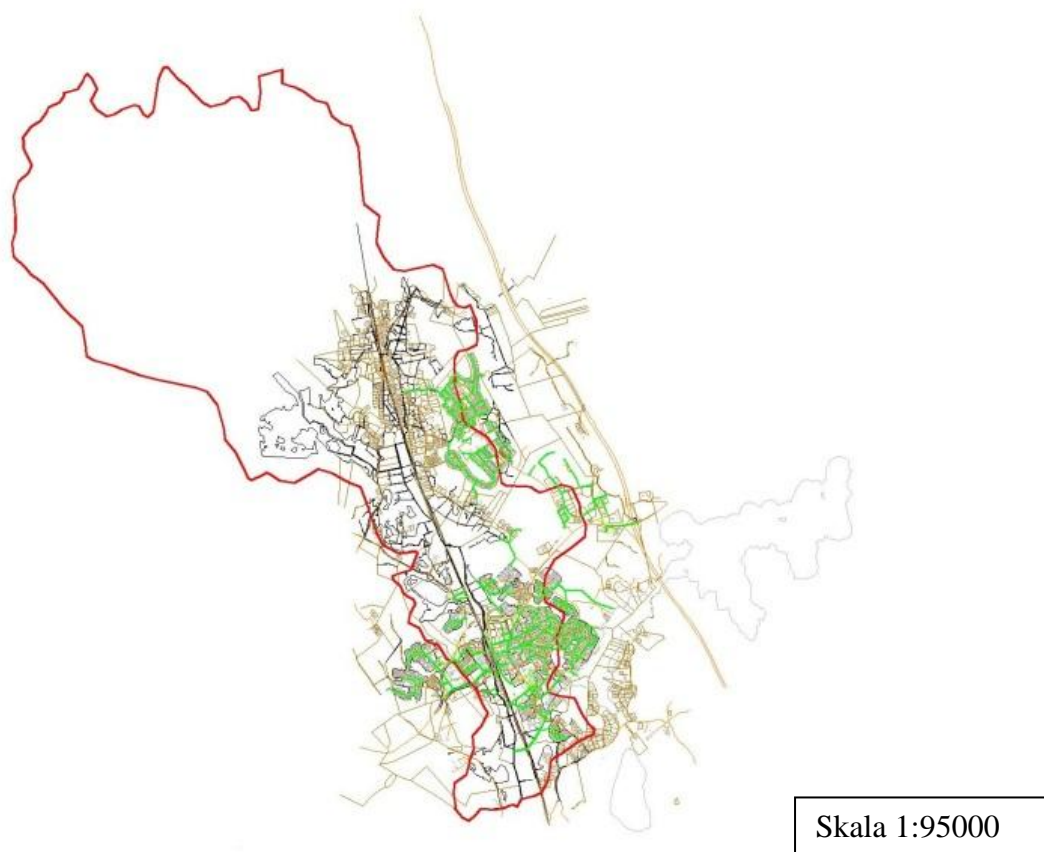
4.4 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR DIMENSIONERING OCH SIMULERINGAR

Från Roslagsvatten AB erhöles en karta över Knivstaåns naturliga avrinningsområde (figur 5). Kartan som är framtagen från tidigare studier fick fungera som en utgångspunkt i arbetet att bestämma avrinningsområdet för dagvattenavrinningen. Exploateringar som gjorts under åren har förändrat de naturliga vattenvägarna och kommande utbyggnationer kommer att fortsätta förändringen. Därför är det av stor vikt att uppdatera gränserna till dagens förhållanden.



Figur 5 Knivstaåns naturliga avrinningsområde

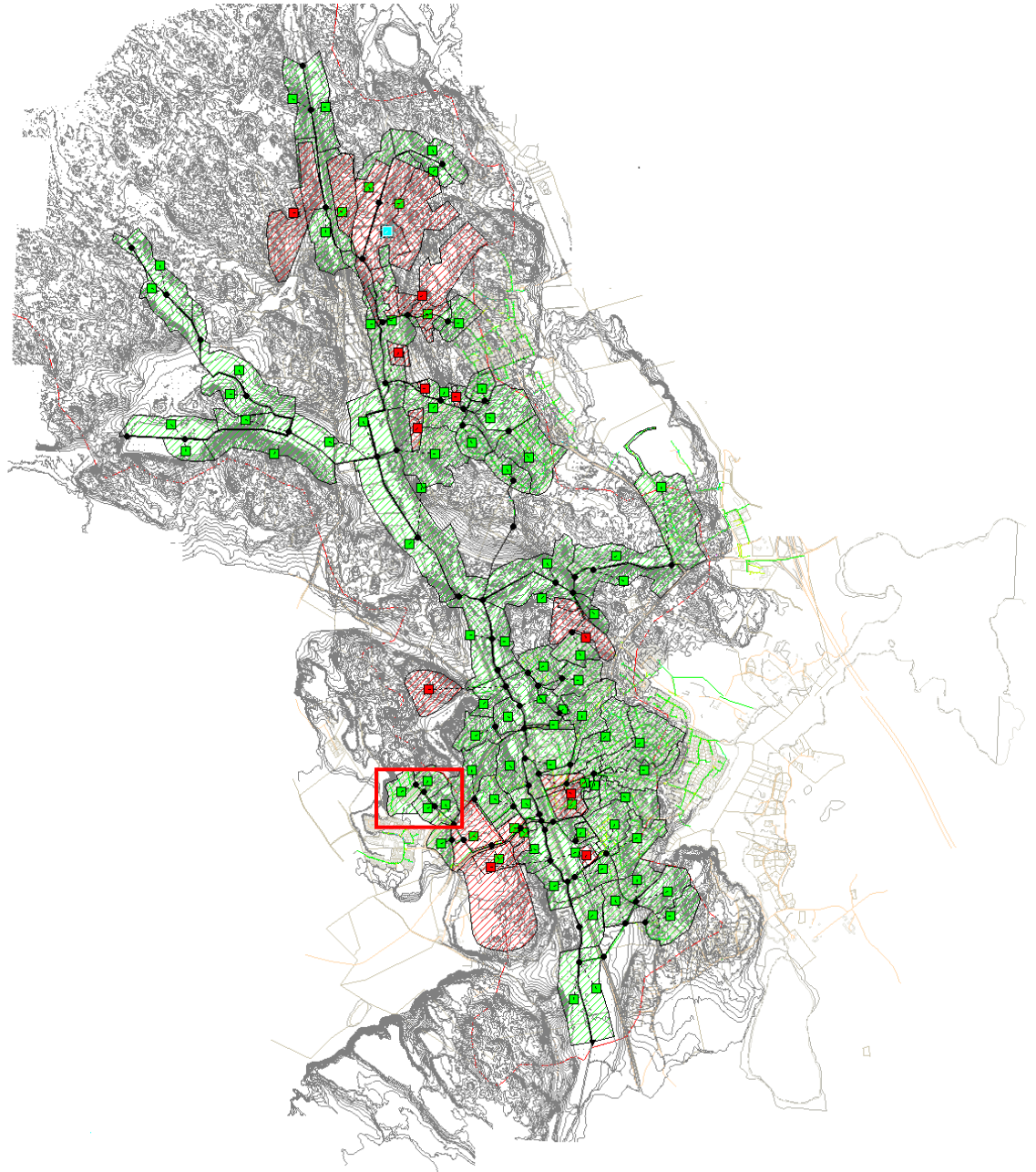
Det naturliga avrinningsområdet har framförallt påverkats av byggandet av bostadshus, industrier, vägar och dagvattenledningar. Marken jämnas ut och naturliga flödesvägar tas bort och ersätts med ledningar. Figur 6 visar en karta över dagvattenledningssystemet och dess utbredning i området. Ledningssystemet är hämtat från Roslagsvatten AB. Ledningar som är utritade är endast ledningar av plast, betong eller metall så diken som transporterar dagvattnet är alltså inte utritade.



Figur 6 Dagvattenledningsnätets utbredning markerat med grönt

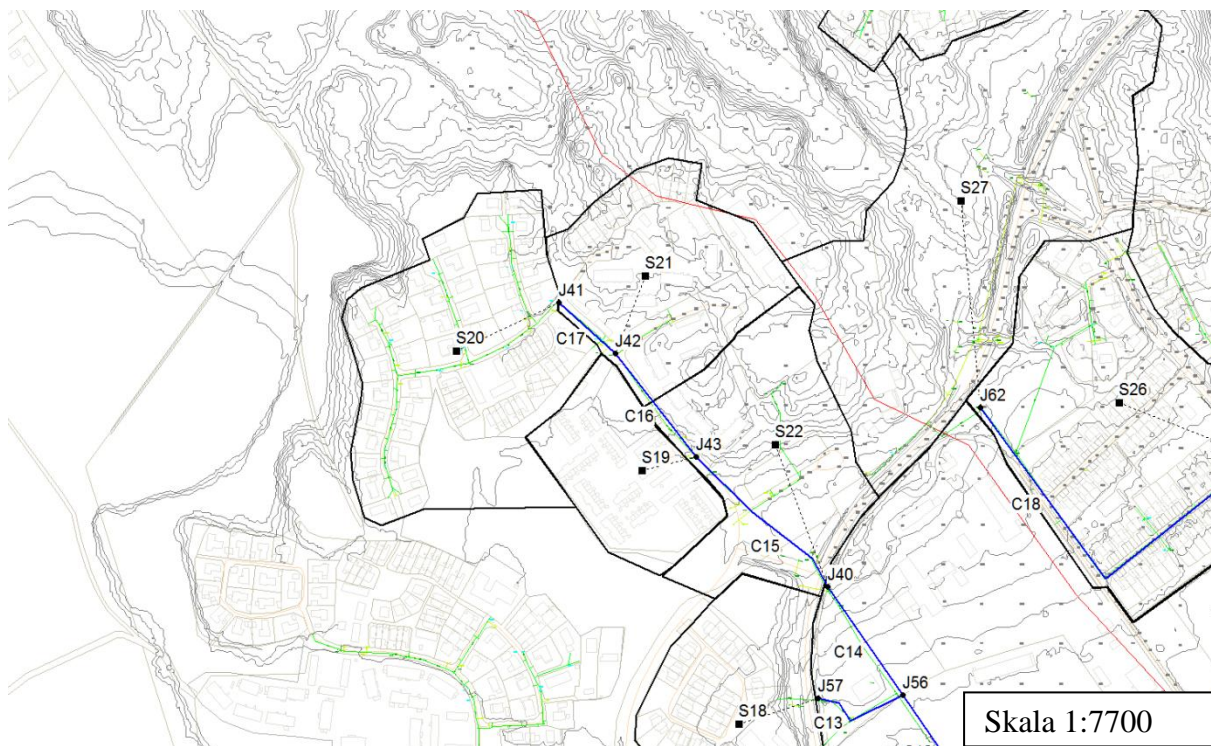
Ur GIS-Systemet på Knivsta kommuns kartavdelning hämtades detaljerade kartor över höjdkurvor, fastighetsgränser, bebyggelse, markanvändning, vägar, diken mm i området. Kartorna importerades till AutoCAD och lades ihop tillsammans med dagvattenledningskartan för att få en detaljerad karta över området så att nya avrinningsområden skulle kunna ritas ut. Områden som består av skog eller åkermark och har en väldigt låg avrinningskoefficient beslutades endast att delta i avrinningen om vattnet färdades 150 meter eller kortare över området. Resterande vatten som rinner 150 meter eller längre över området kommer att sippra ner i marken och inte ingå i dagvattenavrinningen. Områden som endast bidrar till grundvattenavrinning är inte aktuella och ska inte vara med i det här projektet. Efter observationer på plats i Knivsta och Alsike, studier av höjdkurvs-karta, ledningssystem, det naturliga avrinningsområdet och med hänsyn till 150 metersregeln ritades ett nytt avrinningsområde ut. Avrinningsområdet delades i sin tur in i 85 delavrinningsområden efter liknande lutning och markanvändning.

Kartan exporterades till SWMM där den fungerade som bakgrundsbild för att rita ut kartorna som ska användas i programmet. SWMM kan inte läsa in färdig kartdata så därför måste allt som ska användas från en karta ritas av för att kunna användas i programmet. Kartan måste dimensioneras för att få rätt mått och lutningar på ledningar och avrinningsområden måste beräknas och föras in från AutoCAD. Figur 7 visar de 85 avrinningsområdena utritade på kartan tillsammans med de tilltänkta nybyggnationerna.



Figur 7 Avrinningsområden markerat med grönt, rödmarkerat är planerade nybyggnationer

Två kartor gjordes, den ena över området som det såg ut innan tilltänkta utbyggnationer och den andra med de planerade nybyggda områdena inkluderade i kartan (bilaga 2- 5). Figur 8 visar en uppförstoring av det markerade området i figur 7 och beskriver hur ledningar, avrinningsområden och knutpunkter är sammankopplade på kartan. Området påverkas inte av utbyggnationerna och är därför representativt för båda kartorna.



Skala 1:7700

Figur 8 Avrinningsområden S sammankopplade med knutpunkter J och ledningar C

4.3.1 Avrinningsområden

Areorna mättes i SWMM efter att de färdigställda kartorna från AutoCAD hade dimensionerats in. Lutningarna mättes i AutoCAD och fördes över manuellt för varje delavrinningsområde. För områden med mycket bebyggelse där markytan inte överensstämmer med höjdkurvorna kan det vara svårt att avgöra vad lutningen är, så där sattes en lutning på 2 % som rekommenderas för bostadsområden (Gironás, 2009). Avrinningskoefficienten räknades fram genom att varje delavrinningsområde delades upp i olika markanvändningstyper. Varje markanvändningstyp har en specifik avrinningskoefficient P90 (Svenskt vatten, 2004). Markanvändningstyp och andel av totala delavrinningsområdet area multiplicerades och summerades sedan för att få en genomsnittlig avrinningskoefficient (ekvation 14) för det avrinningsområdet. Bredden är ett mått på hur långt vattnet maximalt behöver rinna över marken innan det kanaliseras. Detta sker när vattnet når fram till t.ex. en dagvattenledning, å, väggkant eller ett dike som leder bort vattnet. Bredd beräknas för området genom att dela avrinningsområdets area med den genomsnittliga maximala sträckan vattnet behöver rinna över marken i området innan det kanaliseras. Extra hänsyn tas för ytor med låg avrinningskoefficient. Tabell 6 visar ett utdrag av indata för avrinningsområdena i figur 8. Resterande indata för alla avrinningsområden finns i Bilaga 6 och 7.

Tabell 6 Indata för avrinningsområden

Avrinningsområde	Area [ha]	Avrinningskoefficient [%]	Lutning [%]	Bredd [m]
S19	2,21	45,1	2	917
S20	5,75	43,5	2	1691
S21	3,54	40	2,11	1011
S22	3,99	18,3	4,3	418

4.3.2 Ledningar

Dagvattenledningsnätet som Roslagsvatten AB tillhandahåller är endast nedgrävda ledningar av plast metall eller betong och innefattar inte diken eller liknande som också transporterar dagvattnet. Då det ej fanns data att tillgå på varken djup eller bredd för Knivstaån och anknytande diken sattes värden enligt bilaga 3. Värdena antogs utifrån iakttagelser på plats och genom kartstudier för att kunna genomföra simuleringarna för de delar av vattenledningssystemet som korrekt data fanns för.

Då fokus i arbetet låg på att beräkna mängden vatten som rinner av varje delavrinningsområde har endast ledningarna som transporterar vattnet från delavrinningsområdet till recipienten tagits med. Avrinningsområde S20 i figur 8 illustrerar det på ett bra sätt. För att det skulle vara en ide att ta med alla ledningar i ett bostadsområde skulle man behöva dela in varje tomt i ett eget delavrinningsområde som avrinner till en viss brunn på gatan. Arbetet skulle bli enormt att rita ut alla avrinningsområden och ledningar när SWMM inte klarar av att läsa in den sortens data. Den totala avrinningen skulle inte förändras nämnvärt. Dock skulle man få en bättre bild av översvämningrisker och flöden i specifika ledningar i de områden med väl utbyggt ledningsnät. Uppgiften med arbetet var inte att mäta eventuella översvämningar på varje enskilt kvarters dagvattennät som redan är byggt. Därför ansågs det berättigat att göra denna förenkling av ledningsnätet.

Stora sankmarksområden, som Trunsträsket som ligger mittemellan Knivsta och Alsike, där vattnet bromsas upp har inte tagits hänsyn till i simuleringarna. Det skulle krävas omfattande undersökningar på plats för att undersöka dess påverkan så det har behandlats som ett bredare dike. I tabell 7 visas värden som hör samman med figur 8 och värden på resterande ledningar finns i bilaga 8 och 9.

Tabell 7 Indata för ledningar

Ledning	Form	Diameter/ djup	Botten bredd	Lutning vänster sida	Lutning höger sida	Längd	Manning n
C14	CIRCULAR	0,4	0	0	0	130,93	0,011
C15	CIRCULAR	0,6	0	0	0	186,16	0,011
C16	CIRCULAR	0,4	0	0	0	130,13	0,011
C17	CIRCULAR	0,3	0	0	0	75,78	0,011

4.3.3 Knutpunkter och utlopp

Med begreppet knutpunkter menas punkter där ledningar är ihopskarvade, brunnar och punkter där avrinningen från avrinningsområdena rinner in till ledningarna. Höjddata för knutpunkter som ligger i ledningssystemet från Roslagsvatten AB har tagits direkt från de mått som var angivna i kartorna. Mått på knutpunkter i Knivstaån och tillhörande diken har tagits från kartan med höjdkurvor. Data för Figur 8 finns i tabell 8 och resterande indata i bilaga 10 och 11.

Tabell 8 Höjddata för knutpunkter och utlopp

Knutpunkter och utlopp	Höjd över havet till insidan Av botten på ledning
J40	18,78
J41	29,68
J42	26,89
J43	21,63

4.3.4 Nederbörd

Nederbördsmängden för de olika återkomsttiderna över Knivsta kommun har beräknats (tabell 9) med ekvation 10 från avsnitt 3.3. Beräkningarna har gjorts utifrån en regnvaraktighet på 1 h. Konstanten c har tagits från tabell 3 och konstanterna a och b från tabell 2 i avsnitt 3.4. I de fall där det saknades värden i tabell 2 så beräknades värdena på a och b med ekvation 12 och 13. Z-värdet är avläst från figur 3 i avsnitt 3.3.

Tabell 9 Nederbörsmängder

a	b	c	z	Återkomsttid[år]	Nederbörd[l/s·ha]	Nederbörd[mm]
5,38	0,272	1,099	18	1	31,4	11,3
7,53	0,293	1,099	18	2	39,1	14,1
16,12	0,314	1,099	18	10	66,5	23,9
34,37	0,319	1,099	18	50	122,6	44,1

4.3.5 Infiltration

Jordarten i Knivsta och Alsike området består till övervägande del av lera, silt och morän enligt (Ekologigruppen AB, 2011). Utifrån det har rekommenderade värden för jordtypen hämtats (Rossman, 2010) för beräkning av infiltration med Hortons och Green-Ampts metod. Dessa värden visas i tabellerna 10 och 11.

Tabell 10 Värden för Hortons metod

Maximal infiltrations hastighet [mm/h]	50,8
Minimal infiltrations hastighet [mm/h]	6,604
Avklingningskonstant (decay constant) [1/h]	4
Tork tid [dagar]	7

Tabell 11 Värden Green-Ampts metod

Bindningstryck (Suction head) [mm]	169,9
Hydraulisk konduktivitet [mm/h]	6,604
Uttryckt som "initial deficit" [-]	0,217

7. RESULTAT

7.1 ALLMÄNT

I simuleringarna har Green-Ampts metod använts för att beräkna infiltration och Dynamisk våg för att beräkna flöden. I (tabell 12, 14, 16, 18) finns en rad med namn ” Endast nya områdena ” som är med för att visa exakt vad de nya områdena bidrar med. Anledningen till det är att de kan ha ersatt ett område som redan bidrog till dagvattenavrinningen och då syns det inte på det totala systemet hur mycket de faktiskt bidrar med. Översvämmad volym är en summering av mängden dagvatten som

svämmat över i systemet. Detaljer kring vilken brunn som översvämmat och hur mycket finns i bilaga 12-20 beroende på vilken återkomsttid och vilket område det gäller. En känslighetsanalys har också gjorts på infiltrationsmetoden Green-Ampts som används i studien för att se om resultaten hade blivit annorlunda med Hortons metod. Analysen gjordes på simuleringen för regn med återkomsttid 2 år för båda metoderna. Dynamisk våg ansågs bäst lämpad för beräkning av flöden och användes därför till samtliga simuleringar.

7.2 ÅTERKOMSTTID 1 ÅR

Nederbörds mängden var 11,3 mm fördelat på ett regn med varaktigheten en timme. Tabell 12 visar nederbörds mängder och flöden samt en summering av mängden översvämmat vatten. Ledningarna C8, C21 och C38 samt knutpunkterna J33, J37 och J49 svämmades över i området utan tillbyggnader (Bilaga 12). I området med tillbyggnad så svämmades samma punkter över och ytterligare en ledning C11 och en knutpunkt J39 över (Bilaga 13). Fullständiga resultat för enskilda delavrinningsområden, ledningar och knutpunkter visas i bilaga 12 och 13. Värderna vid utloppet ges i tabell 13.

Tabell 12 Nederbörds mängd och flöden vid återkomsttid 1 år

Område	Nederbörd [m ³]	Avrinning [m ³]	Infiltration [m ³]	Översvämmad volym [m ³]
Utan utbyggnad	75900	18100	58000	1200
Med utbyggnad	85400	25100	60600	2300
Endast nya områdena	18300	9300	9200	

Tabell 13 Utflöden vid återkomsttid 1 år

Utflöde	Medelflöde[m ³ /s]	Maxflöde[m ³ /s]
Ut1 utan tillbyggnad	0,44	2,03
Ut1 med utbyggnad	0,58	2,26

7.3 ÅTERKOMSTTID 2 ÅR

Nederbörds mängden var 14,1 mm fördelat på ett regn med varaktigheten en timme. Skillnaderna mellan att använda sig av Horton eller Green-Ampts infiltrations metod (tabell 14) resulterade i en marginell skillnad. Olika in parametrar testades också för Green-Ampts för att se hur känslig metoden är för små ändringar. Ledningarna C8, C11, C21 och C38 samt knutpunkterna J33, J37 och J49 svämmades över i området utan tillbyggnader . I området med tillbyggnad så svämmades samma punkter över och ytterligare en knutpunkt J39 över . Tabell 15 ger värden på utflödet vid utloppet.

Tabell 14 Nederbördsmängd och flöden vid återkomsttid 2 år

Område	Nederbörd [m ³]	Avrinning [m ³]	Infiltration [m ³]	Översvämmad volym [m ³]
Utan utbyggnad	94600	22500	72300	2000
Med utbyggnad	106500	31300	75500	3900
Endast nya områdena	22800	11600	11400	
Horton med utbyggnad	106500	31300	75500	3900
Med utbyggnad ¹	106500	31500	75400	4000
Med utbyggnad ²	106500	31300	75500	3900
Med utbyggnad ³	106500	31300	75500	3900
Med utbyggnad ⁴	106500	31300	75500	3900

¹ Hydraulisk konduktivitet 3³ Bindningstryck 85² Hydraulisk konduktivitet 12⁴ Bindningstryck 340**Tabell 15** Utflöden vid återkomsttid 2 år

Utflöde	Medelflöde[m ³ /s]	Maxflöde[m ³ /s]
Ut1 utan tillbyggnad	0,55	2,54
Ut1 med utbyggnad	0,72	2,69
Ut1 Horton med utbyggnad	0,72	2,70
Ut1 med utbyggnad ¹	0,72	2,72
Ut1 med utbyggnad ²	0,72	2,69
Ut1 med utbyggnad ³	0,72	2,69
Ut1 med utbyggnad ⁴	0,72	2,69

7.3 ÅTERKOMSTTID 10 ÅR

Nederbördsmängden var 23,9 mm fördelat på ett regn med varaktigheten en timme. Tabell 16 visar nederbördsmängder och flöden samt en summering av mängden översvämmat vatten. Ledningarna C4, C8, C9, C10, C11, C20, C21, C35, C36 och C38 samt knutpunkterna J17, J27, J33, J34, J37, J39, J49, J51 och J59 svämmades över i området utan tillbyggnader. I området med tillbyggnad så svämmades samma ledningar C8, C10, C11, C20, C21, C31, C35, C36, C38, C53, C56, C57 och C58 och knutpunkterna J27, J33, J34, J37, J39, J49, J51 och J59 över. Tabell 17 ger värden på utflödet vid utloppet.

Tabell 16 Nederbördsmängd och flöden vid återkomsttid 10 år

Område	Nederbörd [m ³]	Avrinning [m ³]	Infiltration [m ³]	Översvämmad volym [m ³]
Utan utbyggnad	160900	40000	121900	7000
Med utbyggnad	181000	55000	127200	11700
Endast nya områdena	38900	20100	19000	

Tabell 17 Utflöden vid återkomsttid 10 år

Utflöde	Medelflöde[m ³ /s]	Maxflöde[m ³ /s]
Ut1 utan tillbyggnad	0,95	4,15
Ut1 med utbyggnad	1,28	4,35

7.4 ÅTERKOMSTTID 50 ÅR

Nederbörds mängden var 44,1 mm fördelat på ett regn med varaktigheten en timme. Tabell 18 visar nederbörds mängder och flöden samt en summering av mängden översvämmat vatten. I området utan utbyggnad svämmades 30 knutpunkter och 40 ledningar över. Siffran ökade något i området med utbyggnad där 31 knutpunkter och 39 ledningar översvämmades. Tabell 19 ger värden på utflödet vid utloppet.

Tabell 18 Nederbörds mängd och flöden vid återkomsttid 50 år

Område	Nederbörd [m ³]	Avrinning [m ³]	Infiltration [m ³]	Översvämmad volym [m ³]
Utan utbyggnad	296400	137300	161900	71300
Med utbyggnad	333500	170500	166200	102600
Endast nya områdena	71600	49200	23100	

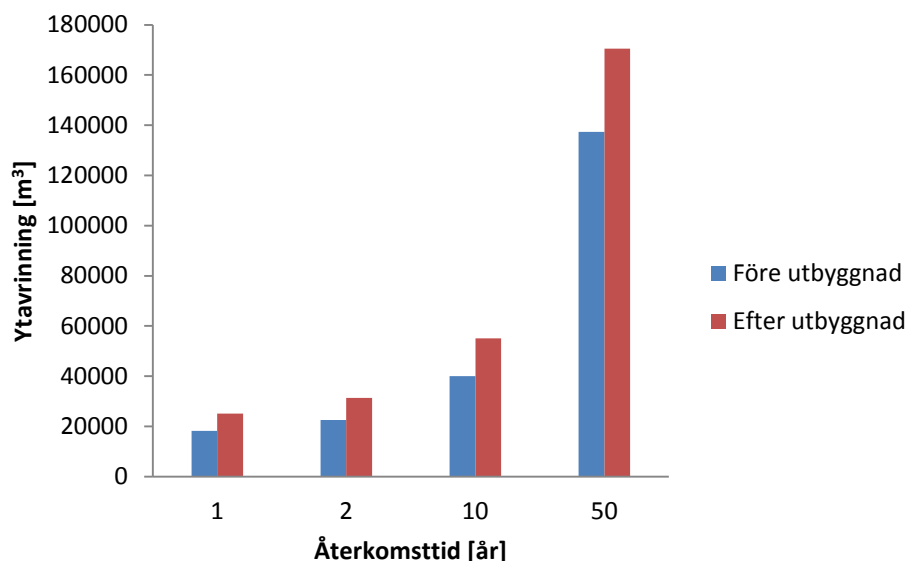
Tabell 19 Utflöden vid återkomsttid 50 år

Utflöde	Medelflöde[m ³ /s]	Maxflöde[m ³ /s]
Ut1 utan tillbyggnad	2,13	7,58
Ut1 med utbyggnad	2,25	7,58

7.5 ANALYS

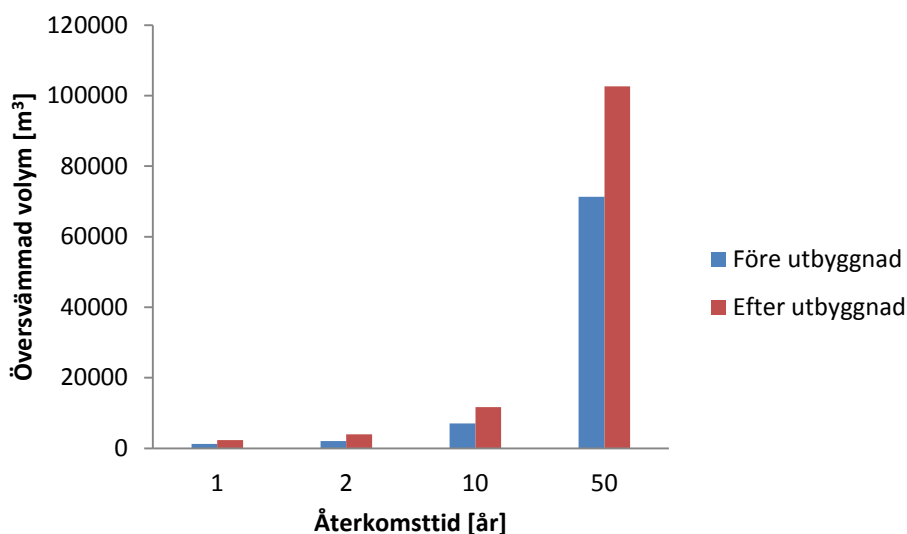
7.5.1 Avrinning, översvämmad volym och flöde vid utlopp

Focus har legat på att ta reda på hur en utbyggnad kan komma att påverka dagvatten avrinningen i området för olika återkomsttider av regn. Figur 9 visar att det kommer bli en ökning av ytavrinningen från områdena med ca 11 procent oavsett återkomsttid. Det framkommer även att ytavrinningen ökar markant för de olika återkomsttiderna av regn. Ett regn med 50 års återkomsttid genererar 7,5 gånger så mycket ytavrinning som ett 1 års regn.



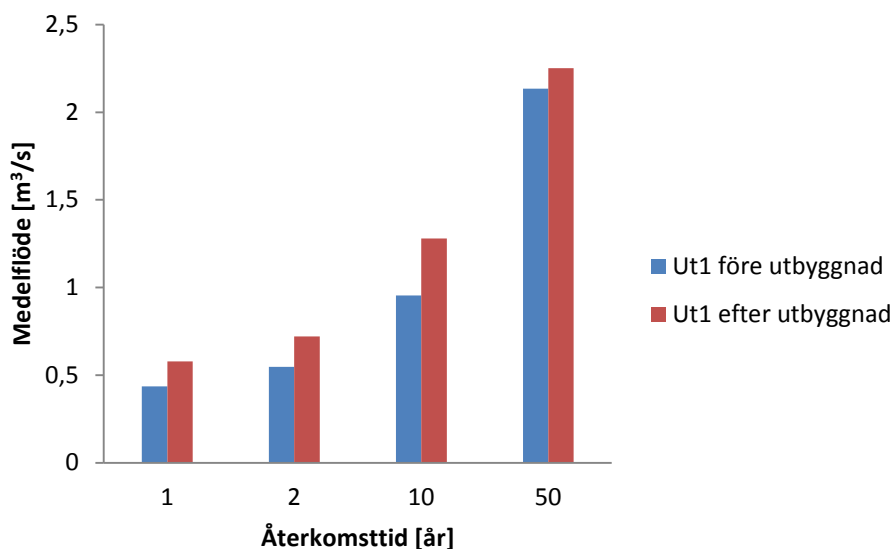
Figur 9 Ytavrinning från avrinningsområde före och efter utbyggnad

Ytavrinningen som svämmar över i ledningssystemet visas i Figur 10. Från början kan man se att den översvämmade volym är ungefär 90% större efter utbyggnad. För varje ökning av regnmängden krymper den procentuella skillnaden mellan områdena till att det vid 50 års återkomsttid bara skiljer 40 %.

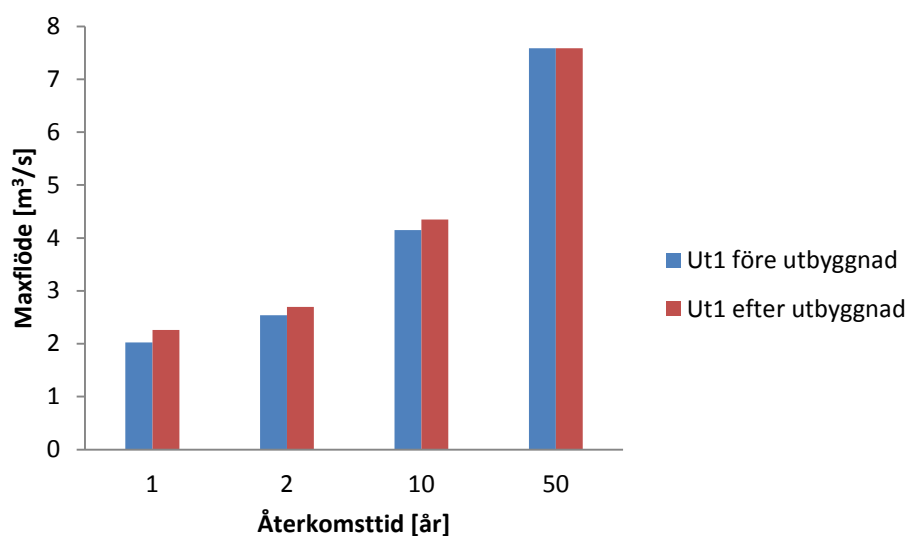


Figur 10 Översvämmad volym i ledningssystemet före och efter utbyggnad

Medelflödet vid utloppet ökade med den ökande nederbördsmängden (figur 11). Maxflödet ökade även det till en början enligt (figur 12) men stannade upp vid återkomsttiden 10 år och förblev konstant för båda områdena.



Figur 11 Medelflöden vid utlopp före och efter utbyggnad

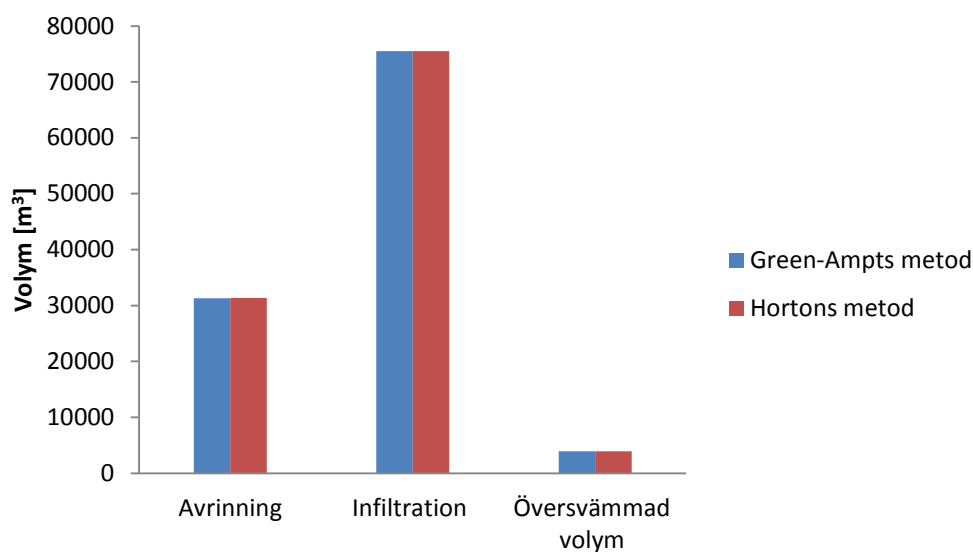


Figur 12 Maxflöde i Knivsta ån vid utflödet av avrinningsområdet

7.5.2 Känslighetsanalys

De två metoderna skiljde sig väldigt lite åt (figur 13). Green-Ampts metod gav upphov till en infiltrationsförlust på 75520 m³ som var 0,03 % högre än den för Hortons metod. Infiltrationsförlusten bidrog till att avrinningen för Green-Ampts metod blev 0,2 % lägre än för Hortons och därmed också den översvämmade mängden i systemet. Samma ledningar och knutpunkter översvämmades för båda metoderna. Max- och medelflödena (tabell 15) för utloppet skiljde sig åt marginellt med 0,2 % större flöden för Green-Ampts metod. Utifrån den här känslighetsanalysen kan man dra slutsatsen att val av infiltrationsmetod inte är av avgörande värde för slutresultatet. Testade också att kolla hur känslig Green-Ampts metod är för olika värden på in parametrarna och hur det kan påverka slutresultatet. En halvering och fördubbling av in parametrarna, bindningstryck

och hydraulisk konduktivitet resulterade i ytterst små förändringar för slutresultaten (tabell 14, 15).



Figur 13 Resultat känslighetsanalys för 2-års återkomsttid med Hortons och Green-Ampts metod

8. SLUTSATSER OCH DISKUSSIONER

En kartläggning av dagvattensituationen i Knivsta kommun har genomförts för att se hur den ser ut idag och hur den kan komma att förändras efter tilltänkta utbyggnationer med nya bostadsområden. Ett underlag för fortsatta studier av föroreningsbelastningar har tagits fram för ytterligare simuleringar av t.ex. föroreningar från regn, trafik eller fabriksområden.

För modellering av området användes simuleringsprogrammet SWMM, som används mycket i bl.a. USA för planläggning av vattenledningssystem. SWMM är ett bra program att använda till simuleringar av den här typen. Det finns en mängd olika variabler man kan styra och variera för att få en så exakt kopia som möjligt av verkligheten. Utförliga manualer gör programmet användarvänligt och förhållandevis enkelt att lära sig. Problemet med programmet är importen av data från andra program i det här fallet från AutoCAD. SWMM kan bara läsa in några få datatyper, så att överföra data mellan AutoCAD och SWMM var väldigt tidskrävande och krångligt. Ett program av den här typen som bygger på detaljerade kartor, stora mängder indata och med så många användare borde ha ett bättre fungerande system för dataöverföring.

I undersökningen användes regnintensiteter för 1, 2, 10 och 50 års återkomsttid för att få en så bra uppfattning som möjligt om hur systemet reagerar. Ett tydligt resultat för hur mycket en utbyggnad kommer att påverka avrinningen i området visade sig. Skillnaden i mängden dagvattenavrinning från hela området före utbyggnad och efter blev 11 procent för samtliga återkomsttider. Skulle de nya områdena enbart byggas på mark som inte deltog i dagvattenavrinningen sen tidigare hade siffran blivit betydligt högre. Men som utbyggnadsplanerna ser ut nu så ersätter vissa av de nya bostadsområdena områden som redan bidrog till dagvattenavrinning.

Avrinningen från avrinningsområdena genererade redan vid 1-års regn översvämningar i några få ledningar och som väntat ökade den siffran med ökad mängd nederbörd. Vid återkomsttid 50 år ökade översvämningarna avsevärt beroende på att markens infiltrationsförmåga närmade sig max kapacitet vilket ledde till att avrinningen ökade markant. Avrinningen var större än infiltrationen tillskillnad från när mindre återkomsttider användes trots att största delen av avrinningsområdet består av skog och åkrar med väldigt låg avrinningskoefficient. Avrinningsområden som saknar dagvattenledningar som utlopp leds i simuleringen direkt till en knutpunkt i ån eller diken. Det medför att en stor mängd avrinning träffar en viss punkt i ån istället för utspritt längs en lång sträcka. Risken för kortvariga översvämningar under simuleringen blir då betydligt större vilket ska tas i åtanke när man analyserar resultaten. I studien har det också bara modellerats på avrinningen från nederbörden och ingen hänsyn har tagits till vatten som redan finns i systemet

8.1 REKOMENDATIONER TILL KNIVSTA KOMMUN

För de nya områdena som ska byggas går det att få en bra uppfattning om mängden avrinning som kommer bildas. Men då data på hur ledningssystemet som ska leda bort vattnet från områdena ännu inte finns att tillgå så går det inte att göra beräkningar på utflöden i dagvattenledningar och eventuella översvämningar som berör dessa områden. När detaljplaner för de nya områdena är framtagna borde en ny modellering göras för varje enskilt område. Då kan man dela in varje tomt i ett delavrinningsområde och sätta ut varje brunn och ledning och verkligen få en bra uppfattning om ledningssystemet är rätt dimensionerat. Var exakt i systemet det är risk för översvämningar och se om det är något man behöver åtgärda innan det är byggt. Desto mindre delavrinningsområdena är ju mer exakta blir beräkningarna. För att kunna göra en mer precis analys av hur stora flöden Knivstaån klarar av utan att svämma över krävs ordentliga undersökningar. Djup och bredd behöver mätas och även flödena i ån under en längre tid t.ex. ett år för att få en bild av hur de förändras. Då får man reda på hur stora max- och minflödena är i ån. Diken som leder dagvatten direkt ner till Knivstaån eller mellan dagvattenledningar är också viktigt att mäta för att se hur snabbt de kan transportera bort vatten vid kraftiga regn. De kan orsaka översvämningar både högre upp och längre ner i systemet. Trunsträsk spelar en viktig roll i avrinningsområdet som ett fördröjningsmagasin för vattnet innan det rinner vidare med Knivstaån. Det är därför viktigt att undersöka hur stor påverkan det har på dagvattenavrinningen i området.

Ett bra underlag för fortsatta studier av olika sorters föroreningar finns nu att tillgå när avrinningsområden med ledningar och nederbördsmängder är framtaget. Modelleringar av föroreningar från regn kräver att halterna av ämnet i regnet bestäms och läggs in i nederbördsalgoritmen. Simuleringar av mängden föroreningar som åker med avrinningen från markytan från t.ex. parkeringar eller vägar går också att modellera. Det som krävs är att man lägger in data för hur stora mängder av föroreningar som ackumuleras per tidsenhet under torrperioder.

8.2 FORTSATTAS STUDIER

Arbeten som tidigare gjorts på området för att kartlägga vattenavrinningen har undersökt mindre områden som bostadskvarter, köpcentrum eller parkområden. De blir då enklare att bearbeta kartan på ett mer detaljerat sett och få en mer exakt bild av verkligheten. I det här projektet är allt i mycket större skala vilket gör att vissa saker förenklas, slås samman o.s.v. för att spara tid. Det går inte att kontrollera på plats hur varje enstaka tomt ser ut eller var exakt det ligger ett dike. Simuleringsprogrammen som finns att tillgå är väldigt detaljerade för att kunna föra in väldigt mycket information om

ett litet område. Hur mycket skiljer sig resultatet när man inte har möjlighet att lägga in så detaljerade uppgifter. Vilka förenklingar av ledningsnät, marktyper med mera går att göra utan att förlora ett bra resultat. De skulle vara intressant att se.

I SWMM krävs det att man för över väldigt mycket data för hand mellan programmen i det här fallet AutoCAD. Det gör det mindre lämpat för stora områden med mycket information men bra för mindre då det är väldigt exakt. Därför vore det intressant att se hur andra program som t.ex. Stormtac som också är ett simuleringsprogram fungerar att använda vid större områden, om de har en bättre lösning på problemet. Ett annat projekt skulle kunna vara att länka samman SWMM med de vanligaste modellerings- och projekteringsprogrammen.

Autodesk som tillverkar AutoCAD har ett tillägsprogram som kan simulera vattenledning i ledningsnät utan att behöva överföra filerna. De spar en massa tid men är de programmen lika bra och lika användarvänliga?

9. REFERENSER

- Arthur, R. S., 2010. *Stormwater Runoff Simulation Using SWMM: Evaluating Stormwater Management on the University of Virginia Grounds*. The Faculty of the School of Engineering and Applied Science University of Virginia
- De Zeeuw, J. W., 1973. *Hydrograph analysis for areas with mainly groundwater runoff*, Drainage Principles and Applications, Publ. 16, ILRI, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands.
- Ekologigruppen AB, 2011. *LANDSKAPSANALYS, Underlag för planering av vindkraft i Håbo, Enköping och Knivsta kommun i Uppsala län*.
- Gironás, J., Roesner, L. A., Davis, J., 2009. *STORM WATER MANAGEMENT MODEL APPLICATION MANUAL*. EPA, United States Environmental Protection Agency.
- Länsstyrelsen Västmanlands län, 2008. *Miljö kvalitetsnormer, FÖRSLAG TILL BESLUT, 537-13762-08*.
- Rossman, L. A., 2010. *STORMWATER MANAGEMENT MODEL USER'S MANUAL Version 5.0*. EPA, United States Environmental Protection Agency.
- Svenskt Vatten, 2004. *Dimensionering av allmänna avloppsledningar*. Publikation P90.
- Svenskt Vatten, 2011. *Hållbar dag- och dränvattenhantering*. Publikation P105.
- Svenskt Vatten, 2011. *Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem*. Publikation P104.
- USDA, United States Department of Agriculture, 1986. *Urban Hydrology for small watersheds*. TR-55
- Wedding, J. P. E., Graham, R., 2009. *Introducing AutoCAD Civil 3D 2010*, Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana.

Webbaserade referenser

- Autodesk AB, 2010. *Explore Analyze Optimize, AutoCAD Civil 3D*, http://images.autodesk.com/emea_nw_w_main/files/autocad_civil_3d_overview_brochure_a4_se0.pdf (2012-05-15)
- Knivsta kommun, 2011. *En attraktiv boende miljö*, <http://www.knivsta.se/Bygga-bo-och-miljo.aspx> (2012-05-15)
- Knivsta kommun, 2011. *Fördjupad översiktsplan för Knivsta och Alsike tätorter*, http://www.knivsta.se/~/_media/Files/Bygga-bo-miljo/Oversiktsplaner/FoP2011.ashx (2012-05-15)

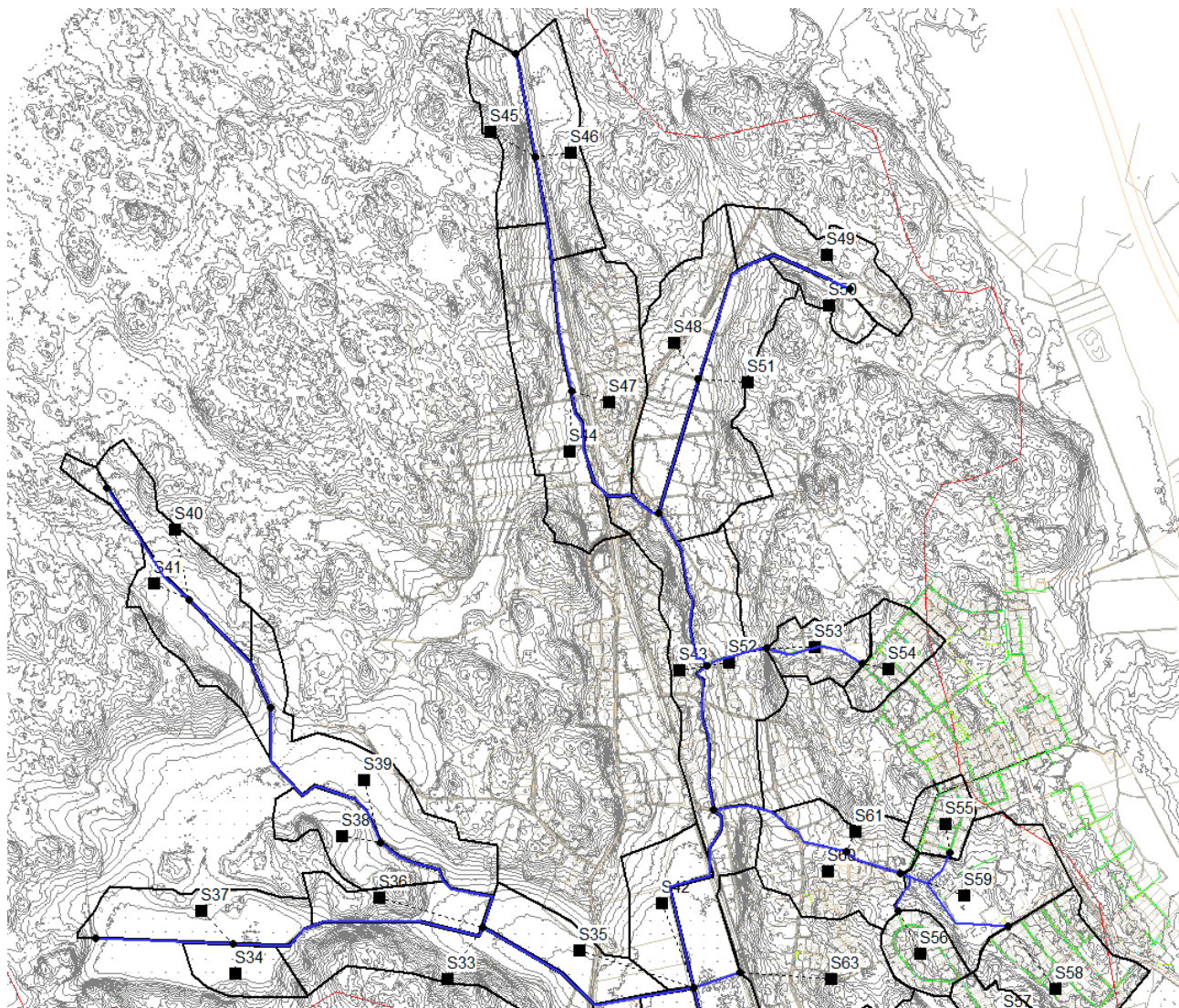
Muntliga referenser

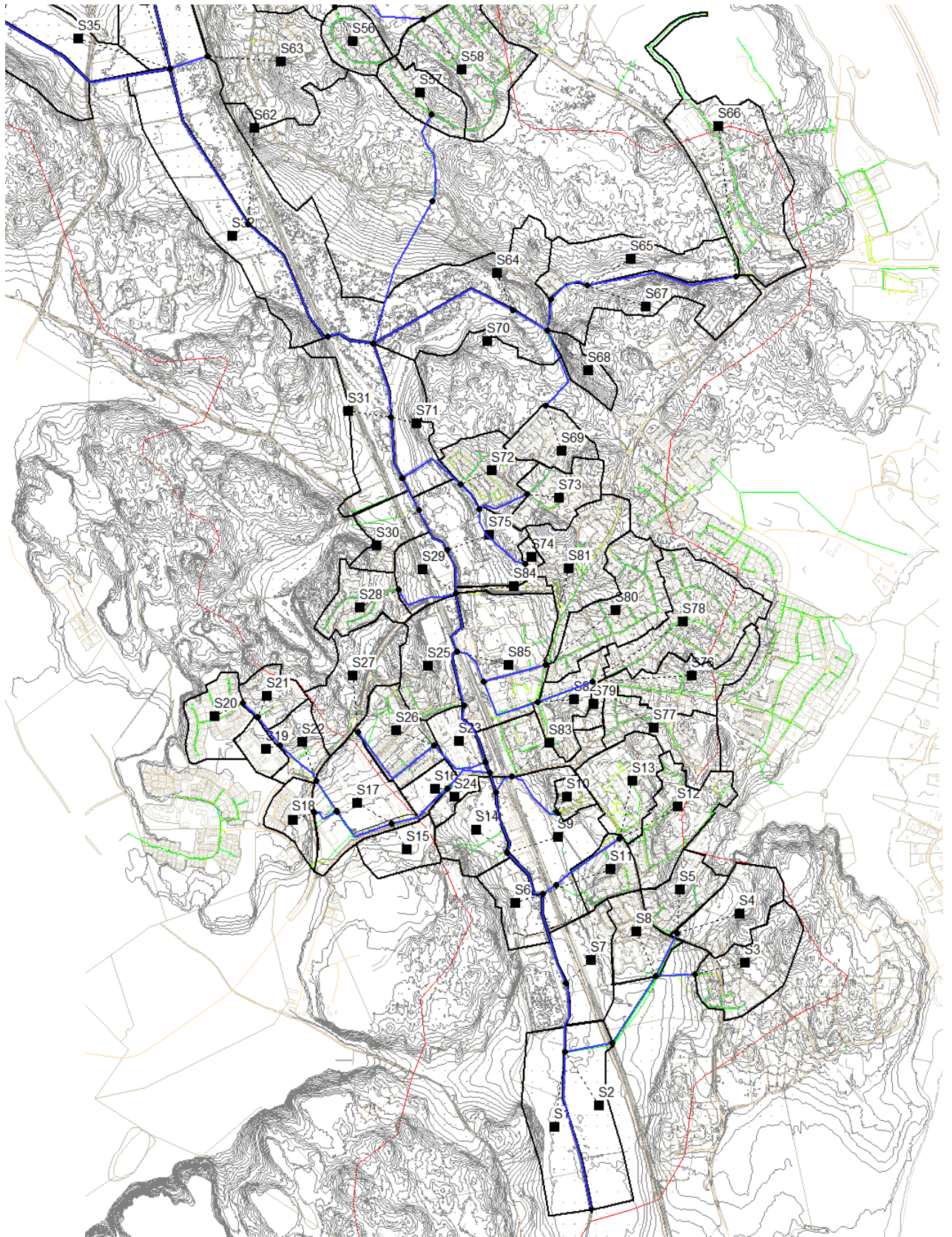
- Nyström, K. Verksamhetscontroller/teknisk utredare, Knivsta kommun (2012-05-15)
- Rodhe, A. Professor i hydrologi, Institutionen för geovetenskaper, Luft-, vatten- och landskapslära, Uppsala Universitet (2012-05-15)

Bilaga 1: Ordförklaringar

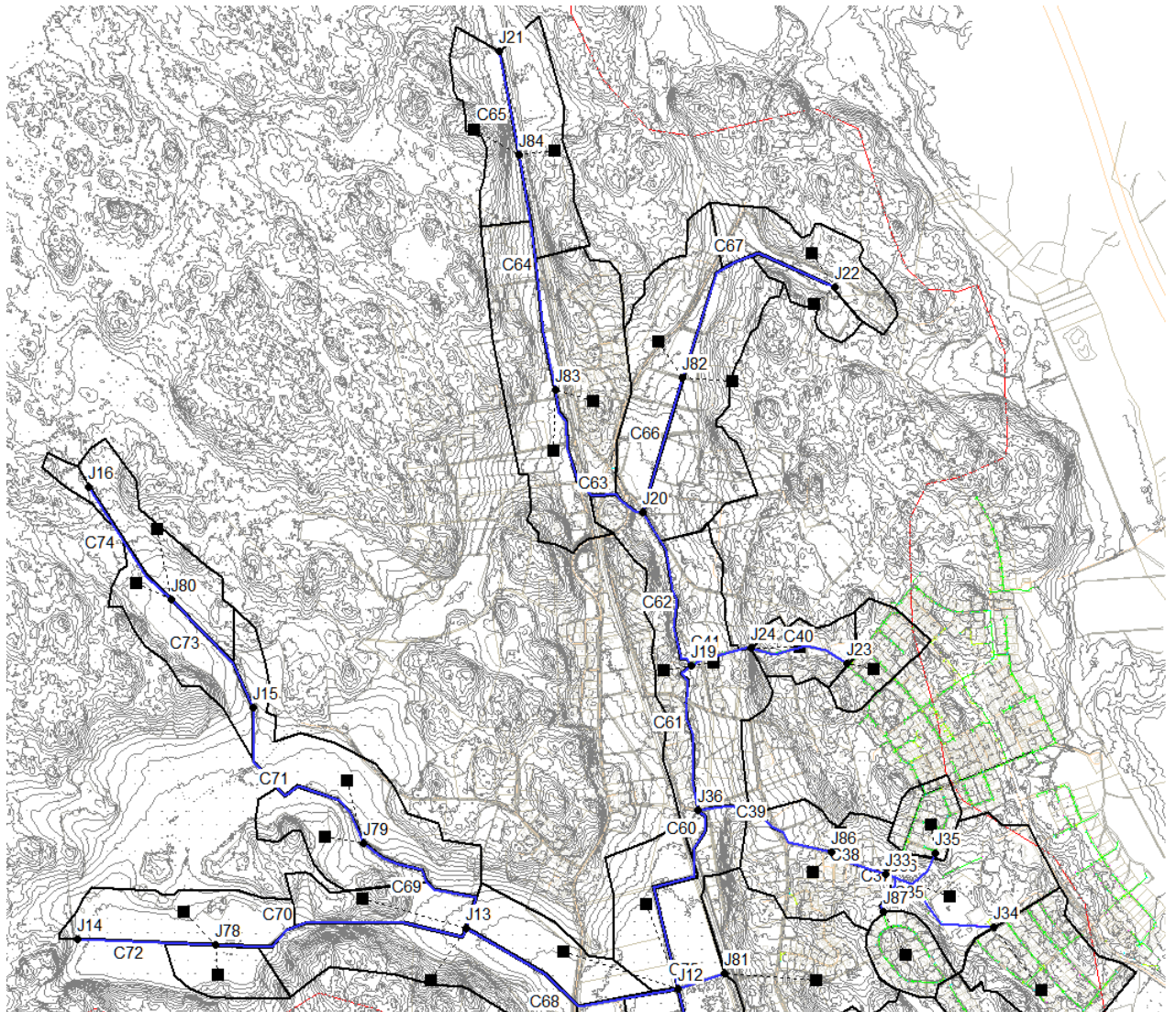
Återkomsttid	Tidsintervall mellan regn- eller avrinningstillfällen för en viss given intensitet och varaktighet.
Avrinningskoefficient	Mått på den maximala andel av ett avrinningsområde som kan bidra till avrinningen.
Avrinningsområde	Område från vilket vatten från olika delar kan avledas med självfall eller genom pumpning till en och samma punkt.
Dagvatten	Ytligt avrinnande regnvatten och smältvatten.
External outflow	Vatten som rinner igenom ledningssystemet och ut genom utloppet.
Infiltration	Inträngning av vätska i poröst eller sprickigt material, t.ex. vattens inträngning i jord eller berg.
Interception	Den process där nederbörd fångas upp och hålls kvar på vegetation eller andra föremål
Internal outflow	Vatten som svämmar över i vattenledningssystemet.
Link	Del i ledningssystemet, innefattar även diken och Knivstaån.
LOD	Lokalt omhändertagande av dagvatten
Node	Knutpunkter och brunnar i ledningssystemet.
Precipitation	Nederbörd.
Perkolation	Långsam rörelse hos vatten genom lager av poröst material
Recipient	Mottagare av dagvatten och föroreningar.
Subcatchment	Avrinningsområde.
Surface runoff	Dagvatten avrinning.

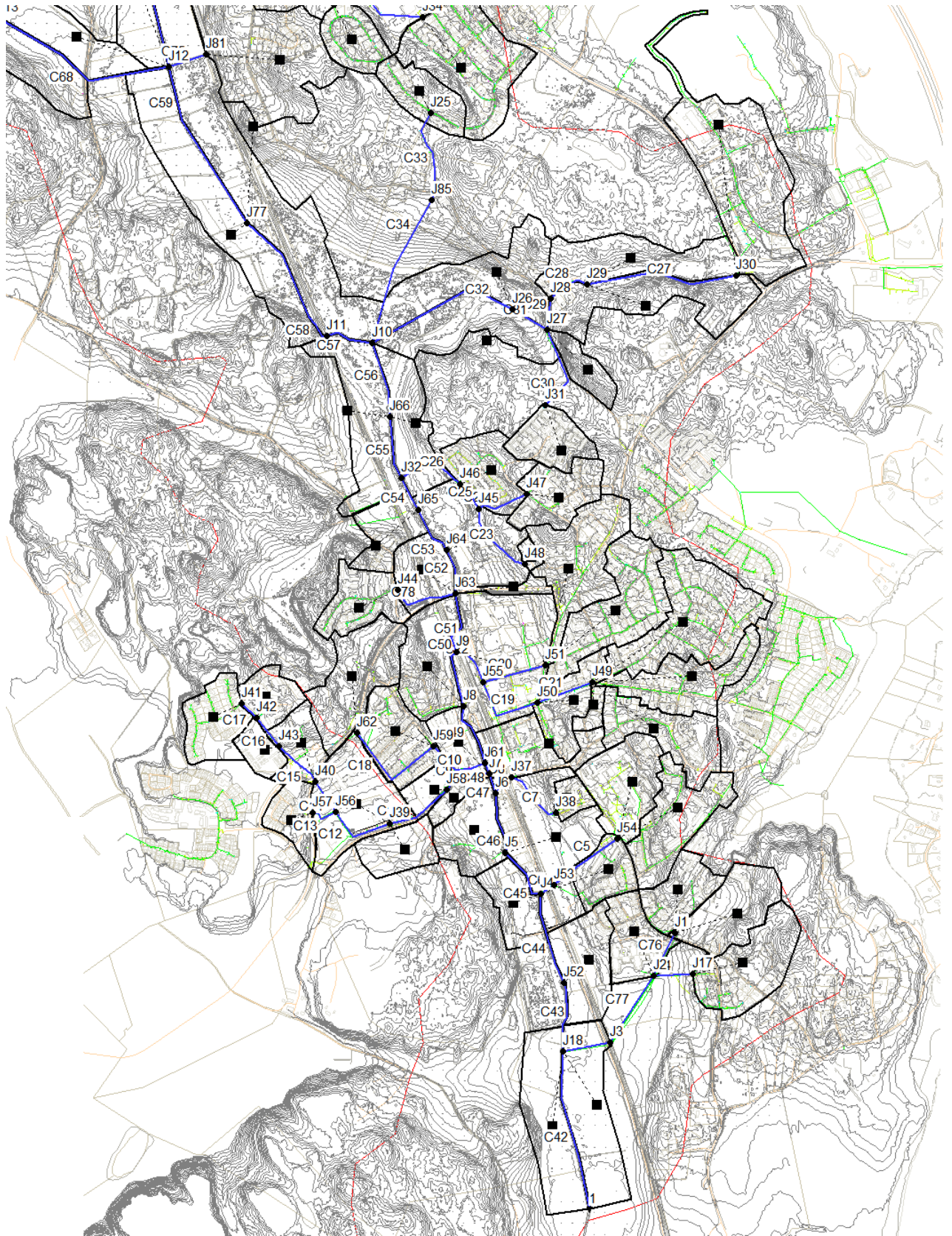
Bilaga 2 avrinningsområden före utbyggnad



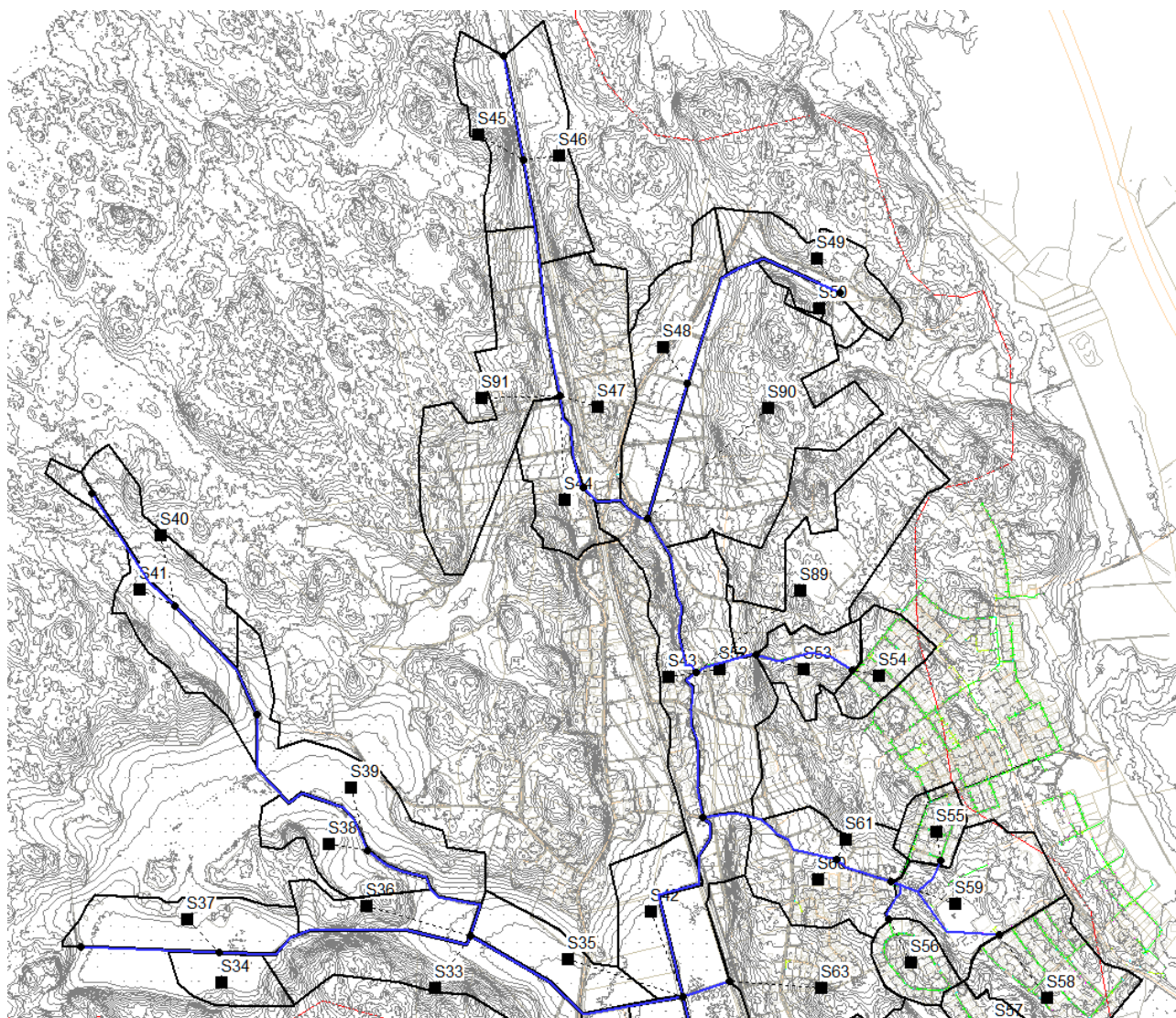


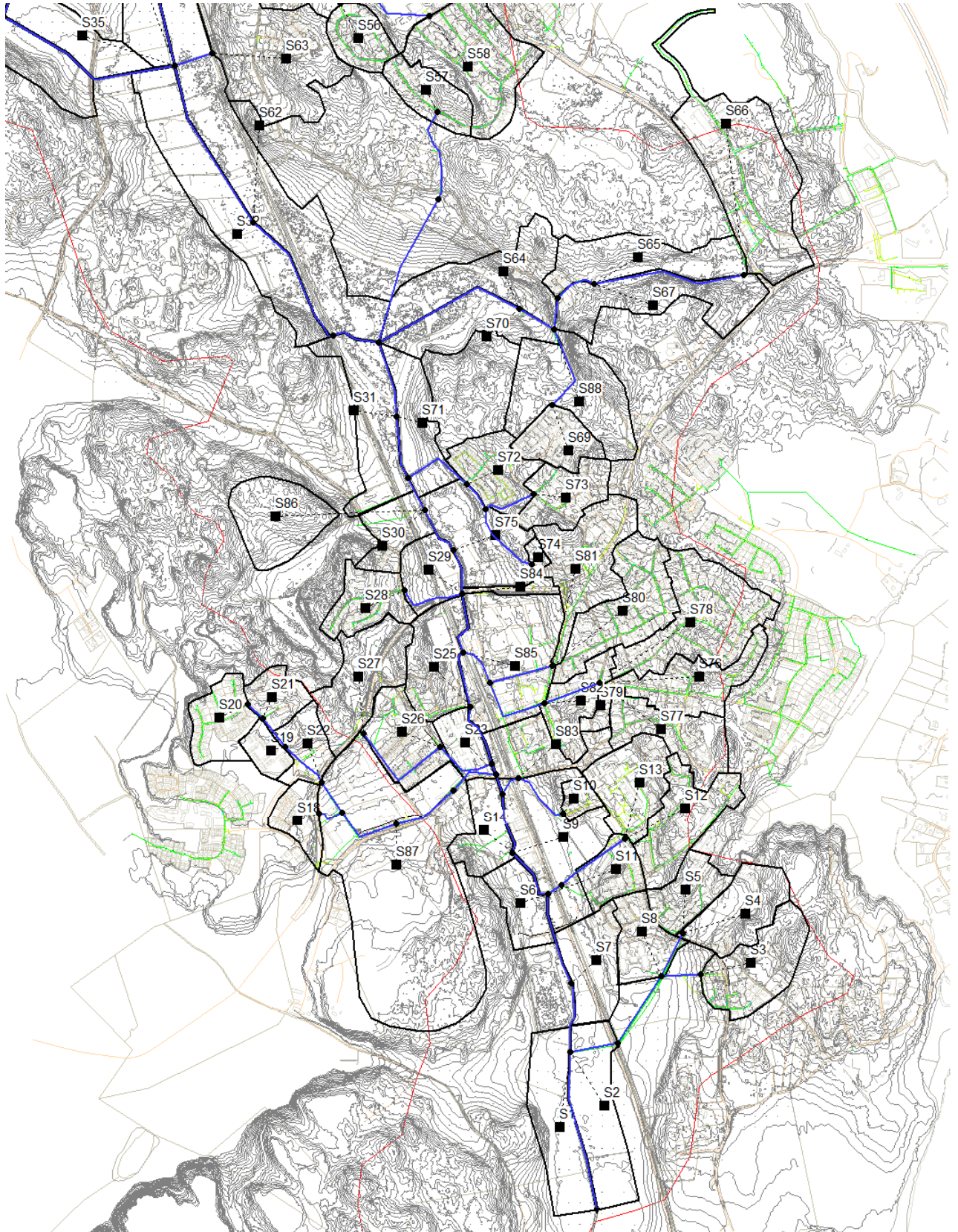
Bilaga 3: Ledningar och knutpunkter före utbyggnad

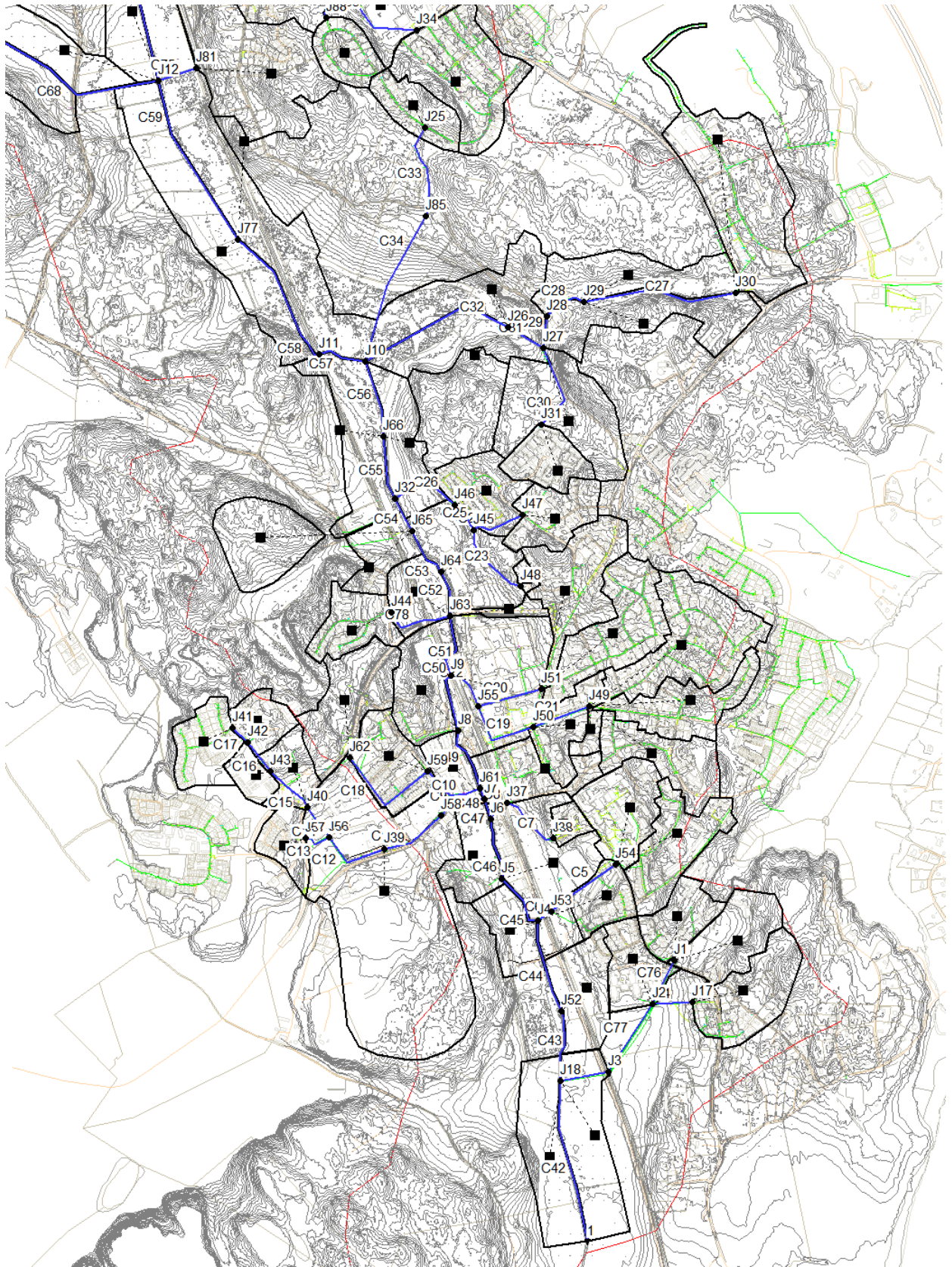




Bilaga 4: Avrinningsområden efter utbyggnad







Bilaga 6 Indata för avrinningsområden före utbyggnad

Avrinningsområde	Area [ha]	Avrinningskoefficient [%]	Lutning [%]	Bredd [m]
S1	9,85	10	5,4	656,7
S2	10,1	10	1,5	628,7
S3	8,83	32,59	4,3	851
S4	7,31	12,2	6,7	580
S5	4,87	36,8	6	730
S6	4,65	11,3	5,44	310
S7	7,08	12,7	3,26	453,8
S8	5,33	23,7	1,8	1777
S9	12,84	19,9	3,37	483
S10	1,53	55,3	5,2	321
S11	4,15	35,1	3,1	926
S12	8,6	37,5	6,6	1911
S13	7,86	50	2	931
S14	5,82	12,1	3	250
S15	4,24	12,8	2,9	283
S16	2,1	17,3	0,2	200
S17	10,36	50	2	327
S18	3,6	30	5,59	592
S19	2,21	45,1	2	917
S20	5,75	43,5	2	1691
S21	3,54	40	2,11	1011
S22	3,99	18,3	4,3	418
S23	3,34	59,6	0,9	242
S24	1,45	25	2	273
S25	7,68	17,9	5,24	593
S26	6,95	37,8	2,12	1533
S27	9,34	15,3	5,67	1245
S28	5,43	41,9	4,29	1584
S29	4,8	11,7	5,5	221
S30	4,57	13,6	5,26	293
S31	10,2	15,7	3,4	680
S32	15,82	10	2,1	1055
S33	14,37	10	11	958
S34	4,2	10	4,1	280
S35	6,99	10	1,6	466
S36	5,74	10	6,6	334
S37	9,28	10	1,4	619
S38	6,82	10	4,58	526
S39	13,54	10	3,56	1000
S40	8,11	10	4,6	532
S41	8,3	10	5,1	553

S42	7,1	10,7	1,9	473
S43	8,39	22	11,7	992
S44	14,59	13,8	8,2	972
S45	6,96	10	11,68	464
S46	9,28	12,4	3,85	619
S47	13,68	15,7	5,24	1954
S48	12,38	11,6	2,94	825
S49	7,86	12,9	6,11	634
S50	2,7	10	8,12	257
S51	14,66	10	6,4	763
S52	13,39	12,2	5,96	902
S53	4,49	13,2	5,88	499
S54	4,92	35,3	5,16	1075
S55	3,56	70	2	1113
S56	4,37	50	2	1213
S57	4,96	36,9	4,29	696
S58	13,5	41,9	4,04	3399
S59	12,15	25,5	4,6	500
S60	8,06	27,3	4,68	928
S61	4,56	11,4	4,3	304
S62	25,9	11,3	1,55	1727
S63	18	16,2	8,1	1411
S64	11,37	14,6	4,75	537
S65	9,61	12,4	5,09	650
S66	19,43	30	3,77	1820
S67	10,38	13,4	9,07	771
S68	2,81	10	18,7	295
S69	4,75	70	2	2375
S70	8,64	10	4,18	576
S71	7	10	7,75	467
S72	6,31	35	6,03	1521
S73	5,93	42,9	3,58	1186
S74	0,61	50	6,4	174
S75	9,66	16,7	6,19	396
S76	7,62	50	2	2117
S77	7,51	39,8	2,97	1665
S78	13,65	46	2	3900
S79	1,09	50	3,3	273
S80	10,67	47,6	2	2668
S81	10,31	45	2,65	2291
S82	5,17	50	6,98	862
S83	6,03	66	2	1508
S84	1,23	66	2	615
S85	15,09	49,9	2,2	946

Bilaga 7 Indata för Avrinningsområden efter utbyggnad

Avrinningsområde	Area [ha]	Avrinningskoefficient [%]	Lutning [%]	Bredd [m]
S1	9,85	10	5,4	656,7
S2	10,1	10	1,5	628,7
S3	8,83	18	4,3	851
S4	7,31	12,2	6,7	580
S5	4,87	36,8	6	730
S6	4,65	11,3	5,44	310
S7	7,08	12,7	3,26	453,8
S8	5,33	23,7	1,8	1777
S9	12,84	23,42	3,21	537
S10	1,53	55,3	5,2	321
S11	4,15	35,1	3,1	926
S12	8,6	37,5	6,6	1911
S13	7,86	50	2	931
S14	5,09	12,1	3	462,7
S18	3,6	30	5,59	592
S19	2,21	45,1	2	917
S20	5,75	43,5	2	1691
S21	3,54	40	2,11	1011
S22	3,99	18,3	4,3	418
S23	3,34	59,6	0,9	242
S25	7,68	17,9	5,24	593
S26	6,95	37,8	2,12	1533
S27	9,34	15,3	5,67	1245
S28	5,43	41,9	4,29	1584
S29	4,8	11,7	5,5	221
S30	4,57	13,6	5,26	293
S31	10,2	15,7	3,4	680
S32	15,82	10	2,1	1055
S33	14,37	10	11	958
S34	4,2	10	4,1	280
S35	6,99	10	1,6	466
S36	5,74	10	6,6	333,7
S37	9,28	10	1,4	619
S38	6,82	10	4,58	526
S39	13,54	10	3,56	1000
S40	8,11	10	4,6	532
S41	8,3	10	5,1	553
S42	7,1	10,7	1,9	473
S43	8,45	30,27	8,84	1181
S44	6,82	13,8	8,2	454,7
S45	6,96	10	11,68	464

S46	9,28	12,4	3,85	619
S47	13,81	36,49	3,28	2683
S48	12,38	39,22	2,25	1764
S49	7,86	12,9	6,11	634
S50	2,56	10	8,12	257
S52	14,01	23,8	5,21	1171,3
S53	5,1	39,1	3,15	942,7
S54	4,92	35,3	5,16	1075
S55	3,56	70	2	1113
S56	4,37	50	2	1213
S57	4,96	36,9	4,29	696
S58	13,5	41,9	4,04	3399
S59	12,15	25,5	4,6	500
S60	8,06	29,34	4,68	976,5
S61	4,56	20,79	4,3	370,8
S62	25,9	11,3	1,55	1727
S63	18	19,23	7,55	1504,7
S64	11,37	14,6	4,75	537
S65	9,61	12,4	5,09	650
S66	19,43	30	3,77	1820
S67	10,38	13,4	9,07	771
S69	4,75	70	2	2375
S70	7,57	10	4,18	576
S71	7	10	7,75	467
S72	6,31	35	6,03	1521
S73	5,93	42,9	3,58	1186
S74	0,61	50	6,4	174
S75	9,66	16,7	6,19	396
S76	7,62	50	2	2117
S77	7,51	39,8	2,97	1665
S78	13,65	46	2	3900
S79	1,09	50	3,3	273
S80	10,67	47,6	2	2668
S81	10,31	45	2,65	2291
S82	5,17	62,28	3,92	1097,6
S83	6,03	67,9	2	1508
S84	1,23	66	2	615
S85	15,09	52,63	2,17	1054,2
S86	8,58	50	2	2451
S87	44,01	50	2	11002,5
S88	12,67	37,4	6	2234
S89	14,85	50	2	3807,7
S90	29,51	39,95	3,11	3811
S91	18,35	47,2	2,48	3856

Bilaga 8 Indata för ledningar före utbyggnad

Ledning	Form	Diameter/ djup	Botten bredd	Lutning vänster sida	Lutning höger sida	Längd [m]	Manning N
C1	CIRCULAR	0,6	0	0	0	173,07	0,011
C2	CIRCULAR	0,7	0	0	0	288,2	0,011
C3	CIRCULAR	0,75	0	0	0	175,31	0,011
C4	CIRCULAR	0,25	0	0	0	139,95	0,011
C5	CIRCULAR	0,6	0	0	0	280,46	0,011
C6	CIRCULAR	0,8	0	0	0	60,7	0,011
C7	CIRCULAR	0,315	0	0	0	224,01	0,011
C8	CIRCULAR	0,3	0	0	0	86,16	0,011
C9	CIRCULAR	0,6	0	0	0	184,17	0,011
C10	CIRCULAR	0,4	0	0	0	228,91	0,011
C11	CIRCULAR	0,6	0	0	0	246,96	0,011
C12	CIRCULAR	0,8	0	0	0	253,9	0,011
C13	CIRCULAR	0,315	0	0	0	100,3	0,011
C14	CIRCULAR	0,4	0	0	0	130,93	0,011
C15	CIRCULAR	0,6	0	0	0	186,16	0,011
C16	CIRCULAR	0,4	0	0	0	130,13	0,011
C17	CIRCULAR	0,3	0	0	0	75,78	0,011
C18	CIRCULAR	0,3	0	0	0	405,25	0,011
C19	CIRCULAR	0,8	0	0	0	287,44	0,011
C20	CIRCULAR	0,5	0	0	0	232,11	0,011
C21	CIRCULAR	0,3	0	0	0	209,74	0,011
C22	CIRCULAR	0,8	0	0	0	159,25	0,011
C23	CIRCULAR	0,3	0	0	0	278,47	0,011
C24	CIRCULAR	0,3	0	0	0	190,34	0,011
C25	CIRCULAR	0,5	0	0	0	114,66	0,011
C26	CIRCULAR	0,5	0	0	0	267,04	0,011
C27	TRAPEZOIDAL	1	2	0,5	0,5	556,06	0,03
C28	CIRCULAR	0,8	0	0	0	156,35	0,011
C29	CIRCULAR	0,5	0	0	0	112,9	0,011
C30	CIRCULAR	0,4	0	0	0	321,4	0,011
C31	CIRCULAR	0,5	0	0	0	145,17	0,011
C32	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	578,04	0,1
C33	CIRCULAR	0,315	0	0	0	338,46	0,011
C34	TRAPEZOIDAL	0,5	0,5	0,5	0,5	563,46	0,03
C35	CIRCULAR	0,56	0	0	0	378,34	0,011
C36	CIRCULAR	0,315	0	0	0	197,27	0,011
C37	CIRCULAR	0,45	0	0	0	142,48	0,011
C38	TRAPEZOIDAL	0,5	1	0,5	0,5	173,52	0,04
C39	TRAPEZOIDAL	1	0,5	0,5	0,5	431,36	0,04

C40	CIRCULAR	0,6	0	0	0	299,06	0,011
C41	CIRCULAR	0,5	0	0	0	182,76	0,011
C42	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	586,12	0,03
C43	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	252,06	0,03
C44	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	335,46	0,03
C45	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	214,58	0,05
C46	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	222,84	0,05
C47	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	72,15	0,05
C48	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	43	0,05
C49	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	232,42	0,05
C50	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	209,24	0,05
C51	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	234,4	0,04
C52	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	164,88	0,04
C53	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	184,82	0,04
C54	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	130,67	0,04
C55	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	227,83	0,03
C56	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	277,62	0,06
C57	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	174,87	0,1
C58	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	519,78	0,06
C59	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	641,19	0,03
C60	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	636,76	0,01
C61	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	449,79	0,05
C62	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	489,71	0,05
C63	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	513,36	0,05
C64	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	692,52	0,04
C65	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	308,7	0,05
C66	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	408,62	0,03
C67	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	700,93	0,03
C68	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	693,38	0,03
C69	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	477,81	0,03
C70	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	780,11	0,03
C71	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	612,67	0,03
C72	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	400,92	0,03
C73	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	401,72	0,03
C74	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	410,63	0,03
C75	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	143,82	0,03
C76	CIRCULAR	0,6	0	0	0	173,07	0,011
C77	CIRCULAR	0,4	0	0	0	288,2	0,011
C78	TRAPEZOIDAL	0,5	0,5	0,5	0,5	246,81	0,03

Bilaga 9 Indata för ledningar efter utbyggnad

Ledning	Form	Diameter/ djup	Botten bredd	Lutning vänster sida	Lutning höger sida	Längd [m]	Manning N
C1	CIRCULAR	0,6	0	0	0	173,07	0,011
C2	CIRCULAR	0,7	0	0	0	288,2	0,011
C3	CIRCULAR	0,75	0	0	0	175,31	0,011
C4	CIRCULAR	0,25	0	0	0	139,95	0,011
C5	CIRCULAR	0,6	0	0	0	280,46	0,011
C6	CIRCULAR	0,8	0	0	0	60,7	0,011
C7	CIRCULAR	0,315	0	0	0	224,01	0,011
C8	CIRCULAR	0,3	0	0	0	86,16	0,011
C9	CIRCULAR	0,6	0	0	0	184,17	0,011
C10	CIRCULAR	0,4	0	0	0	228,91	0,011
C11	CIRCULAR	0,6	0	0	0	246,96	0,011
C12	CIRCULAR	0,8	0	0	0	253,9	0,011
C13	CIRCULAR	0,315	0	0	0	100,3	0,011
C14	CIRCULAR	0,4	0	0	0	130,93	0,011
C15	CIRCULAR	0,6	0	0	0	186,16	0,011
C16	CIRCULAR	0,4	0	0	0	130,13	0,011
C17	CIRCULAR	0,3	0	0	0	75,78	0,011
C18	CIRCULAR	0,3	0	0	0	405,25	0,011
C19	CIRCULAR	0,8	0	0	0	287,44	0,011
C20	CIRCULAR	0,5	0	0	0	232,11	0,011
C21	CIRCULAR	0,3	0	0	0	209,74	0,011
C22	CIRCULAR	0,8	0	0	0	159,25	0,011
C23	CIRCULAR	0,3	0	0	0	278,47	0,011
C24	CIRCULAR	0,3	0	0	0	190,34	0,011
C25	CIRCULAR	0,5	0	0	0	114,66	0,011
C26	CIRCULAR	0,5	0	0	0	267,04	0,011
C27	TRAPEZOIDAL	1	2	0,5	0,5	556,06	0,03
C28	CIRCULAR	0,8	0	0	0	156,35	0,011
C29	CIRCULAR	0,5	0	0	0	112,9	0,011
C30	CIRCULAR	0,4	0	0	0	321,4	0,011
C31	CIRCULAR	0,5	0	0	0	145,17	0,011
C32	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	578,04	0,1
C33	CIRCULAR	0,315	0	0	0	338,46	0,011
C34	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	563,46	0,03
C35	CIRCULAR	0,56	0	0	0	378,34	0,011
C36	CIRCULAR	0,315	0	0	0	197,27	0,011
C37	CIRCULAR	0,45	0	0	0	142,48	0,011
C38	TRAPEZOIDAL	0,5	1	0,5	0,5	173,52	0,04
C39	TRAPEZOIDAL	1	0,5	0,5	0,5	431,36	0,04
C40	CIRCULAR	0,6	0	0	0	299,06	0,011

C41	CIRCULAR	0,5	0	0	0	182,76	0,011
C42	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	586,12	0,03
C43	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	252,06	0,03
C44	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	335,46	0,03
C45	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	214,58	0,05
C46	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	222,84	0,05
C47	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	72,15	0,05
C48	TRAPEZOIDAL	2	5	0,5	0,5	43	0,05
C49	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	232,42	0,05
C50	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	209,24	0,05
C51	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	234,4	0,04
C52	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	164,88	0,04
C53	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	184,82	0,04
C54	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	130,67	0,04
C55	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	227,83	0,03
C56	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	277,62	0,06
C57	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	174,87	0,1
C58	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	519,78	0,06
C59	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	641,19	0,03
C60	TRAPEZOIDAL	2	3	0,5	0,5	636,76	0,01
C61	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	449,79	0,05
C62	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	489,71	0,05
C64	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	692,52	0,04
C65	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	308,7	0,05
C66	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	408,62	0,03
C67	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	700,93	0,03
C68	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	693,38	0,03
C69	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	477,81	0,03
C70	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	780,11	0,03
C71	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	612,67	0,03
C72	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	400,92	0,03
C73	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	401,72	0,03
C74	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	410,63	0,03
C75	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	143,82	0,03
C76	CIRCULAR	0,6	0	0	0	173,07	0,011
C77	CIRCULAR	0,4	0	0	0	288,2	0,011
C78	TRAPEZOIDAL	0,5	0,5	0,5	0,5	246,81	0,03
C79	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	225,72	0,05
C80	TRAPEZOIDAL	2	2	0,5	0,5	280,67	0,05

Bilaga 10 Indata för knutpunkter före utbyggnad

Knutpunkter och utlopp	Höjd över havet till insidan av botten på ledningen [m]
J1	12,96
J2	9,76
J3	8,1
J4	7,62
J5	8,37
J6	8,99
J7	9,74
J8	9,94
J9	10,92
J10	11,1
J11	11,2
J12	11,5
J13	14,8
J14	20
J15	26,2
J16	39,4
J17	15,18
J18	6,71
J19	15,55
J20	19,5
J21	28
J22	33
J23	36,79
J24	24,58
J25	34,94
J26	11,29
J27	16,11
J28	23,04
J29	27,3
J30	29,04
J31	26,21
J32	11
J33	29,39
J34	30,87
J35	32,77
J36	13,7
J37	10,1
J38	12,87
J39	12,07
J40	18,78

J41	29,68
J42	26,89
J43	21,63
J44	20,2
J45	17,65
J46	16,76
J47	27,97
J48	23,54
J49	18,11
J50	13,18
J51	15,37
J52	7,2
J53	8,05
J54	14,32
J55	11,58
J56	13,14
J57	14,26
J58	11
J59	11,97
J61	9,75
J62	18,79
J63	10,95
J64	10,97
J65	10,98
J66	11,05
J77	11,3
J78	19,5
J79	22,5
J80	31,5
J81	13
J82	24
J83	22,5
J84	27,4
J85	26,62
J86	29
J87	32,13

Bilaga 11 Indata för knutpunkter efter utbyggnad

Knutpunkter och utlopp	Höjd över havet till insidan av botten på ledningen [m]
J1	12,96
J2	9,76
J3	8,1
J4	7,62
J5	8,37
J6	8,99
J7	9,74
J8	9,94
J9	10,92
J10	11,1
J11	11,2
J12	11,5
J13	14,8
J14	20
J15	26,2
J16	39,4
J17	15,18
J18	6,71
J19	15,55
J20	19,5
J21	28
J22	33
J23	36,79
J24	24,58
J25	34,94
J26	11,29
J27	16,11
J28	23,04
J29	27,3
J30	29,04
J31	26,21
J32	11
J33	29,39
J34	30,87
J35	32,77
J36	13,7
J37	10,1
J38	12,87
J39	12,07
J40	18,78

J41	29,68
J42	26,89
J43	21,63
J44	20,2
J45	17,65
J46	16,76
J47	27,97
J48	23,54
J49	18,11
J50	13,18
J51	15,37
J52	7,2
J53	8,05
J54	14,32
J55	11,58
J56	13,14
J57	14,26
J58	11
J59	11,97
J61	9,75
J62	18,79
J63	10,95
J64	10,97
J65	10,98
J66	11,05
J77	11,3
J78	19,5
J79	22,5
J80	31,5
J81	13
J82	24
J83	22,5
J84	27,4
J85	26,62
J86	29
J87	21
J88	32,13
Ut1	6,3

Bilaga 12 Resultat före utbyggnad med återkomsttid 1 år

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.0 (Build 5.0.022)

Analysis Options

Flow Units CMS
 Process Models:
 Rainfall/Runoff YES
 Snowmelt NO
 Groundwater NO
 Flow Routing YES
 Ponding Allowed NO
 Water Quality NO
 Infiltration Method GREEN_AMPT
 Flow Routing Method DYNWAVE
 Starting Date MAR-22-2012 00:00:00
 Ending Date MAR-22-2012 12:00:00
 Antecedent Dry Days 0.0
 Report Time Step 00:10:00
 Wet Time Step 00:10:00
 Dry Time Step 00:10:00
 Routing Time Step 30.00 sec

	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
*****	-----	-----
Total Precipitation	7.593	11.302
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	5.800	8.633
Surface Runoff	1.814	2.700
Final Surface Storage	0.006	0.009
Continuity Error (%)	-0.349	

	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10 ⁶ ltr
*****	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	1.814	18.138
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	1.503	15.027

Internal Outflow	0.120	1.201
Storage Losses	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.001
Final Stored Volume	0.196	1.956
Continuity Error (%)	-0.249	

Subcatchment Runoff Summary

Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Total Runoff mm	Total Runoff 10 ⁶	Peak Runoff ltr	Runoff Coeff CMS
S1	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.11	0.03	0.101
S2	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.12	0.03	0.101
S3	11.30	0.00	0.00	7.62	3.74	0.33	0.09	0.331
S4	11.30	0.00	0.00	9.92	1.39	0.10	0.03	0.123
S5	11.30	0.00	0.00	7.14	4.20	0.20	0.06	0.372
S6	11.30	0.00	0.00	10.02	1.29	0.06	0.02	0.114
S7	11.30	0.00	0.00	9.87	1.45	0.10	0.03	0.128
S8	11.30	0.00	0.00	8.62	2.69	0.14	0.04	0.238
S9	11.30	0.00	0.00	9.05	2.29	0.29	0.08	0.203
S10	11.30	0.00	0.00	5.05	6.32	0.10	0.03	0.559
S11	11.30	0.00	0.00	7.33	4.00	0.17	0.05	0.354
S12	11.30	0.00	0.00	7.06	4.27	0.37	0.10	0.377
S13	11.30	0.00	0.00	5.65	5.76	0.45	0.12	0.509
S14	11.30	0.00	0.00	9.93	1.39	0.08	0.02	0.123
S15	11.30	0.00	0.00	9.86	1.46	0.06	0.02	0.129
S16	11.30	0.00	0.00	9.35	1.99	0.04	0.01	0.176
S17	11.30	0.00	0.00	5.65	5.73	0.59	0.16	0.507
S18	11.30	0.00	0.00	7.91	3.42	0.12	0.03	0.302
S19	11.30	0.00	0.00	6.20	5.14	0.11	0.03	0.455
S20	11.30	0.00	0.00	6.39	4.97	0.29	0.08	0.440
S21	11.30	0.00	0.00	6.78	4.57	0.16	0.04	0.404
S22	11.30	0.00	0.00	9.23	2.09	0.08	0.02	0.185
S23	11.30	0.00	0.00	4.57	6.84	0.23	0.06	0.605
S24	11.30	0.00	0.00	8.48	2.85	0.04	0.01	0.252
S25	11.30	0.00	0.00	9.28	2.04	0.16	0.04	0.181
S26	11.30	0.00	0.00	7.03	4.32	0.30	0.08	0.382
S27	11.30	0.00	0.00	9.57	1.74	0.16	0.04	0.154
S28	11.30	0.00	0.00	6.57	4.77	0.26	0.07	0.422

S29	11.30	0.00	0.00	9.98	1.34	0.06	0.02	0.118
S30	11.30	0.00	0.00	9.76	1.55	0.07	0.02	0.137
S31	11.30	0.00	0.00	9.53	1.80	0.18	0.05	0.159
S32	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.18	0.05	0.101
S33	11.30	0.00	0.00	10.17	1.13	0.16	0.05	0.100
S34	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.05	0.01	0.101
S35	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.08	0.02	0.101
S36	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.07	0.02	0.101
S37	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.11	0.03	0.101
S38	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.08	0.02	0.101
S39	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.15	0.04	0.101
S40	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.09	0.03	0.101
S41	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.09	0.03	0.101
S42	11.30	0.00	0.00	10.09	1.22	0.09	0.02	0.108
S43	11.30	0.00	0.00	8.82	2.50	0.21	0.06	0.221
S44	11.30	0.00	0.00	9.74	1.57	0.23	0.06	0.139
S45	11.30	0.00	0.00	10.17	1.13	0.08	0.02	0.100
S46	11.30	0.00	0.00	9.90	1.42	0.13	0.04	0.125
S47	11.30	0.00	0.00	9.53	1.78	0.24	0.07	0.158
S48	11.30	0.00	0.00	9.99	1.32	0.16	0.05	0.117
S49	11.30	0.00	0.00	9.84	1.47	0.12	0.03	0.130
S50	11.30	0.00	0.00	10.17	1.13	0.03	0.01	0.100
S51	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.17	0.05	0.101
S52	11.30	0.00	0.00	9.92	1.39	0.19	0.05	0.123
S53	11.30	0.00	0.00	9.81	1.50	0.07	0.02	0.133
S54	11.30	0.00	0.00	7.31	4.02	0.20	0.05	0.356
S55	11.30	0.00	0.00	3.39	8.03	0.29	0.08	0.710
S56	11.30	0.00	0.00	5.65	5.72	0.25	0.07	0.506
S57	11.30	0.00	0.00	7.13	4.22	0.21	0.06	0.374
S58	11.30	0.00	0.00	6.57	4.78	0.64	0.18	0.423
S59	11.30	0.00	0.00	8.42	2.94	0.36	0.10	0.260
S60	11.30	0.00	0.00	8.22	3.12	0.25	0.07	0.276
S61	11.30	0.00	0.00	10.01	1.30	0.06	0.02	0.115
S62	11.30	0.00	0.00	10.02	1.29	0.34	0.09	0.115
S63	11.30	0.00	0.00	9.47	1.84	0.33	0.09	0.163
S64	11.30	0.00	0.00	9.65	1.67	0.19	0.05	0.148
S65	11.30	0.00	0.00	9.90	1.41	0.14	0.04	0.125
S66	11.30	0.00	0.00	7.91	3.44	0.67	0.18	0.305
S67	11.30	0.00	0.00	9.79	1.52	0.16	0.04	0.135
S68	11.30	0.00	0.00	10.17	1.13	0.03	0.01	0.100
S69	11.30	0.00	0.00	3.39	7.99	0.38	0.10	0.707
S70	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.10	0.03	0.101
S71	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.08	0.02	0.101
S72	11.30	0.00	0.00	7.35	3.98	0.25	0.07	0.352
S73	11.30	0.00	0.00	6.45	4.90	0.29	0.08	0.434
S74	11.30	0.00	0.00	5.65	5.69	0.03	0.01	0.504

S75	11.30	0.00	0.00	9.41	1.92	0.19	0.05	0.170
S76	11.30	0.00	0.00	5.65	5.72	0.44	0.12	0.506
S77	11.30	0.00	0.00	6.80	4.55	0.34	0.09	0.402
S78	11.30	0.00	0.00	6.10	5.26	0.72	0.20	0.465
S79	11.30	0.00	0.00	5.65	5.71	0.06	0.02	0.506
S80	11.30	0.00	0.00	5.92	5.45	0.58	0.16	0.482
S81	11.30	0.00	0.00	6.22	5.15	0.53	0.15	0.456
S82	11.30	0.00	0.00	5.65	5.72	0.30	0.08	0.506
S83	11.30	0.00	0.00	3.84	7.58	0.46	0.12	0.671
S84	11.30	0.00	0.00	3.84	7.53	0.09	0.03	0.666
S85	11.30	0.00	0.00	5.66	5.74	0.87	0.24	0.508

Node Surcharge Summary

Surcharging occurs when water rises above the top of the highest conduit.

Node	Type	Max. Height	Min. Depth		
		Hours	Above Crown	Below Rim	
		Surcharged	Meters	Meters	
J33	JUNCTION	0.80	0.000	0.000	
J37	JUNCTION	0.89	0.000	0.000	
J49	JUNCTION	1.02	0.000	0.000	

Node Flooding Summary

Flooding refers to all water that overflows a node, whether it ponds or not.

Node	Total Maximum		Time of Max Occurrence	Flood Volume	Ponded Depth
	Hours Flooded	Rate CMS			
		10^6 ltr	days hr:min		Meters
J33	0.79	0.109	0 00:15	0.230	0.56
J37	0.89	0.048	0 00:59	0.116	0.32
J49	1.02	0.255	0 00:29	0.856	0.30

Outfall Loading Summary

Outfall Node	Flow Freq. Pcnt.	Avg. Flow CMS	Max. Flow CMS	Total Volume 10 ⁶ ltr
Ut1	99.68	0.435	2.027	15.027
System	99.68	0.435	2.027	15.027

Link Flow Summary

Link	Type	Maximum Flow CMS	Time of max Occurrence days hr:min	Maximum Veloc m/sec	Max/ Full Flow	Max/ Full Depth
C1	CONDUIT	0.042	0 00:40	2.13	0.04	0.23
C2	CONDUIT	0.131	0 00:41	1.45	0.16	0.31
C3	CONDUIT	0.224	0 00:26	3.03	0.19	0.64
C4	CONDUIT	0.090	0 00:30	2.78	0.65	0.67
C5	CONDUIT	0.225	0 00:52	2.64	0.21	0.44
C6	CONDUIT	0.387	0 00:58	2.99	0.29	0.68
C7	CONDUIT	0.027	0 00:50	0.50	0.18	0.65
C8	CONDUIT	0.136	0 00:17	3.91	1.05	1.00
C9	CONDUIT	0.413	0 00:59	2.80	0.69	0.68
C10	CONDUIT	0.136	0 00:17	2.77	0.56	0.76
C11	CONDUIT	0.391	0 00:59	2.00	0.82	0.65
C12	CONDUIT	0.211	0 00:42	1.25	0.21	0.42
C13	CONDUIT	0.034	0 00:59	1.82	0.25	0.56
C14	CONDUIT	0.177	0 00:23	2.89	0.35	0.51
C15	CONDUIT	0.154	0 00:22	2.43	0.17	0.28
C16	CONDUIT	0.123	0 00:59	2.81	0.25	0.38
C17	CONDUIT	0.079	0 00:20	2.68	0.36	0.43
C18	CONDUIT	0.045	0 00:59	1.17	0.30	0.57
C19	CONDUIT	0.254	0 00:59	1.64	0.22	0.43
C20	CONDUIT	0.305	0 00:50	6.39	0.53	0.69
C21	CONDUIT	0.180	0 01:06	3.09	1.03	0.92
C22	CONDUIT	0.560	0 00:15	2.82	0.56	0.54
C23	CONDUIT	0.010	0 00:26	0.43	0.06	0.35
C24	CONDUIT	0.080	0 00:20	4.51	0.30	0.46
C25	CONDUIT	0.089	0 01:00	1.59	0.23	0.35
C26	CONDUIT	0.162	0 00:16	3.91	0.25	0.59
C27	CONDUIT	0.185	0 00:27	0.52	0.06	0.17
C28	CONDUIT	0.264	0 00:41	3.38	0.10	0.21

C29	CONDUIT	0.264	0	00:42	3.57	0.24	0.41
C30	CONDUIT	0.104	0	00:59	3.96	0.24	0.47
C31	CONDUIT	0.378	0	00:42	3.99	0.46	0.74
C32	CONDUIT	0.388	0	01:05	0.20	0.26	0.30
C33	CONDUIT	0.059	0	00:13	2.91	0.29	0.37
C34	CONDUIT	0.063	0	00:37	1.46	0.08	0.53
C35	CONDUIT	0.178	0	00:50	1.52	0.47	0.74
C36	CONDUIT	0.078	0	00:30	1.84	0.46	0.74
C37	CONDUIT	0.069	0	00:50	1.80	0.15	0.63
C38	CONDUIT	0.342	0	00:28	0.60	1.04	0.96
C39	CONDUIT	0.429	0	00:33	2.35	0.18	0.30
C40	CONDUIT	0.055	0	00:23	2.44	0.04	0.15
C41	CONDUIT	0.076	0	00:14	3.68	0.08	0.52
C42	CONDUIT	2.027	0	01:08	0.88	0.27	0.35
C43	CONDUIT	1.904	0	01:06	0.71	0.15	0.43
C44	CONDUIT	1.958	0	01:04	0.82	0.20	0.36
C45	CONDUIT	1.700	0	01:04	0.72	0.17	0.36
C46	CONDUIT	1.635	0	01:03	0.70	0.19	0.35
C47	CONDUIT	1.540	0	01:02	0.80	0.09	0.29
C48	CONDUIT	1.084	0	01:03	0.64	0.42	0.26
C49	CONDUIT	0.973	0	01:03	0.45	0.20	0.33
C50	CONDUIT	0.960	0	01:01	0.61	0.08	0.29
C51	CONDUIT	0.370	0	02:41	0.34	0.16	0.22
C52	CONDUIT	0.371	0	02:32	0.25	0.16	0.23
C53	CONDUIT	0.374	0	02:23	0.23	0.24	0.25
C54	CONDUIT	0.379	0	02:12	0.22	0.15	0.27
C55	CONDUIT	0.389	0	02:03	0.23	0.09	0.26
C56	CONDUIT	0.408	0	01:55	0.23	0.22	0.28
C57	CONDUIT	0.377	0	01:57	0.18	0.19	0.32
C58	CONDUIT	0.448	0	01:29	0.23	0.23	0.34
C59	CONDUIT	0.637	0	01:14	0.33	0.13	0.32
C60	CONDUIT	0.732	0	01:05	1.26	0.01	0.18
C61	CONDUIT	0.335	0	01:07	0.53	0.05	0.15
C62	CONDUIT	0.277	0	01:07	0.39	0.03	0.17
C63	CONDUIT	0.189	0	00:54	0.46	0.02	0.10
C64	CONDUIT	0.055	0	01:00	0.20	0.00	0.07
C65	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.02
C66	CONDUIT	0.131	0	01:00	0.70	0.01	0.08
C67	CONDUIT	0.040	0	01:00	0.29	0.00	0.03
C68	CONDUIT	0.163	0	01:05	0.23	0.01	0.18
C69	CONDUIT	0.105	0	01:01	0.51	0.00	0.05
C70	CONDUIT	0.039	0	01:01	0.22	0.00	0.05
C71	CONDUIT	0.048	0	01:04	0.37	0.00	0.03
C72	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.01
C73	CONDUIT	0.055	0	00:46	0.58	0.00	0.03
C74	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.01

C75	CONDUIT	0.100	0	00:22	0.85	0.01	0.15
C76	CONDUIT	0.042	0	00:40	2.13	0.04	0.23
C77	CONDUIT	0.084	0	00:41	1.36	0.45	0.53
C78	CONDUIT	0.076	0	00:14	1.50	0.08	0.54

Conduit Surcharge Summary

Conduit	Hours Full		Hours Above Full Capacity		Normal Flow	Limited
	Both Ends	Upstream	Dnstream	Normal Flow		
C8	0.78	0.78	0.78	0.05	0.01	
C21	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
C38	0.01	0.01	0.01	0.79	0.01	

Bilaga 13 Resultat efter utbyggnad med återkomsttid 1 år

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.0 (Build 5.0.022)

Analysis Options

Flow Units CMS
 Process Models:
 Rainfall/Runoff YES
 Snowmelt NO
 Groundwater NO
 Flow Routing YES
 Ponding Allowed NO
 Water Quality NO
 Infiltration Method GREEN_AMPT
 Flow Routing Method DYNWAVE
 Starting Date MAR-22-2012 00:00:00
 Ending Date MAR-22-2012 12:00:00
 Antecedent Dry Days 0.0
 Report Time Step 00:10:00
 Wet Time Step 00:10:00
 Dry Time Step 00:10:00
 Routing Time Step 30.00 sec

	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
*****	-----	-----
Total Precipitation	8.544	11.302
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	6.060	8.017
Surface Runoff	2.513	3.325
Final Surface Storage	0.008	0.011
Continuity Error (%)	-0.453	

	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10 ⁶ ltr
*****	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	2.513	25.134
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	2.043	20.432
Internal Outflow	0.233	2.329

Storage Losses	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.001
Final Stored Volume	0.243	2.426
Continuity Error (%)	-0.207	

Subcatchment Runoff Summary

Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Total Runoff mm	Total Runoff 10^6	Peak Runoff ltr	Runoff Coeff CMS
S1	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.11	0.03	0.101
S2	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.12	0.03	0.101
S3	11.30	0.00	0.00	9.27	2.05	0.18	0.05	0.182
S4	11.30	0.00	0.00	9.92	1.39	0.10	0.03	0.123
S5	11.30	0.00	0.00	7.14	4.20	0.20	0.06	0.372
S6	11.30	0.00	0.00	10.02	1.29	0.06	0.02	0.114
S7	11.30	0.00	0.00	9.87	1.45	0.10	0.03	0.128
S8	11.30	0.00	0.00	8.62	2.69	0.14	0.04	0.238
S9	11.30	0.00	0.00	8.66	2.70	0.35	0.09	0.239
S10	11.30	0.00	0.00	5.05	6.32	0.10	0.03	0.559
S11	11.30	0.00	0.00	7.33	4.00	0.17	0.05	0.354
S12	11.30	0.00	0.00	7.06	4.27	0.37	0.10	0.377
S13	11.30	0.00	0.00	5.65	5.76	0.45	0.12	0.509
S14	11.30	0.00	0.00	9.93	1.38	0.07	0.02	0.122
S18	11.30	0.00	0.00	7.91	3.42	0.12	0.03	0.302
S19	11.30	0.00	0.00	6.20	5.14	0.11	0.03	0.455
S20	11.30	0.00	0.00	6.39	4.97	0.29	0.08	0.440
S21	11.30	0.00	0.00	6.78	4.57	0.16	0.04	0.404
S22	11.30	0.00	0.00	9.23	2.09	0.08	0.02	0.185
S23	11.30	0.00	0.00	4.57	6.84	0.23	0.06	0.605
S25	11.30	0.00	0.00	9.28	2.04	0.16	0.04	0.181
S26	11.30	0.00	0.00	7.03	4.32	0.30	0.08	0.382
S27	11.30	0.00	0.00	9.57	1.74	0.16	0.04	0.154
S28	11.30	0.00	0.00	6.57	4.77	0.26	0.07	0.422
S29	11.30	0.00	0.00	9.98	1.34	0.06	0.02	0.118
S30	11.30	0.00	0.00	9.76	1.55	0.07	0.02	0.137
S31	11.30	0.00	0.00	9.53	1.80	0.18	0.05	0.159
S32	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.18	0.05	0.101
S33	11.30	0.00	0.00	10.17	1.13	0.16	0.05	0.100
S34	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.05	0.01	0.101

S35	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.08	0.02	0.101
S36	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.07	0.02	0.101
S37	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.11	0.03	0.101
S38	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.08	0.02	0.101
S39	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.15	0.04	0.101
S40	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.09	0.03	0.101
S41	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.09	0.03	0.101
S42	11.30	0.00	0.00	10.09	1.22	0.09	0.02	0.108
S43	11.30	0.00	0.00	7.88	3.45	0.29	0.08	0.305
S44	11.30	0.00	0.00	9.74	1.57	0.11	0.03	0.139
S45	11.30	0.00	0.00	10.17	1.13	0.08	0.02	0.100
S46	11.30	0.00	0.00	9.90	1.42	0.13	0.04	0.125
S47	11.30	0.00	0.00	7.18	4.17	0.58	0.16	0.369
S48	11.30	0.00	0.00	6.87	4.50	0.56	0.15	0.399
S49	11.30	0.00	0.00	9.84	1.47	0.12	0.03	0.130
S50	11.30	0.00	0.00	10.17	1.13	0.03	0.01	0.100
S52	11.30	0.00	0.00	8.61	2.72	0.38	0.10	0.241
S53	11.30	0.00	0.00	6.88	4.47	0.23	0.06	0.396
S54	11.30	0.00	0.00	7.31	4.02	0.20	0.05	0.356
S55	11.30	0.00	0.00	3.39	8.03	0.29	0.08	0.710
S56	11.30	0.00	0.00	5.65	5.72	0.25	0.07	0.506
S57	11.30	0.00	0.00	7.13	4.22	0.21	0.06	0.374
S58	11.30	0.00	0.00	6.57	4.78	0.64	0.18	0.423
S59	11.30	0.00	0.00	8.42	2.94	0.36	0.10	0.260
S60	11.30	0.00	0.00	7.99	3.35	0.27	0.07	0.297
S61	11.30	0.00	0.00	8.95	2.38	0.11	0.03	0.210
S62	11.30	0.00	0.00	10.02	1.29	0.34	0.09	0.115
S63	11.30	0.00	0.00	9.13	2.19	0.39	0.11	0.194
S64	11.30	0.00	0.00	9.65	1.67	0.19	0.05	0.148
S65	11.30	0.00	0.00	9.90	1.41	0.14	0.04	0.125
S66	11.30	0.00	0.00	7.91	3.44	0.67	0.18	0.305
S67	11.30	0.00	0.00	9.79	1.52	0.16	0.04	0.135
S69	11.30	0.00	0.00	3.39	7.99	0.38	0.10	0.707
S70	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.09	0.02	0.101
S71	11.30	0.00	0.00	10.17	1.14	0.08	0.02	0.101
S72	11.30	0.00	0.00	7.35	3.98	0.25	0.07	0.352
S73	11.30	0.00	0.00	6.45	4.90	0.29	0.08	0.434
S74	11.30	0.00	0.00	5.65	5.69	0.03	0.01	0.504
S75	11.30	0.00	0.00	9.41	1.92	0.19	0.05	0.170
S76	11.30	0.00	0.00	5.65	5.72	0.44	0.12	0.506
S77	11.30	0.00	0.00	6.80	4.55	0.34	0.09	0.402
S78	11.30	0.00	0.00	6.10	5.26	0.72	0.20	0.465
S79	11.30	0.00	0.00	5.65	5.71	0.06	0.02	0.506
S80	11.30	0.00	0.00	5.92	5.45	0.58	0.16	0.482
S81	11.30	0.00	0.00	6.22	5.15	0.53	0.15	0.456
S82	11.30	0.00	0.00	4.26	7.14	0.37	0.10	0.632

S83	11.30	0.00	0.00	3.63	7.80	0.47	0.13	0.690
S84	11.30	0.00	0.00	3.84	7.53	0.09	0.03	0.666
S85	11.30	0.00	0.00	5.35	6.06	0.91	0.25	0.536
S86	11.30	0.00	0.00	5.65	5.72	0.49	0.13	0.506
S87	11.30	0.00	0.00	5.65	5.73	2.52	0.69	0.507
S88	11.30	0.00	0.00	7.08	4.26	0.54	0.15	0.377
S89	11.30	0.00	0.00	5.65	5.73	0.85	0.23	0.507
S90	11.30	0.00	0.00	6.79	4.59	1.35	0.37	0.406
S91	11.30	0.00	0.00	5.97	5.41	0.99	0.27	0.478

Node Inflow Summary

Node	Type	Maximum Lateral Inflow CMS	Maximum Total Inflow CMS	Time of max Occurrence days	hr:min	Lateral Inflow Volume 10^6 ltr	Total Inflow Volume 10^6 ltr
J1	JUNCTION	0.084	0.084	0	00:39	0.306	0.306
J2	JUNCTION	0.040	0.174	0	00:39	0.144	0.631
J3	JUNCTION	0.000	0.174	0	00:41	0.000	0.632
J4	JUNCTION	0.062	2.506	0	00:59	0.226	19.983
J5	JUNCTION	0.114	1.982	0	01:00	0.417	18.954
J6	JUNCTION	0.000	1.901	0	01:02	0.000	18.585
J7	JUNCTION	0.062	1.804	0	01:01	0.229	18.229
J8	JUNCTION	0.043	1.121	0	01:00	0.157	15.475
J9	JUNCTION	0.249	1.103	0	00:59	0.915	15.531
J10	JUNCTION	0.000	1.065	0	01:27	0.000	11.552
J11	JUNCTION	0.000	1.094	0	01:22	0.000	9.211
J12	JUNCTION	0.046	2.209	0	01:01	0.167	8.918
J13	JUNCTION	0.063	0.207	0	00:59	0.229	0.799
J14	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0.000	0.000
J15	JUNCTION	0.000	0.055	0	00:46	0.000	0.187
J16	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0.000	0.000
J17	JUNCTION	0.050	0.050	0	00:59	0.181	0.181
J18	JUNCTION	0.063	2.364	0	01:02	0.228	20.712
J19	JUNCTION	0.418	1.605	0	00:59	1.525	5.887
J20	JUNCTION	0.370	1.083	0	00:53	1.355	3.936
J21	JUNCTION	0.000	0.000	0	00:00	0.000	0.000
J22	JUNCTION	0.040	0.040	0	00:20	0.145	0.144
J23	JUNCTION	0.055	0.055	0	00:20	0.198	0.198
J24	JUNCTION	0.063	0.117	0	00:29	0.228	0.426
J25	JUNCTION	0.057	0.057	0	00:50	0.210	0.209

J26	JUNCTION	0.076	0.593	0	00:42	0.277	2.196
J27	JUNCTION	0.149	0.517	0	00:42	0.541	1.882
J28	JUNCTION	0.000	0.264	0	00:41	0.000	0.962
J29	JUNCTION	0.081	0.266	0	00:28	0.294	0.964
J30	JUNCTION	0.183	0.183	0	00:30	0.669	0.669
J31	JUNCTION	0.104	0.104	0	00:59	0.380	0.380
J32	JUNCTION	0.000	0.764	0	02:07	0.000	11.890
J33	JUNCTION	0.097	0.422	0	00:50	0.357	1.540
J34	JUNCTION	0.178	0.178	0	00:49	0.645	0.645
J35	JUNCTION	0.078	0.078	0	00:30	0.286	0.286
J36	JUNCTION	0.000	1.936	0	01:01	0.000	7.553
J37	JUNCTION	0.129	0.155	0	00:30	0.471	0.567
J38	JUNCTION	0.027	0.027	0	00:49	0.097	0.097
J39	JUNCTION	0.691	0.902	0	00:50	2.524	3.286
J40	JUNCTION	0.023	0.177	0	00:22	0.083	0.644
J41	JUNCTION	0.079	0.079	0	00:59	0.286	0.286
J42	JUNCTION	0.044	0.123	0	00:59	0.162	0.447
J43	JUNCTION	0.031	0.154	0	00:59	0.114	0.561
J44	JUNCTION	0.071	0.071	0	00:20	0.259	0.259
J45	JUNCTION	0.000	0.089	0	00:59	0.000	0.326
J46	JUNCTION	0.069	0.159	0	00:39	0.251	0.576
J47	JUNCTION	0.080	0.080	0	00:59	0.291	0.291
J48	JUNCTION	0.010	0.010	0	00:20	0.035	0.035
J49	JUNCTION	0.428	0.428	0	00:29	1.559	1.558
J50	JUNCTION	0.101	0.275	0	00:29	0.369	1.074
J51	JUNCTION	0.305	0.305	0	00:49	1.114	1.112
J52	JUNCTION	0.028	2.268	0	01:01	0.103	19.938
J53	JUNCTION	0.000	0.289	0	01:06	0.000	0.879
J54	JUNCTION	0.225	0.225	0	00:50	0.820	0.819
J55	JUNCTION	0.000	0.580	0	00:50	0.000	2.189
J56	JUNCTION	0.000	0.211	0	00:23	0.000	0.767
J57	JUNCTION	0.034	0.034	0	00:59	0.123	0.123
J58	JUNCTION	0.000	0.551	0	00:14	0.000	2.186
J59	JUNCTION	0.082	0.127	0	00:24	0.301	0.463
J61	JUNCTION	0.000	1.215	0	01:01	0.000	15.876
J62	JUNCTION	0.045	0.045	0	00:59	0.162	0.162
J63	JUNCTION	0.043	0.735	0	02:26	0.157	12.643
J64	JUNCTION	0.051	0.740	0	02:20	0.185	12.186
J65	JUNCTION	0.154	0.748	0	02:14	0.562	12.102
J66	JUNCTION	0.072	0.796	0	01:56	0.263	11.496
J77	JUNCTION	0.142	1.529	0	01:06	0.516	9.349
J78	JUNCTION	0.042	0.042	0	00:50	0.154	0.154
J79	JUNCTION	0.064	0.111	0	00:59	0.232	0.417
J80	JUNCTION	0.052	0.052	0	00:20	0.187	0.187
J81	JUNCTION	0.109	0.109	0	00:49	0.395	0.395
J82	JUNCTION	0.152	0.192	0	00:59	0.558	0.702

J83	JUNCTION	0.460	0.515	0	00:59	1.677	1.884
J84	JUNCTION	0.058	0.058	0	00:59	0.211	0.210
J85	JUNCTION	0.000	0.058	0	00:15	0.000	0.210
J86	JUNCTION	0.104	0.446	0	00:24	0.379	1.683
J87	JUNCTION	0.000	0.526	0	00:44	0.000	1.885
J88	JUNCTION	0.069	0.069	0	00:50	0.250	0.250
Ut1	OUTFALL	0.000	2.263	0	01:08	0.000	20.432

Node Surcharge Summary

Surcharging occurs when water rises above the top of the highest conduit.

Node	Type	Max. Height Min. Depth		
		Hours Surcharged	Above Crown Meters	Below Rim Meters
J33	JUNCTION	0.79	0.000	0.000
J37	JUNCTION	0.89	0.000	0.000
J39	JUNCTION	0.90	0.000	0.000
J49	JUNCTION	1.02	0.000	0.000

Node Flooding Summary

Flooding refers to all water that overflows a node, whether it ponds or not.

Node	Total Maximum					
	Maximum Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Time of Max Occurrence days hr:min	Maximum Flood Volume 10^6 ltr	Ponded Depth Meters	
J33	0.79	0.100	0 00:15	0.235	0.56	
J37	0.89	0.056	0 00:59	0.140	0.32	
J39	0.90	0.360	0 00:50	1.102	0.80	
J49	1.02	0.254	0 00:20	0.853	0.30	

Outfall Loading Summary

Flow Freq.	Avg. Flow	Max. Flow	Total Volume
------------	-----------	-----------	--------------

Outfall Node	Pcnt.	CMS	CMS	10 ⁶ ltr
Ut1	99.68	0.578	2.263	20.432
System	99.68	0.578	2.263	20.432

Link Flow Summary

Link	Type	Maximum Flow CMS	Time of max Occurrence days hr:min	Maximum Veloc m/sec	Max/ Full Flow	Max/ Full Depth
-						
C1	CONDUIT	0.042	0 00:40	2.22	0.04	0.21
C2	CONDUIT	0.105	0 00:41	1.39	0.13	0.27
C3	CONDUIT	0.184	0 00:25	2.83	0.16	0.63
C4	CONDUIT	0.050	0 00:20	2.22	0.36	0.54
C5	CONDUIT	0.225	0 00:52	2.64	0.21	0.54
C6	CONDUIT	0.496	0 00:59	2.98	0.38	0.78
C7	CONDUIT	0.027	0 00:50	0.50	0.18	0.65
C8	CONDUIT	0.136	0 00:13	3.98	1.05	1.00
C9	CONDUIT	0.558	0 00:16	3.23	0.93	0.79
C10	CONDUIT	0.134	0 00:14	2.61	0.55	0.76
C11	CONDUIT	0.551	0 00:14	2.14	1.15	0.91
C12	CONDUIT	0.211	0 00:42	0.61	0.21	0.65
C13	CONDUIT	0.034	0 00:59	2.00	0.25	0.56
C14	CONDUIT	0.177	0 00:23	3.04	0.35	0.51
C15	CONDUIT	0.154	0 00:22	2.43	0.17	0.28
C16	CONDUIT	0.123	0 00:59	2.81	0.25	0.38
C17	CONDUIT	0.079	0 00:20	2.68	0.36	0.43
C18	CONDUIT	0.045	0 00:59	1.17	0.30	0.55
C19	CONDUIT	0.275	0 00:30	1.67	0.24	0.44
C20	CONDUIT	0.305	0 00:50	6.37	0.53	0.70
C21	CONDUIT	0.181	0 01:06	3.05	1.03	0.94
C22	CONDUIT	0.580	0 00:30	2.82	0.58	0.57
C23	CONDUIT	0.010	0 00:26	0.43	0.06	0.35
C24	CONDUIT	0.080	0 00:20	4.51	0.30	0.46
C25	CONDUIT	0.089	0 01:00	1.59	0.23	0.34
C26	CONDUIT	0.163	0 00:16	3.86	0.25	0.66
C27	CONDUIT	0.185	0 00:28	0.52	0.06	0.17
C28	CONDUIT	0.264	0 00:41	3.38	0.10	0.21
C29	CONDUIT	0.264	0 00:42	3.34	0.24	0.46

C30	CONDUIT	0.104	0	00:59	1.95	0.24	0.53
C31	CONDUIT	0.517	0	00:42	5.36	0.64	0.79
C32	CONDUIT	0.545	0	01:04	0.23	0.36	0.39
C33	CONDUIT	0.058	0	00:15	3.57	0.28	0.28
C34	CONDUIT	0.062	0	00:27	0.83	0.00	0.22
C35	CONDUIT	0.178	0	00:50	1.49	0.47	0.74
C36	CONDUIT	0.078	0	00:30	1.84	0.46	0.74
C37	CONDUIT	0.069	0	00:50	1.80	0.15	0.63
C38	CONDUIT	0.342	0	00:24	0.59	1.04	0.96
C39	CONDUIT	0.451	0	00:30	2.28	0.19	0.35
C40	CONDUIT	0.055	0	00:23	1.84	0.04	0.16
C41	CONDUIT	0.117	0	00:30	3.14	0.12	0.62
C42	CONDUIT	2.263	0	01:08	0.92	0.31	0.37
C43	CONDUIT	2.172	0	01:07	0.77	0.18	0.46
C44	CONDUIT	2.244	0	01:01	0.85	0.23	0.39
C45	CONDUIT	1.968	0	01:04	0.76	0.20	0.39
C46	CONDUIT	1.894	0	01:04	0.73	0.21	0.38
C47	CONDUIT	1.803	0	01:02	0.84	0.11	0.32
C48	CONDUIT	1.211	0	01:03	0.44	0.28	0.26
C49	CONDUIT	1.098	0	01:03	0.50	0.23	0.33
C50	CONDUIT	1.083	0	01:01	0.61	0.09	0.31
C51	CONDUIT	0.732	0	02:33	0.46	0.31	0.25
C52	CONDUIT	0.735	0	02:26	0.34	0.32	0.33
C53	CONDUIT	0.740	0	02:20	0.31	0.48	0.36
C54	CONDUIT	0.748	0	02:14	0.30	0.29	0.37
C55	CONDUIT	0.763	0	02:07	0.32	0.18	0.38
C56	CONDUIT	0.796	0	01:56	0.31	0.42	0.40
C57	CONDUIT	0.930	0	01:41	0.29	0.46	0.46
C58	CONDUIT	1.094	0	01:22	0.34	0.57	0.53
C59	CONDUIT	1.499	0	01:09	0.49	0.30	0.53
C60	CONDUIT	1.922	0	01:03	1.60	0.04	0.31
C61	CONDUIT	1.503	0	01:02	0.91	0.21	0.35
C62	CONDUIT	1.070	0	01:00	0.56	0.10	0.41
C64	CONDUIT	0.055	0	01:00	0.11	0.00	0.12
C65	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.02
C66	CONDUIT	0.192	0	01:00	0.35	0.01	0.16
C67	CONDUIT	0.040	0	00:59	0.24	0.00	0.04
C68	CONDUIT	0.163	0	01:05	0.16	0.01	0.28
C69	CONDUIT	0.105	0	01:01	0.51	0.00	0.05
C70	CONDUIT	0.039	0	01:00	0.22	0.00	0.05
C71	CONDUIT	0.048	0	01:04	0.37	0.00	0.03
C72	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.01
C73	CONDUIT	0.055	0	00:46	0.58	0.00	0.03
C74	CONDUIT	0.000	0	00:00	0.00	0.00	0.01
C75	CONDUIT	0.119	0	00:21	0.91	0.01	0.25
C76	CONDUIT	0.042	0	00:40	2.22	0.04	0.21

C77	CONDUIT	0.069	0	00:41	1.31	0.37	0.48
C78	CONDUIT	0.076	0	00:13	1.49	0.08	0.59
C79	CONDUIT	0.522	0	00:51	0.56	0.06	0.22
C80	CONDUIT	0.526	0	00:44	0.65	0.06	0.19

 Conduit Surcharge Summary

Conduit	Hours		Hours		Capacity Limited
	----- Hours Full	-----	----- Above Full	----- Normal Flow	
	Both Ends	Upstream	Dnstream		
C8	0.85	0.85	0.86	0.04	0.01
C11	0.01	0.01	0.01	1.01	0.01
C21	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
C38	0.01	0.01	0.01	0.78	0.01