CC BY NC SA

AUTODESK® CIVIL 3D®

AUTODESK® STORM AND SANITARY ANALYSIS

Koolitusmaterjal

Raido Puust, *MSc, PhD*

Autodesk Civil 3D / Hydraflow / Storm and Sanitary Analysis koolitus

Sissejuhatus

Koolitus annab lühiülevaate *Hydraflow* / *Storm and Sanitary Analysis* (*SSA*) põhivõimalustest, – võrgumudeli loomine, selle arvutamine / analüüs ning tulemuste visualiseerimine.

Koolituse läbinu oskab importida lähteandmeid *SSA* tarkvarasse erinevatest *Autodesk Civil 3D / Map 3D* projektidest, sisestada analüüsi läbiviimiseks olulisi lähteandmeid ning lahti mõtestada analüüsi tulemusi läbi tarkvara poolt pakutavate graafiliste liideste. Koolituse läbinu värskendab ka enda teoreetilist baasi hüdraulika põhiprintsiipide valikust, mis on antud tarkvaraga töötamise juures lahutamatu osa.

Eeldused

Kursus on mõeldud ennekõike neile, kes on läbinud *Autodesk Civil 3D (Map 3D)* koolituse ning oskab muuhulgas juba pinnaelemente, torustikke ning nende profiile. Koolitusprogramm käsitleb sissejuhatavaid teemasid, et saada hakkama *SSA* tarkvaras. Kursus viiakse läbi näiteülesannete baasil. Soovitav on omada ka põhiteadmisi operatsioonisüsteemidest *Microsoft Windows 7* / *8* või *10*.

Koolitusmaterjal

Kursuse näiteülesannete sammud on salvestatud eraldi failidesse. Seega kui mõni ülesanne jääb pooleli saad seda hiljem jätkata mõnest eelsalvestatud failist. Koolitusmaterjalis on viidatud failinimele, millest tuleks protseduure jätkata.

Sisujuht

Autodesk Civil 3D hüdraulilised arvutusmoodulid....5
Hydraflow Storm Sewers....5
Hydraflow Hydrographs....5
Hydraflow Express....5
Storm and Sanitary Analysis....5
Hydraflow Express hüdroloogilised meetodid....6
Ratsionaalne meetod (*Rational*)....6
NRCS (SCS) Curve meetod....6
Modified Rational meetod....7
Truubi arvutus *Hydraflow Express* tarkvaras....8
Autodesk Civil 3D – valgala objekt....11
Autodesk Civil 3D – Voolamise analüüs pinnaelemendilt ning valgalade loomine....12
Valgalade loomine....13
Valgalade liitmine....13
Autodesk Civil 3D – link *Autodesk Storm and Sanitary Analysis* tarkvaraga....15
Autodesk Storm and Sanitary Analysis – imporditud mudeli arvutus....16
Ratsionaalne meetod äravoolu hinnaguks....23
Sademevee ala planeering....32
Sademevee haldamise planeering *Autodesk Civil 3D* tarkvaras....36
Hüdroloogilised analüüsid SSA tarkvaras....41
Sademete *IDF* kõverad – ratsionaalne arvutusmeetod....41
Ratsionaalne meetod ning *FAA* kokkuvooluaeg....43
Modified Rational meetod....45
Sademete jaotused....47
Tiigi disain ning analüüs....49
Stage storage töövahend....49
Tiigi sõlmpunkti lisamine *SSA* tarkvars....52
Ülevoolu defineerimine (kriisi olukorras)....55
Väljavoolu modelleerimine....56
Imbumise seaded....57
Analüüsi loomine ning raporti koostamine....57
Kanalisatsioonisüsteemi planeerimine *SSA* tarkvaras....58

GIS andmete kaasamine 58
Reoveekanalisatsioonisüstemi analüüs ning vooluhulkade prognoos 60

Autodesk Civil 3D hüdraulilised arvutusmoodulid

Üldjoontes jagunevad *Autodesk Civil 3D* arvutusmoodulid kaheks: (a) *Hydraflow* tooted ning (b) *Storm and Sanitary Analysis* tarkvara. Kui esimesed (*Hydraflow*) on olnud *Autodesk Civil 3D* koosseisus juba mõnda aega, siis *SSA* on kasutajatele kättesaadav alates versioonist *2011*. Järgnevalt nende moodulite/tarkvarade põhimõttelised erinevused ning võimalused.

Hydraflow Storm Sewers

Nimetatud tarkvara võimaldab läbi viia sademeveesüsteemide disaini ning analüüsi. Tarkvara võimaldab läbi viia nii hüdroloogilisi (maapinnale lageva) kui hüdraulisi (torustikus oleva) arvutusi. Lisaks võimaldab tarkvara läbi viia olemasoleva süsteemi survejoone analüüsi ning ka uue süsteemi planeerimist. Siin läbi viidud analüüsi tulemusi saab kasutada *Autodesk Civil 3D* torustike mudelites. Pane tähele, et märksa laiemad ning mugavamad võimalused analoogsete arvutuste läbiviimiseks on olemas ka *Storm and Sanitary Analysis* nimelises lisatarkvaras.

Hydraflow Hydrographs

Nimetatud tarkvara on mõeldud tiikide aga ka suurveehoidlate disainiks ning modelleerimiseks kasutades *SCS* ning *Rational* hüdroloogilisi meetodeid. Näiteks saad vaadata hüdragraafide kombineerimist (millist efekti omab maha sadanud vee jõudmine esmalt suurveepidurdushoidlasse), aga ka kanali sobivust ning hüdrograafide ümbersuunamist.

Hydraflow Express

Nimetatud tarkvara võimaldab läbi viia hüdraulilisi ning hüdroloogilisi arvutusi truupide, kanalite restkaevude, ülevoolutammide juures. Truupide modelleerimiseks ning disainiks saad kasutada erinevaid ristlõikeid (ring, nelinurk, ellips, kaarjas); saad arvutada tüüpilisi veetasapindade kõveraid erinevatele kanali ristlõigetele. Lisaks saad arvutada 6 erineva restkaevu hüdraulikat (kõnnitee serv, restkaev, pilud ning erinevad kombinatsioonid eelnevatest). Tarkvara võimaldab kasutada *SCS*, *Rational* ning *Modified Rational* meetodeid üksikhüdrograafide arvutamiseks.

Storm and Sanitary Analysis

Nimetatud tarkvara saab käivitada ka eraldiseisvalt kuid oluliselt mugavam on torustike eksport otse *Autodesk Civil 3D* tarkvarast, et seejärel läbi viia nii sademevee kui kanalisatsioonivõrkude arvutusi. Arvutused võivad olla nii hüdroloogilised kui hüdraulilised, kasutada saab kõiki enamlevinud meetodeid (muuhulgas ka *EPA SWMM*). Tarkvara on mõeldud nii torusüsteemide disainiks kui hüdrograafide disainiks aga ka restkaevude dimensioneerimiseks. Modelleerida saab nii isevoolseid kui survesüsteeme. Tulemusi saab mugavalt eksportida tagasi *Autodesk Civil 3D* tarkvarasse nii, et seal olevate torude uued läbimõõdud muudetakse ühe nupuvajutusega, lisaks uuenevad ka profiilid ning lisatakse soovi korral ka survejoon profiilile. Nimetatud tarkvara pakub märksa laiemaid võimalusi kui eelnevalt nimetatud *Hydraflow Storm Sewers Extension*.

Järgnevalt vaadatakse lähemalt *Hydraflow Express* ning *Storm and Sanitary Analysis* võimalusi.

Hydraflow Express hüdroloogilised meetodid

Ratsionaalne meetod (*Rational*)

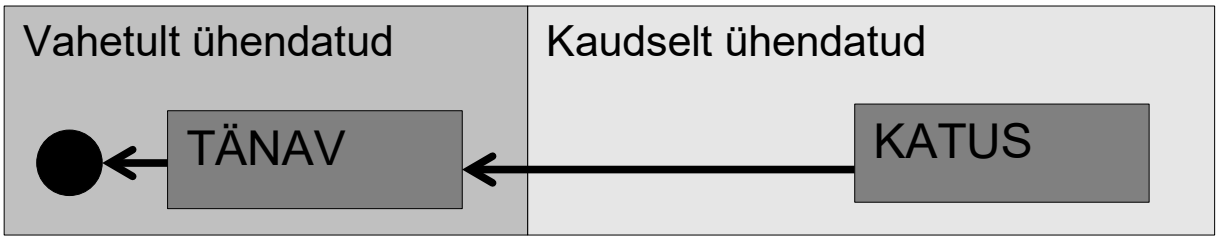
Statsionaarsel režiimil põhinev meetod (*Mulvaney, 1851*). Lihtne kasutada just vihmavee kanalisatsiooni arvutustes, kuna vajatakse just max vooluhulka.

$Q = CiA$

Q – äravooluhulk (ha-mm/h)
C – äravoolu koefitsient
i – vihma intensiivsus (mm/h)
A – äravoolu ala (ha)

Pind	**C**
Katused, veekindlad pinnad (bituumen, betoon)	1.0
Kruusa või rohuga liituvad pinnad	0.8
Kruus	0.6
Aiad või nendega sarnased alad	0.1

Erinevused maapinna karakteristikutes võivad põhjustada suuremaid maksimaalseid vooluhulkasid kui arvutatud (homogeensuse põhimõttel). Vett läbilaskmatud pinnad vs vett läbilaskvad pinnad vahetult ühendatud läbilaskmatud pinnad kaudselt ühendatud läbilaskmatud pinnad.



NRCS (SCS) Curve meetod

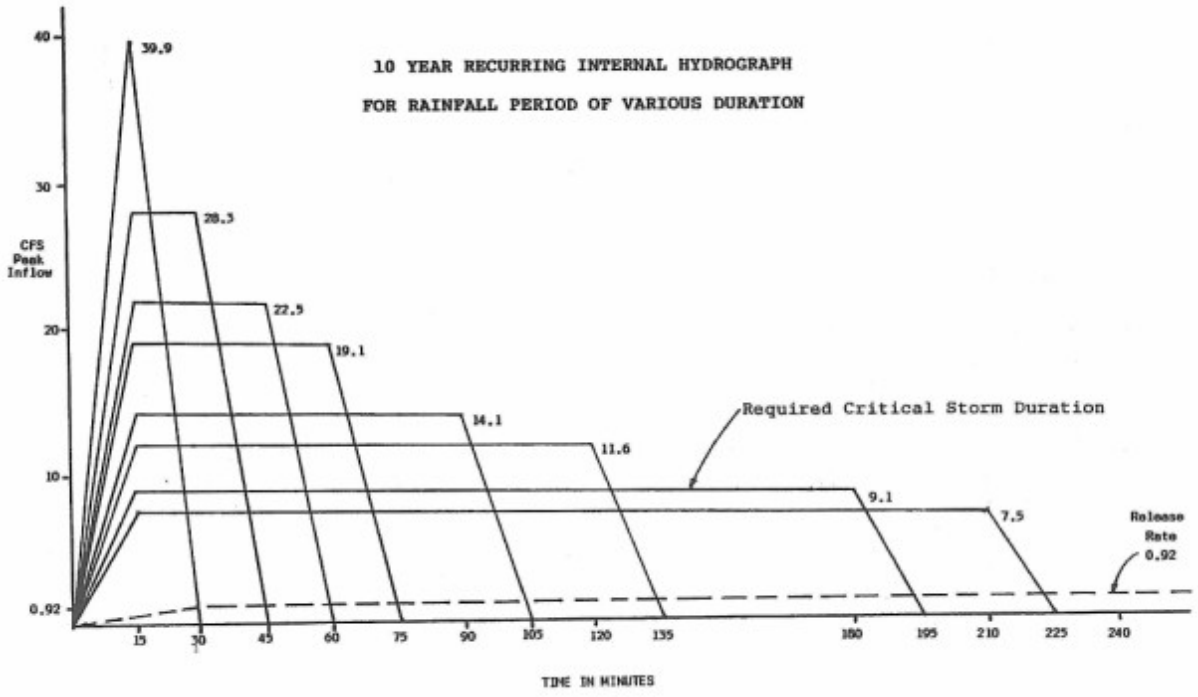
$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

P_e – efektiivsed sademed (mm)
P – kogu sademed vihma jooksul (mm)
I_a – algsed üldistused (mm)
S – max võimalik kinnihoidmine peale äravoolu algust (mm), pinnase niiskusest tingitud
CN – äravoolu graafiku number

Märkused: Põhineb mõõtmistel (USA). Ei arvesta aja dimensiooni (seega ei tehta vahet, kas vihm tuli maha 24h või 2h jooksul). Algselt töötatigi see välja 24h vihma tarvis (nii peaks seda ka kasutama). Eeldus, et $I_a = 0.2S$ on saadud põllumajanduslike vesikondade põhjal). Ei tohiks kasutada äravoolu arvutamiseks lumesulaveest ega ka vihma arvestamiseks külmunud pinnasel. Ebatäpne vihmade kohta, mis on < 13mm.

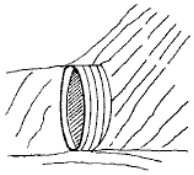
Modified Rational meetod

Meetod tuleneb ratsionaalsest meetodist, ainsa vahega, et siin on hüdrograafid trapetskujulised. Iga trapets esitab mingi kindla vihma kestvust. Kui vaadata valemina, siis parameeter „i" käsitlebki kestvust. Mõistagi hüdrograafi algne maksimum langeb kokku kokkuvooluajaga, kuid eesmärk on selle meetodi juures see, et maksimaalne vooluhulk ilmtingimata jõuaks ka äravoolusüsteemi (kriitiline vihma kestvus). Üldiselt kehtib siin reegel, et mida pikem on vihm, seda väiksemaks kukub maksimaalne äravooluhulk, kuid samas maht (trapetsi alune pindala) suureneb, mis omakorda tähendab, et näiteks suurveepidurdusveehoidlaid tuleb mahuliselt suurendada. Eesmärk on leida kriitiline vihma kestvus, mis maksimeerib veehoidla ärakasutamist. Kasutaja saab redigeerida vihma kestvuse faktorit nii, et jõuda kriitilise sündmuseni. *Hydraflow Express Extension* suudab selle faktori automaatselt leida.

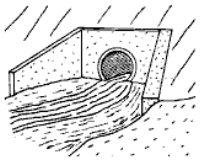


Truubi arvutus *Hydraflow Express* tarkvaras

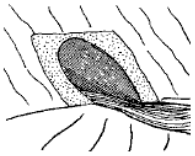
1) Vali truupi sisenemise tüüp (*Inlet Edge*)



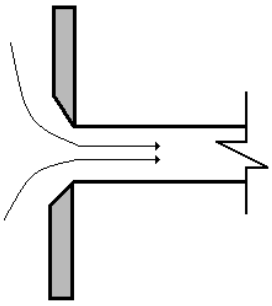
Projecting



Square Edge



Mitered



Beveled Edge

2) Pane paika ülejäänud truubi (*Pipe*) ning muldkeha parameetrid (*Embank*).

Section	Item	Input
Pipe	Inv Elev Dn =	34.9400
	Length (m) =	30.0000
	Slope (%) =	0.2000
	Inv Elev Up =	35.0000
	Rise (mm) =	1000.0
	Shape =	Circular
	Span (mm) =	1000.0
	No. Barrels =	1
	n-value =	0.013
	Culvert Type =	Circular Concrete
	Culvert Entrance =	Square edge w/headwall (C)
Embank	Top Elev =	37.0000
	Top Width (m) =	6.0000
	Crest Len (m) =	20.0000

Märkus: *Culvert Type* ning *Culvert Entrance* määravad arvutusvalemite koefitsiendid. Täpsem info referentsis: Hydraulic Design of Highway Culverts, Table A.1

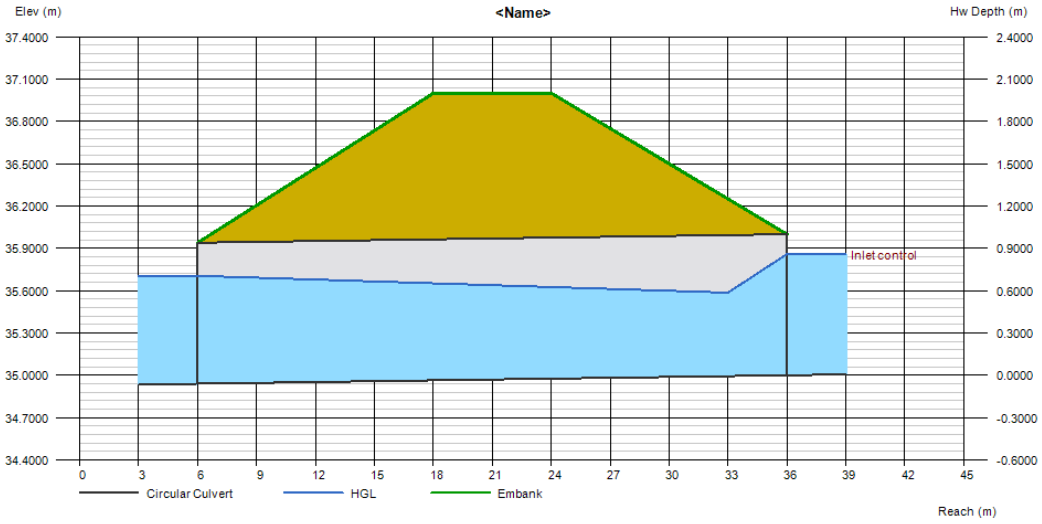
Märkus: *Crest Len (m)* võib jääda ka null-väärtusele. Seda väärtust tuleb aga redigeerida, kui toimub valitud vooluhulkade juures tee üleujutamine. Sellisel juhul näitab see üleujutuse laiust. Tarkvara teavitab sellest veateateatega ning tuleb leida sobiv minimaalne väärtus.

3) Pane paika sind huvitavad vooluhulga parameetrid (seeläbi saad leida maksimaalsed vooluhulgad, mida valitud truup uputamata läbi laseb).

Calcs	Q Min (cms) =	1.0000
	Q Max (cms) =	10.0000
	Q Incr (cms) =	1.0000
	Tailwater (m) =	Normal

Märkus: *Tailwater* parameeter on muudetav. Sa võid siia sisestada ka maksimaalse lubatud. Hetkel on valitud *Normal*.

4) Kliki nupul *Run*. Paremal pool esitatakse sinu tingimustele vastavad arvutused.



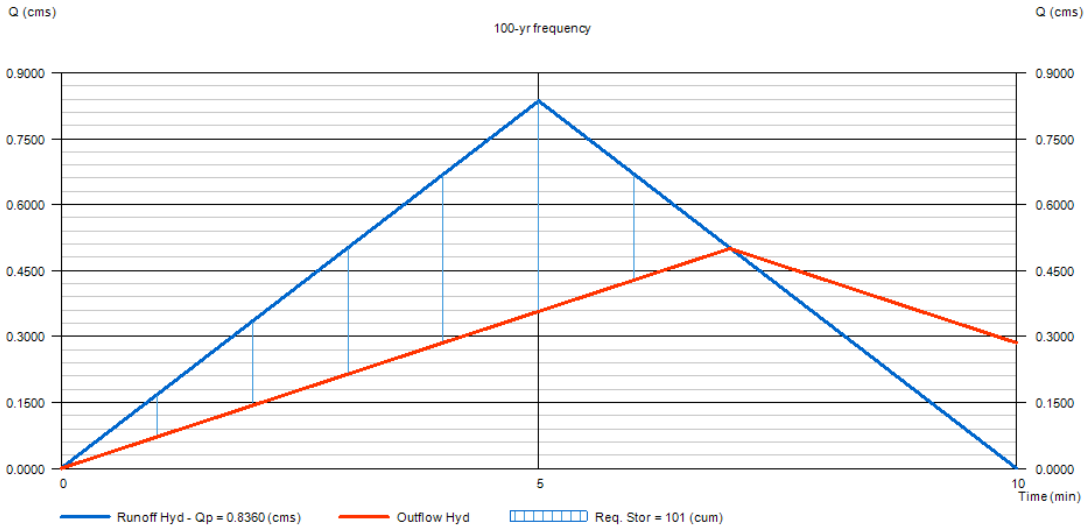
Märkus: Maksimaalseid vooluhulki võid hinnata ka valgalale maha sadanud vihma põhjal.

1) Vali paan *Hydrology*. Sisesta valgala parameetrid ning vihma intensiivsus.

Rat | M-Rat | SCS

Section	Item	Input
Basin	Hyd Type =	Mod Rational
	Area (ha) =	4.8600
	Runoff Coeff (C) =	0.2500
	Tc Method =	User
	Tc (min) =	5
Storm	Distribution =	-0-
	Duration (hrs) =	-0-
	Storm Dur Fact =	1.00
Calcs	Frequency (yrs) =	100
	Target Q (cms) =	0.5000

2) Kliki nupul *Run*. Paremas sektsioonis näed maksimaalset voolhulka ning kogumahtu, mida valitud vihm genereerib.



Märkus: Võimalik on kontrollida mingit voolhulka (*Target Q*). Arvutatud vooluhulka saad näiteks kasutada truubi juures max voolhulgana, mida peab see läbi laskma, et teed ei ujutata üle.

Märkus: Fail on eelnevate parameetritega salvestatud kui *Truup.hxp*.

Autodesk Civil 3D – valgala objekt

Autodesk Civil 3D sisaldab spetsiaalset valgala loomise töövahendit, et sellele antud parameetrid kanduksid üle ka modelleerimistarkvarasse.

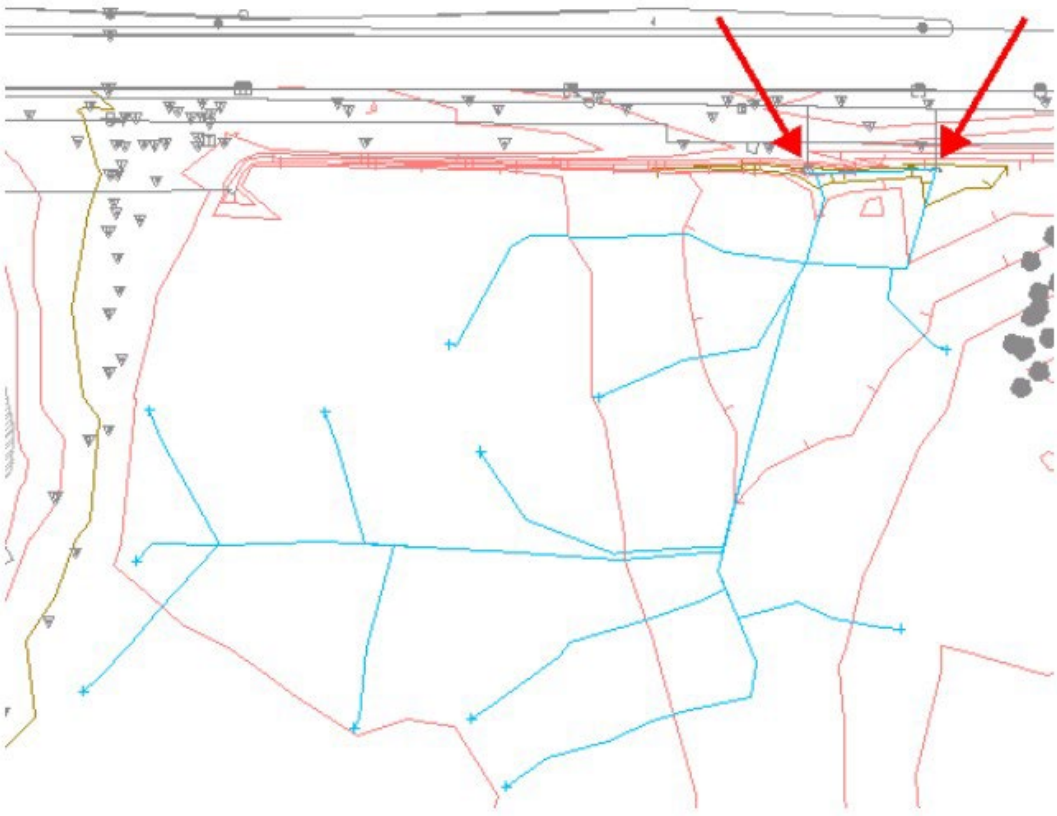
1) Ava fail ***Catchment.dwg***.
2) Paletil *Toolspace* > paan *Prospector* > parem klikk *Catchments* real, vali *Create Catchment Group*
3) Dialoogis *Catchment Group* vajuta OK.
4) Paanil *Prospector*, sektsioonis *Catchments,* parem klikk äsja loodud valgala grupil, vali *Create Catchment from Surface*.
5) Käsureal esitatakse *Specify the Discharge Point.* Vali punase ringjoone keskpunkt.
6) Dialoogis *Create Catchment from Surface*, vajuta OK, et nõustuda vaikimisi valikutega.
7) Valgala on sellega loodud. Vali valgala perimeeter, parem klikk ning vali *Catchment Properties*.
8) Dialoogis *Catchment Properties* järgi infot, mida üks valgala saab *Autodesk Civil 3D* tarkvaras omada (muuhulgas pindala, äravoolu koefitsient). Pane ka tähele neid väärtuseid, mida saad vabalt muuta.

Märkus: Valgala objekti loomine *Autodesk Civil 3D* tarkvaras ning sellele parameetrite külge panemine kiirendab arvutuse läbiviimist modelleerimistarkvaras.

Autodesk Civil 3D – Voolamise analüüs pinnaelemendilt ning valgalade loomine

Selles näites lood sa jooned, mis iseloomustavad voolava vee liikumist mööda maapinda. Lisaks vaatad, kuidas saadud info põhjal luua valgala. Töövahend, mida kasutad, kannab nimetust *Water Drop*, mis loob *2D* või *3D* polüjoone, mis esitabki allavoolu suuna. Peale voolusuunade leidmist, saad arvutada valgalade suuruse. Neid valgalasid saab eksportida modelleerimise tarkvarasse edasiseks analüüsiks.

1) Ava joonis ***WaterRunoff.dwg***.
2) Paanilt *Analyze* > *Ground Data* > *Water Drop*.
3) Dialoogis *Water Drop* määra järgmised parameetrid.
   - *Path Layer = C-TOPO-WDRP*
   - *Path Object Type = 2D Polyline*
   - *Place Marker At Start Point = Yes*
   - *Start Point Marker Style = WD Start*
4) Kliki OK.
5) Kliki joonisel olevatel punktidel, mis on ligikaudselt esitatud ka alloleval pildil. Joonestatakse *2D* polüjoon, mis esitab vee voolamist sinu poolt valitud punktist. Alguspunkti tähistatakse sinise ristiga. Juhul kui vee voolamine jaguneb, siis joonestatakse lisaharud.



Märkus: Punased jooned tähistavad truubi asukohta.

6) Vajuta *ENTER*, et lõpetada käsk.

   Märkus: Pane tähele, et enamus vee voolamise suunad liiguvad truubi poole, mis on esitatud punaste nooltega. Järgnevalt kasutad vee voolamise suundasid, et luua nende põhjal valgala, mis mõjutab truupi.

Valgalade loomine

1) Paan *Analyze* > *Ground Data* > *Catchment Area*.
2) Dialoogis Catchment määra järgmised parameetrid:
   - *Display Discharge Point = Yes*
   - *Discharge Point = Catchment*
   - *Catchment Layer = C-TOPO-CATCH*
   - *Catchment Object Type = 2D Polyline*
3) Kliki *OK*.
4) Kliki joonisel olevatel sinistel ristidel, mis esitavad igat voolu suunda. Luuakse sinised polügonid, mis esitavad igat valgala regiooni. Käsureal näeb jooksvalt ka tekitatud valgala pindala. Iga valgala punkt esitatakse tumesinise ristiga.

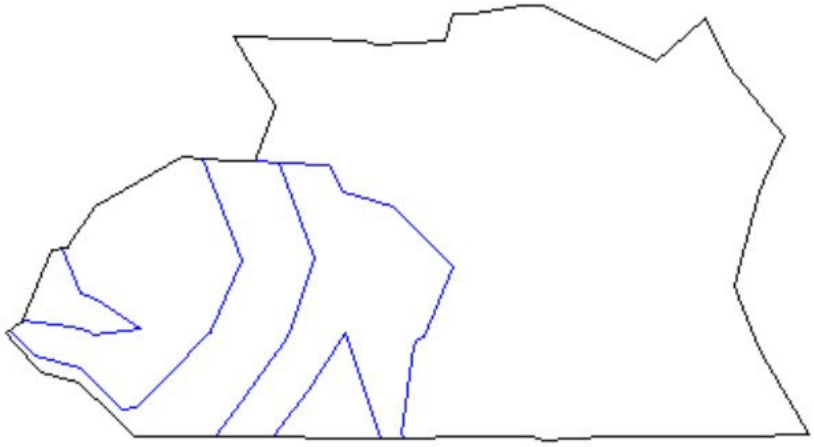
   Märkus: Kui käsureal kuvatakse, et valitud punktis pole valgala pindala, siis see tähendab, et selle valitud punkti ümber pole tasast pinda või kõrgemat punkti.
5) Vajuta *ENTER* lõpetamaks käsk.

Valgalade liitmine

1) Vali jooniselt polügonid, mis defineerivad valgalad.

   Parem klikk, vali *Isolate Objects* > *Isolate Selected Objects*. Polügonid kuvatakse nüüd joonise alas, kuid ülejäänud objektid on peidetud.
2) Vali polügonid uuesti.
3) Käsureale siseta **LINEWORKSHRINKWRAP**.

   Kuvatakse must polügon, mis koondab endas valitud valgalad. Eelnimetatud käsk loob ühise välise perimeetri omavahel kokkupuutuvatest polügonidest. Algsed polügonid jäävad alles.



4) Joonisel, tee parem klikk, vali *Isolate Objects* > *End Object Isolation*. Ülejäänud objektid kuvatakse taas.

   Märkus: Valgala objekte saab viia nüüd arvutustarkvaradesse, et neid seal edasi analüüsida.

Autodesk Civil 3D – link *Autodesk Storm and Sanitary Analysis* tarkvaraga

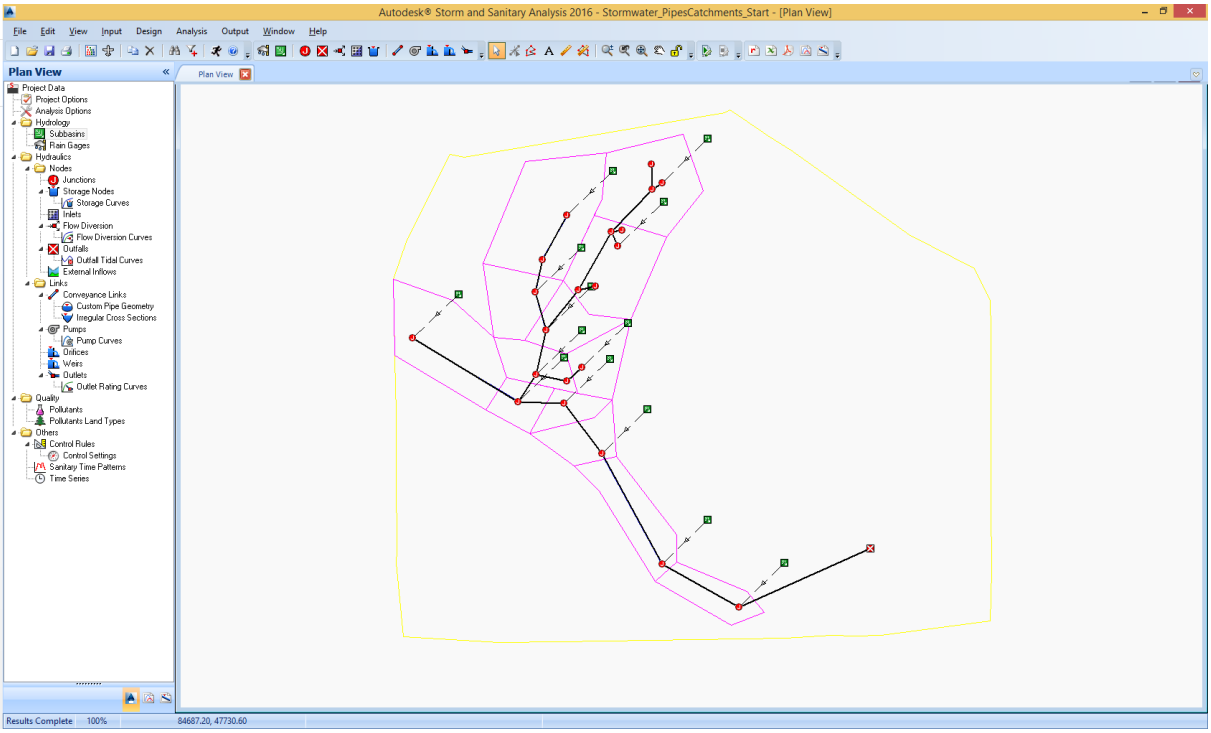
Autodesk Storm and Sanitary Analysis (*SSA*) on nii *AutoCAD Map 3D* kui ka *Autodesk Civil 3D* koosseisus. Järgnevas näites vaadatakse põhiprotseduure, kuidas *Autodesk Civil 3D* torumudelit eksportida *SSA* tarkvarasse (koos alusjoonisega).

1) Ava joonis ***SSA.dwg***.
2) Vali üks toru olemasolevast torustikust. Riba peale tekib toru redigeerimise töövahendid.
3) Kliki nupul *Edit in Storm and Sanitary Analysis* (paanil *Analyze*).
4) Kuvatakse dialoog *Export to Storm Sewers*. Vajuta OK.
5) Käivitatakse *Storm and Sanitary Analysis* tarkvara.
6) Kui kävitatud tarkvaras küsitakse, kas logifaili soovitakse salvestada, vasta *No*.
7) Kasuta plaanilist vaadet (*Plan View*), mis asub joonise akna ülemises osas, et vaadata imporditud mudelit.
8) Pane tähele, et *Autodesk Civil 3D* tarkvarast on automaatselt eksporditud ka taustinfo. Lisaks on konverteeritud *Autodesk Civil 3D* torud, sisendid ning valgalad *SSA* objektideks.
9) Tee topelt klõps mistahes valgala objektil.
10) Pane tähele, et *Autodesk Civil 3D* tarkvaras lisatud valgala parameetrid (äravoolu koefitsient, kokkuvooluaeg ning pindala) on ka siin koheselt olemas.

Autodesk Storm and Sanitary Analysis – imporditud mudeli arvutus

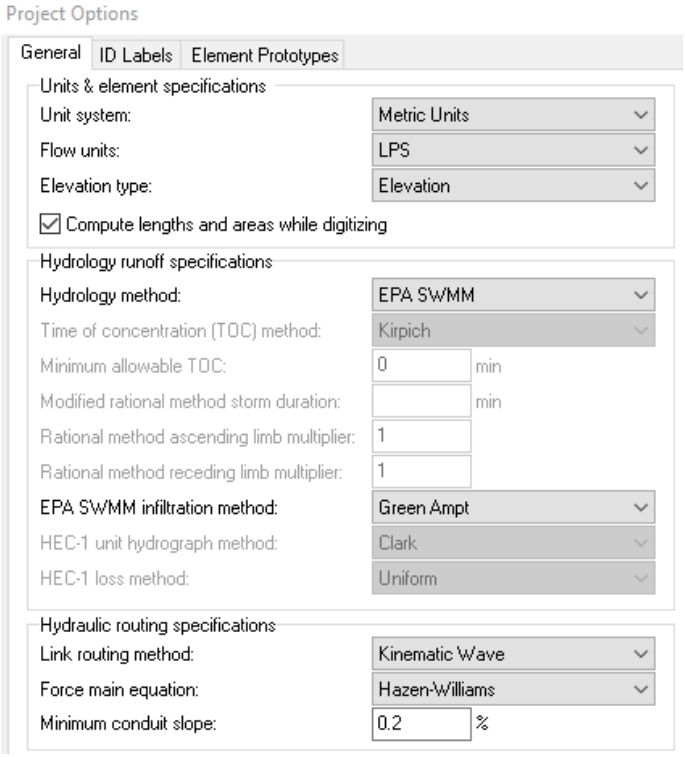
Olles mudeli *Autodesk Storm and Sanitary Analysis* (*SSA*) tarkvarasse eksportinud, tuleb veenduda, et enne arvutust oleksid teostatud mõned põhiseaded.

Märkus: Järgnevad sammud eeldavad, et sul on *Autodesk Civil 3D* tarkvaras avatud joonis *Stormwater_PipesCatchments_Start.dwg* ning oled selle eksportinud SSA tarkvarasse.

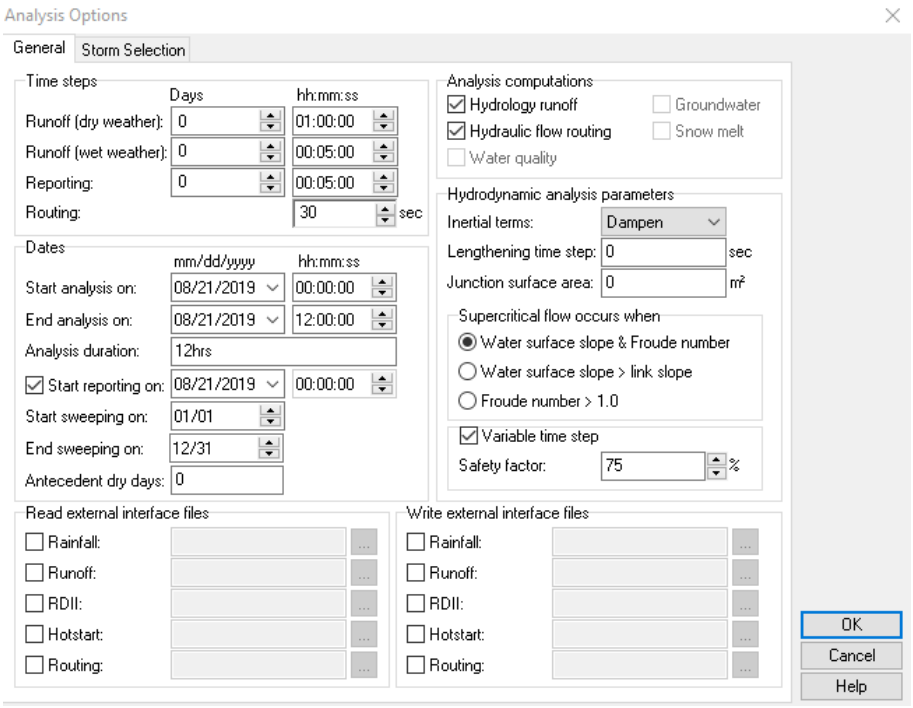


Enne mudeli käivitamist kontrolli järgmisi seadeid

1) Vasakust tulbast vali *Project Data* > *Project Options*. Veendu, et:
    - *Flow units = LPS*
    - *Hydrology method = EPA SWMM*
    - *EPA SWMM infiltration method = Green Ampt*
    - *Link routing method = Kinematic Wave*

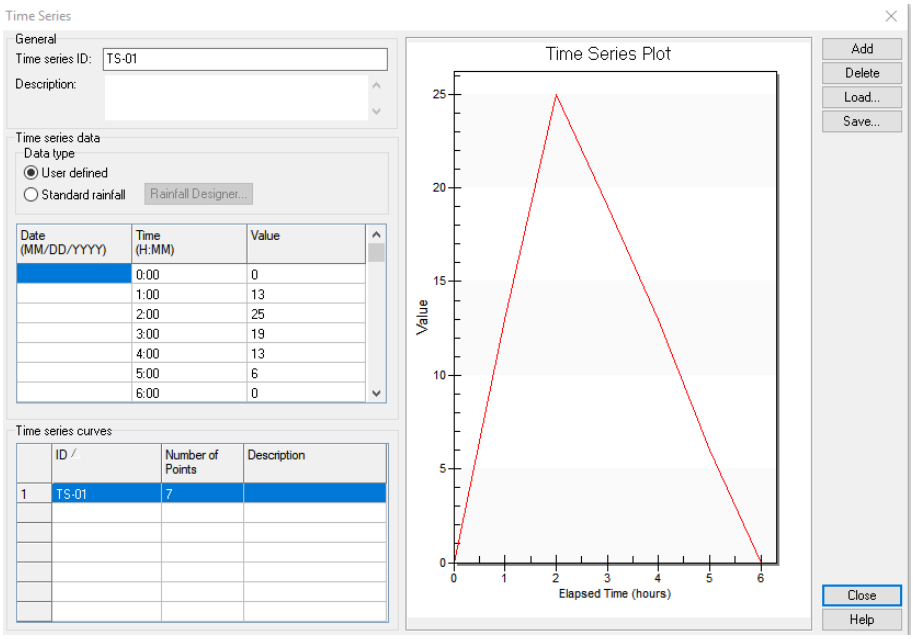


2) Vajuta *OK*.
3) Vasakust tulbast vali *Project Data* > *Analysis Options*
    - *End analysis on = 12:00:00*
    - *Start reporting on* = aktiveeri kastike

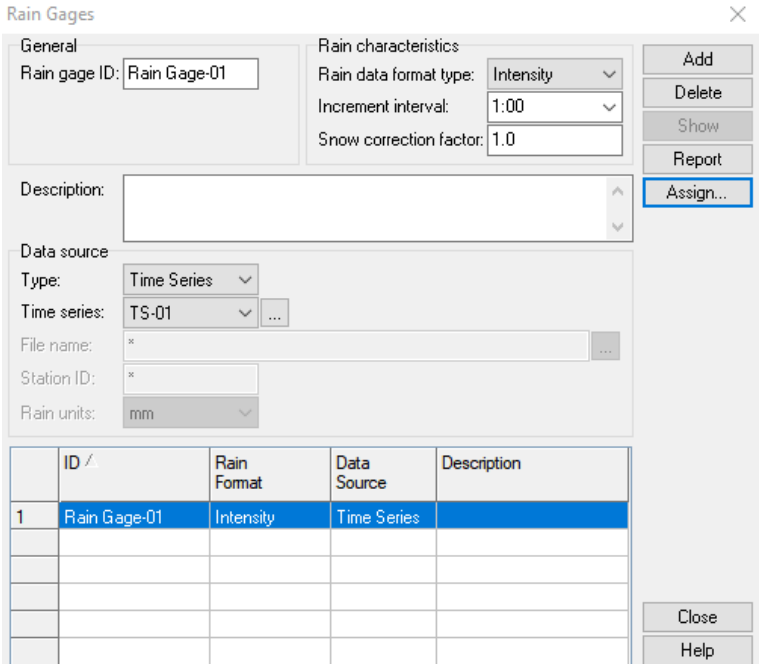


4) Vajuta *OK*.
5) Vali vasakust tulbast *Time Series*.
    - Avanevas dialoogis kliki nupul *Add*.

- Kliki seejärel nupul *Load*.
- Vali fail *rain70mm.dat*, mis kirjeldab vihma intensiivsust.
- Sulge dialoog, vajutades nupule OK.

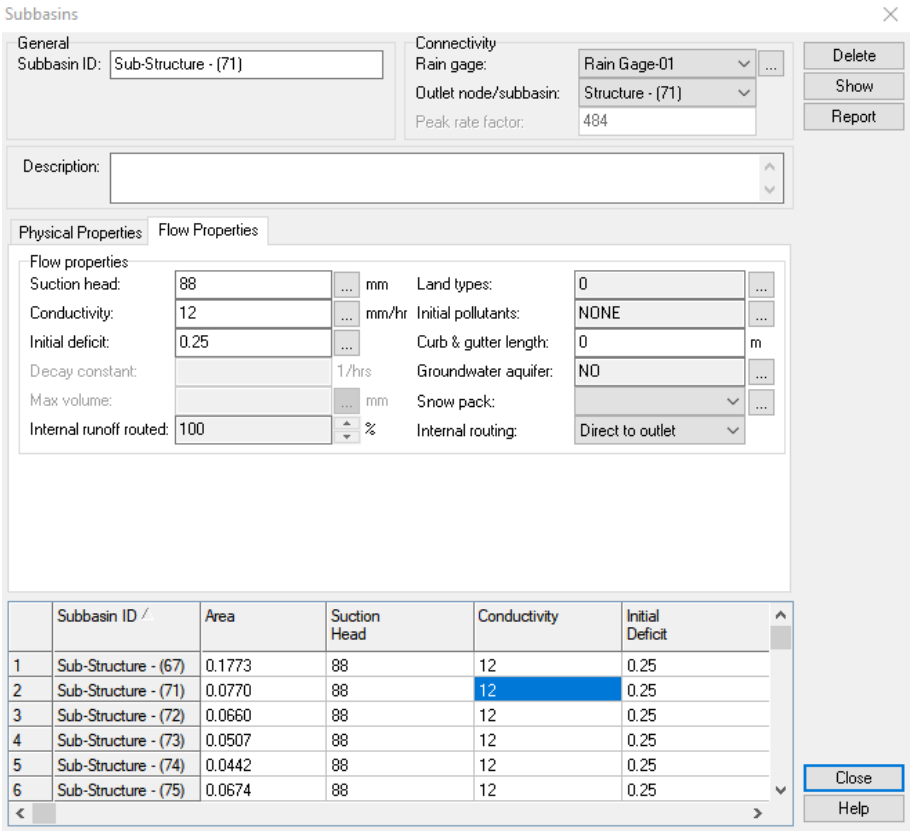


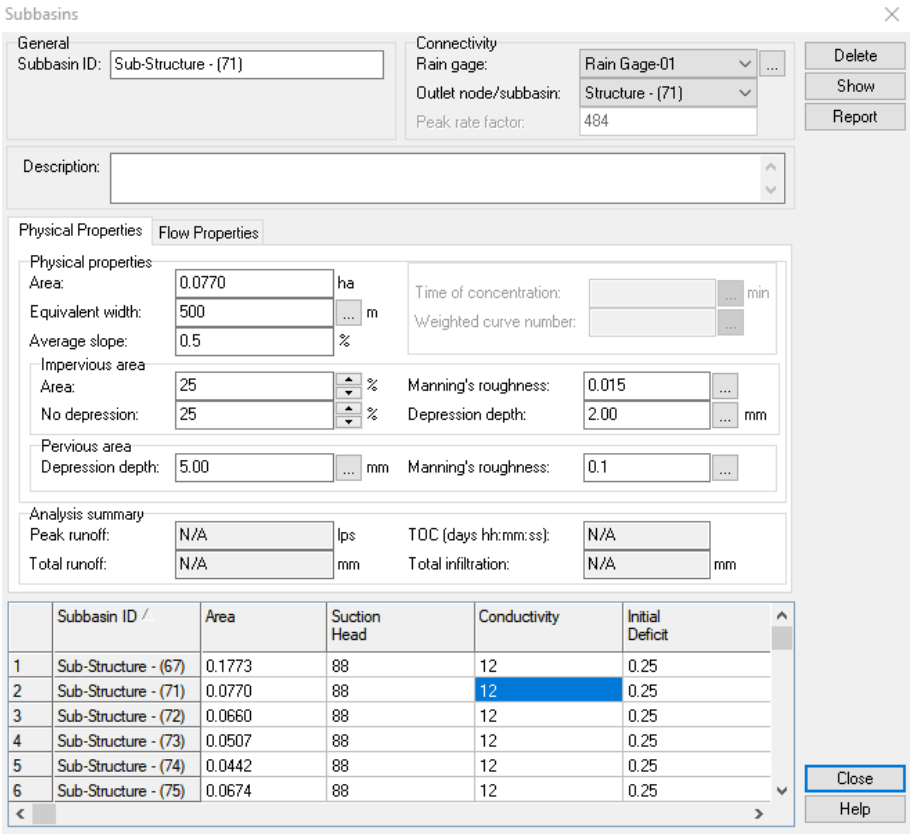
6) Vali vasakust tulbast *Rain Gages*.
   - Kliki nupul Add.
   - *Rain Characteristics* sektsioonis vali: *Rain data forma type = Intensity*
   - *Data Source* sektsioonis vali: *Time series* = TS-01
   - Kliki nupul *Assign*.
   - Avanevas dialoogis vasta *Yes*.
   - Sulge dialoog nupust *Close*.



7) Vali vasakust tulbast *Subbasins*. Avanevas dialoogis teosta järgmised muudatused:

- Igale valgalale tuleb anda pinnase parameetrid, selleks kasutada paani *Flow Properties*. Sõltuvalt valitud hüdroloogilisest meetodist on *Subbasins* dialoog mõnevõrra erinev. Kui valitud on *Green Ampt*, siis tuleb sisestada parametrid *Suction head*, *Conductivity*, *Initial Deficit*. Neid parameetreid saad ka valida vastava lahtri lõpus oleva nupu abil. Antud näiteks kasutatakse kõikidel valgaladel väärtuseid: 88, 12, 0.25
- Paanil *Physical Properties* pane tähele parameetrit *Impervious area*. See määrab, kui suur osa mahasadanud veest (protsent) jõuab äravoolusüsteemi. Seega, mida suurem on see number (vaikimisi 25%), seda suurem vooluhulk äravoolusüsteemi ka jõuab. Hetkel jääb see siin vaikimisi väärtusele kõikide valgalade juures.
- Sulge dialoog nupust *Close*.

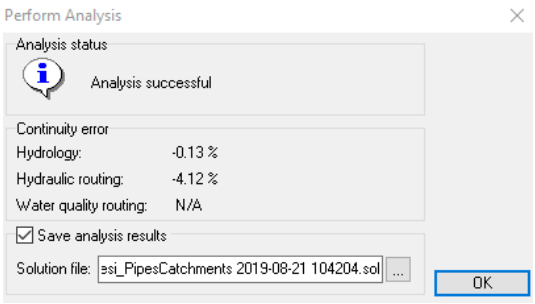




8) Salvesta fail: *File* > *Save*. Sisesta faili nimeks *Sademevesi_PipesCatchments.spf*.

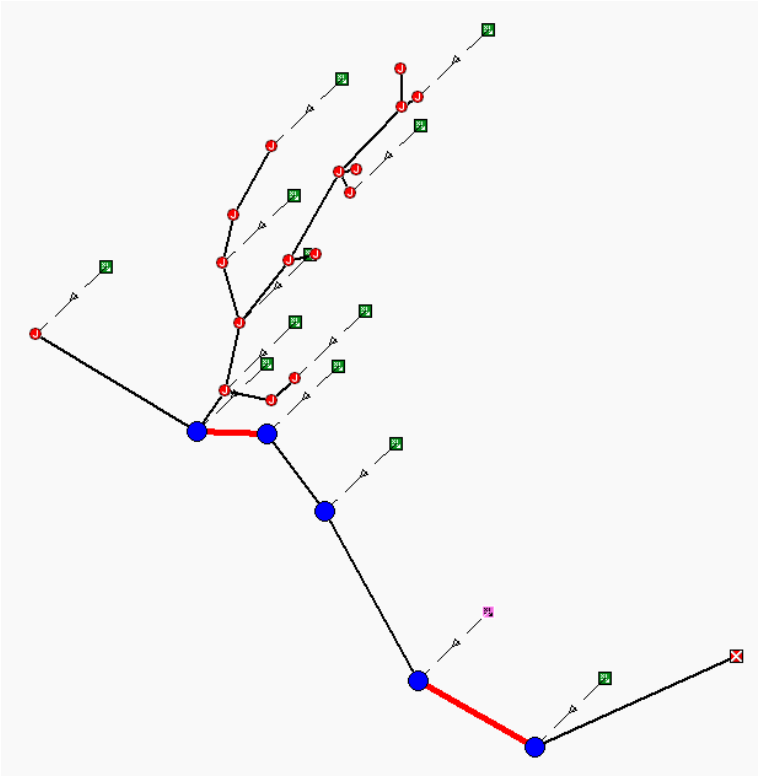
9) Käivita mudel menüüst *Analysis* > *Perform Analysis*.

   - Kuvatakse dialoog *Perform Analysis*.
   - Arvutuse lõppedes esitatakse kokkuvõtvalt kui hästi suudeti mahasadanud vesi äravoolusüsteemi suunata (sõltub valitud meetodist ja mudeli keerukusest)



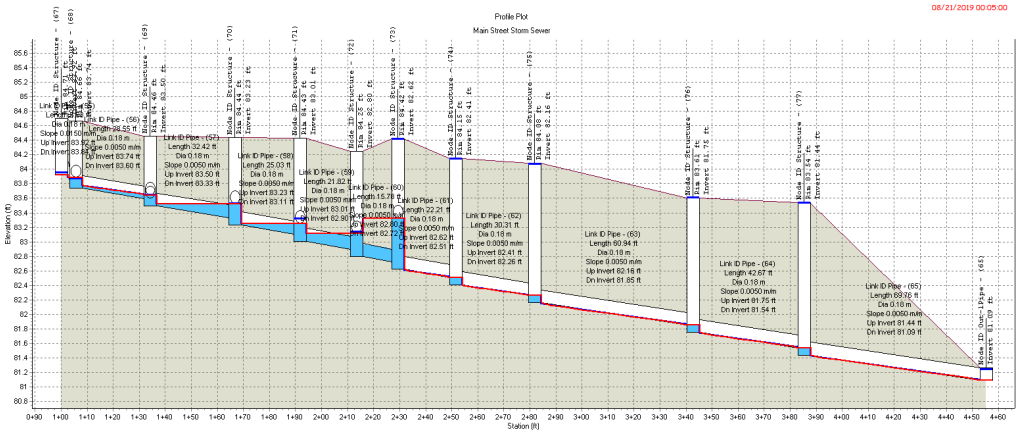
10) Sulge dialoog, vajutades *OK*.

11) Mudeli aken *Plan View* näitab sulle esmast infot kaevude üleujutuste (sinine sõõr kaevu ümber) ning surve alla sattuvate torude (punane joon) kohta.



12) Saad luua torustiku profiili, et vaadata lähemalt torude täituvust, hinnata üleujutuse aega (lähtudes sademete algusest).

- Vali menüüst *Output* > *Profile Plot*
- Vali *Starting node = Structure - (67)*
- Vali *Ending node = Out-1Pipe - (65)*
- Kliki nupul *Show Plot*.
- Omaette paanil *Profile Plot* kuvatakse üks konkreetne toru profiil.



- Sul on võimalus vaadata animatsiooni toru täituvusest, kui valid menüüst *Output* > *Output Animation*.
- Avanevas dialoogis *Output Animation* kliki *Play* nupul.

13) Vähendamaks üleujutuse ohtu, võid suurendada torude läbimõõtu. Saad seda teha ühe toru kaupa või valida mingi grupp torusid ja muuta nende läbimõõt korraga. Peale uue arvutuse läbiviimist, kuvatakse uued andmed nii *Plan View* kui ka *Profile View* aknas.

14) Olles leidnud sobivad torude läbimõõdud, salvesta fail uuesti *File > Save*.

15) *Autodesk Civil 3D* tarkvarasse saad tulemused importida läbi **.stm* faili. Seega olles endiselt *SSA* tarkvaras, vali menüüst *File > Export > Hydraflow Storm Sewers File...*

16) Salvesta fail nimega *Stormwater_PipesCatchments_Start.stm.*

17) Kui küsitakse, kas soovid salvestada logifaili, vasta *No.*

18) Suurenda uuesti *Autodesk Civil 3D* programmiakent.

19) Vali *Insert > Storm Sewers*.

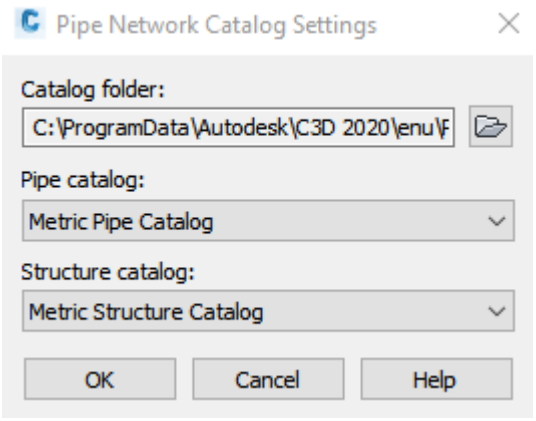
20) Näita ära äsja salvestatud fail. Kliki *Open*.

21) Kuvatavas dialoogis vali *Update the Existing Pipe Network.*

22) Sinu torude läbimõõdud uuendatakse ning juhul kui on olemas ka profiil, siis näidatakse profiilil automaatselt ka *HGL* joont.

Märkus: Tulemuste importimisel *Civil 3D* joonisele, kui soovid HGL jooni näha profiili vaatel, siis veendu, et impordi seadetes oleks valitud: *Use imported Part Id for Part Family = Yes*.

Märkus: Antud projekt kasutab järgmisi *Pipe/Structure* katalooge.



Ratsionaalne meetod äravoolu hinnaguks

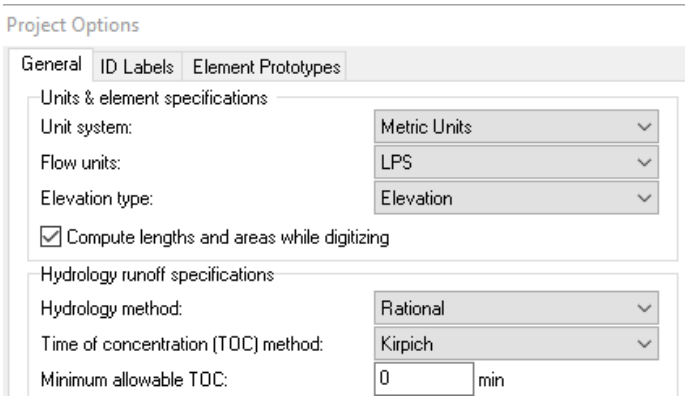
SSA-s saab kasutada üht lihtsamat hüdroloogilist meetodit, *Rational*, leidmaks äravooluhulkasid etteantud pinnalt/valgalalt. Seda soovitakse kastuada väikeste, läbiimbumatute pinnaste korral nagu näiteks parklad, sõiduteed – kust siis toimub äravool restkaevudesse. Ratsionaalset meetodit ei soovitata kasutada suuremate pindade kui 40-80 ha.

Rational meetod on seega sobiv:

- Leidmaks maksimaalseid vooluhulkasid ning disainida väiksemaid maa-alasid ja/või äravoolusüsteeme.
- Planeeringute läbiviimiseks kuni 65 ha maa-alal.
- Detailse lõpp-disaini läbiviimiseks koos maksimaalse äravoolu hinnanguga väiksemate maa-alade korral, mis on ühtlase pinnakattega ning kuni 24 ha suured.
- Maa kasutus ning topograafia peaks olema üle terve maa-ala sarnane (vajadusel teha väiksemateks tükkideks, et sarnasus oleks tagatud). Eritüüpi maa-alade juures keskmiste äravoolukoefitsientide kasutamine ei ole soovitav. Sellel puhul on soovitav kasutada teisi meetodeid.
- Ei soovitata kasutada mahutite disaini juures (suruveepidurdusveehoidla).

Järgnevas näites kasutame ratsionaalset meetodit, et leida äravool etteantud maa-alal. Juhul kui soovid maa-ala loomist täpsemalt järgida, siis kaarjoone saad luua väiksematest sirglõikudest (järgides alusjoonist).

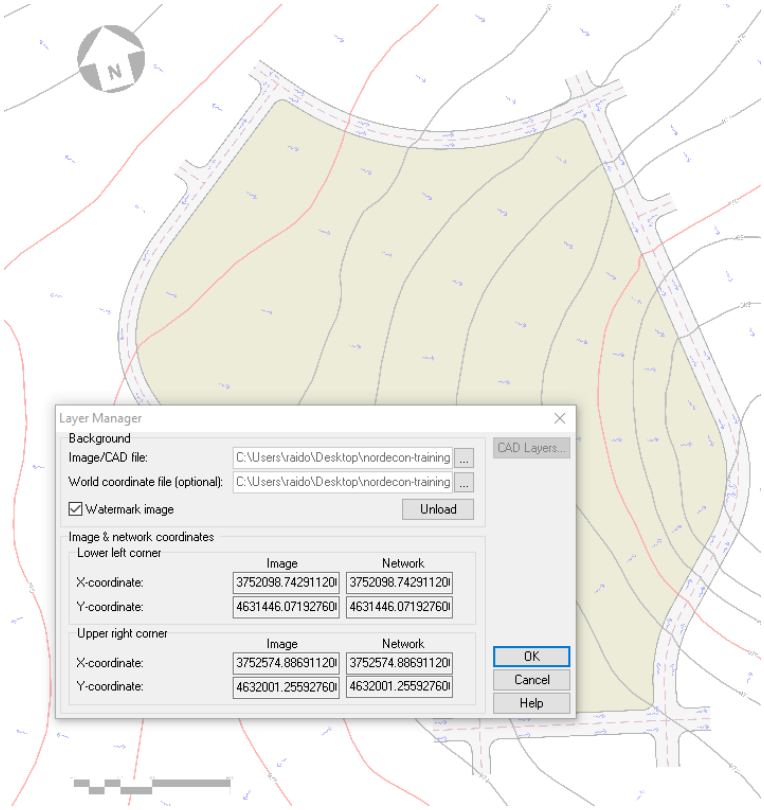
1) Käivita *Autodesk Storm and Sanitary Analysis*.
2) Vali *Project Options* > *Project Data* (*Input* > *Project Options*), kuvatakse dialoog *Project Options*.
3) Paanil *General* > *Units & element* specifications kontrolli ühikuid. Vali ka *Compute lengths and areas while digitizing*. Sellisel juhul arvutab tarkvara valgala pindala automaatselt ning samuti arvutatakse õiged torude pikkused alusplaani pealt.
4) Sektsioonis: *Hydrology* runoff specifications > *Hydrology* method > *Rational*.
5) Vali: *Time of concentration (TOC)* > *Kirpich*. Pane tähele, et kasutad vaikimisi hüdraulilist ümbersuunamist: *Link routing method* – *Kinematic Wave* ehkki torustike me selles mudelis ei loo. Sulge dialoog.



6) Menüüst: *File* > *Import* > *Layer Manager (DWG/DXF/TIFF/more)...*

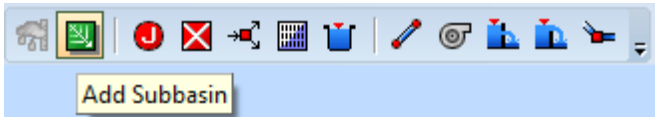
Kuvatakse dialoog: *Layer Manager*. Vali taustaks: *Pre Dev.tif*

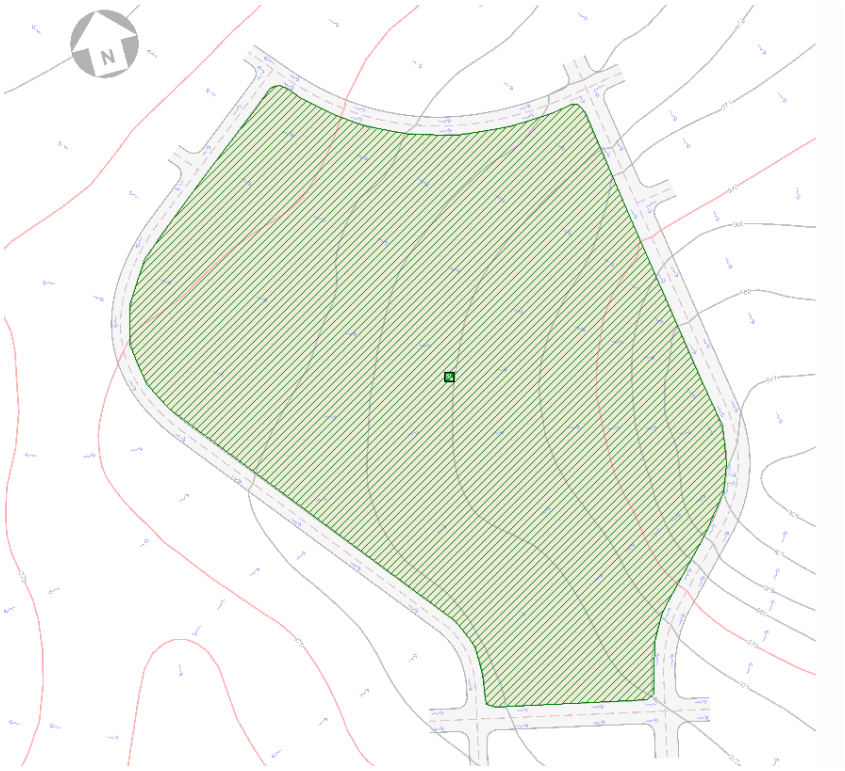
7) Vali säte: *Watermark image* (taust muutub sellega läbipaistvamaks).



Kliki OK, et sulgeda dialoog.

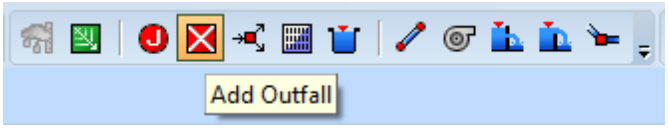
8) Nupupaanil *Elements* > *Add Subbasin*. Loo valgala aluskaardi põhjal.

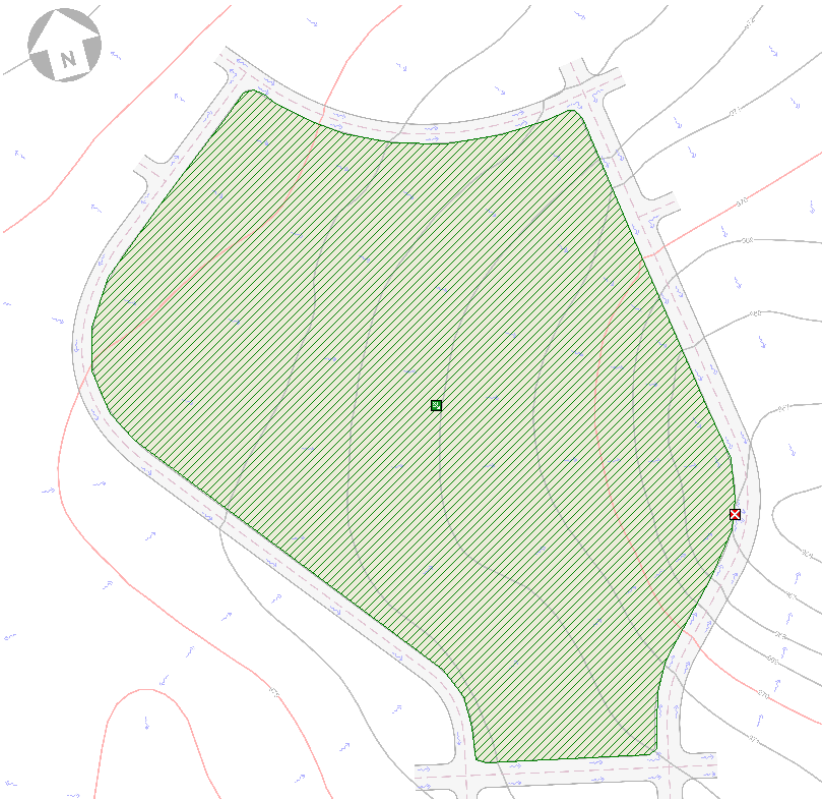




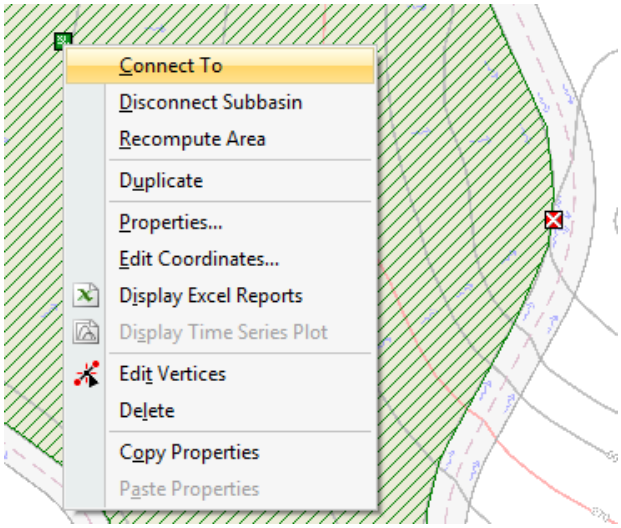
Valgala lõpetamiseks tee topelt klikk või parem klikk ning valik *Done*.

9) Nupupaanil *Elements* > *Add Outfall*, et defineerida kokkuvoolupunkt.





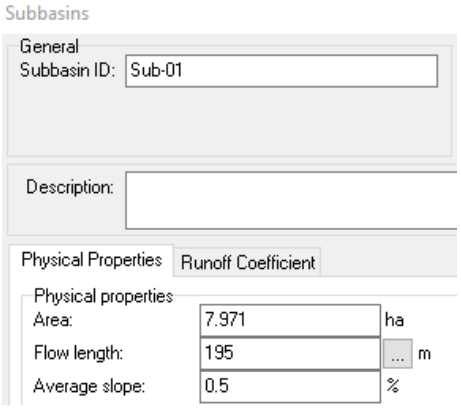
10) Vali *Select*. Seejärel, *Plan View*, parem klikk valgala peal ning vali *Connect To* ning ühenda valgala äsja lisatud kokkuvoolupunktiga:



11) Tee topelt klikk valgala peal. Kuvatakse dialoog *Subbasins*. Pane tähele, et paanil *Physical Properties* on automaatselt täidetud valgala pindala. Soovi korral võid selle ära muuta.

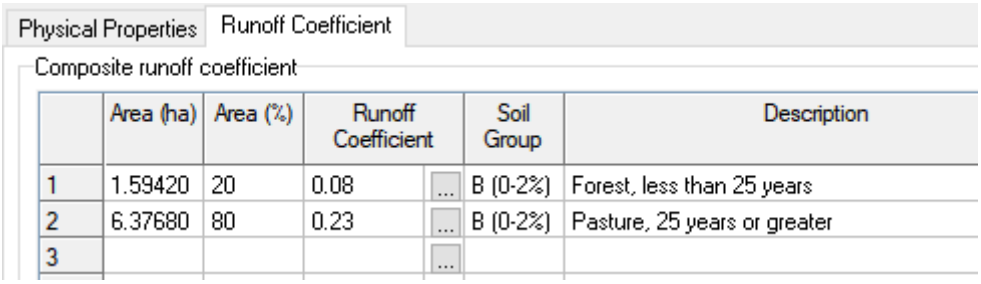
Määra *Equivalent width* valgala objekti tarvis. *Equivalent width* märkimiseks saad selle plaanis ka mõõta, klikkides vastaval nupul. Sellega määrame valgala laiuse, mille baasil teisendatakse meie valgala ristkülikuliseks valgala objektiks.

Määra *Average slope*. *Average slope* väärtust saab arvutada, kui mõõta veepiisa kulgemise rajajoone pikkus ning kõrguste vahe (ülevalt alla).



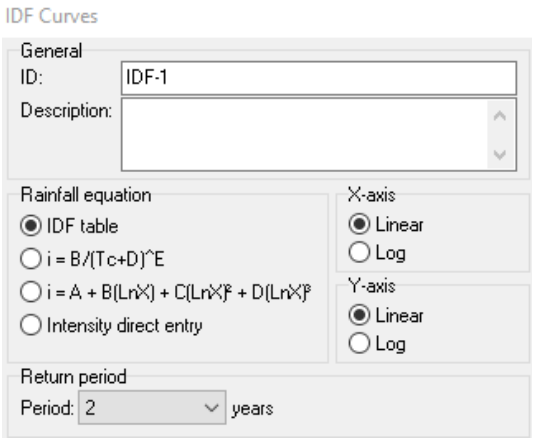
12) Vali paan *Runoff Coefficient* ning määra *Runoff Coefficient* või vali need tabelist (klikkides vastaval nupul).

Märkus: *SSA* arvutab automaatselt kaalutud koefitsiendi valgalale, *Weighted Coefficient.*



Sulge *Subbasins* dialoog.

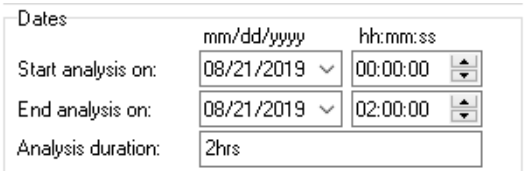
13) Sektsioonis *Project Data*, topelt klikk *IDF Curves* peal (või menüüt *Input* > *IDF Curves*). Kuvatakse *IDF Curves* dialoog. Vali sobiv *Rainfall equation* ning defineeri sademete intensiivsus kirjeldatud asukohas.



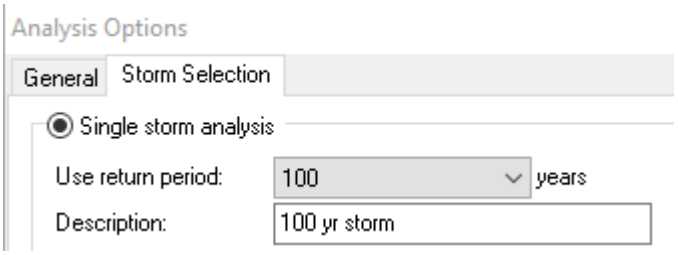
Sulge dialoog peale info sisestamist.

14) Menüüst: *Analysis* > *Analysis Options,* et kuvada dialoog *Analysis Options*.

Sektsioonis *Dates*, määra *End Analysis* = ***02 hours***. Ülejäänud seaded jäävad nii nagu on.

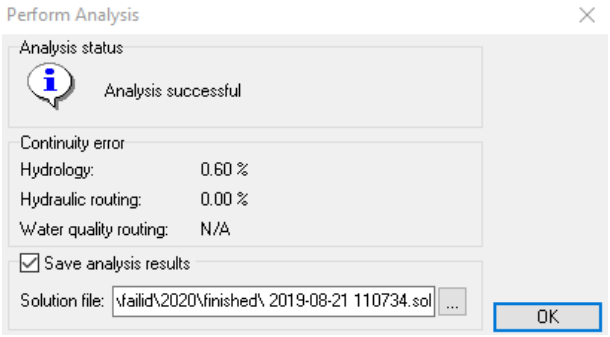


15) Paani *Storm Selection* tab, saad valida *Single storm analysis* või *Multiple storm analysis*. Tegemaks üksikut analüüsi, vali *Single storm analysis*, ning seejärel *Use return period = 100 years* (kriitilseim analüüs).



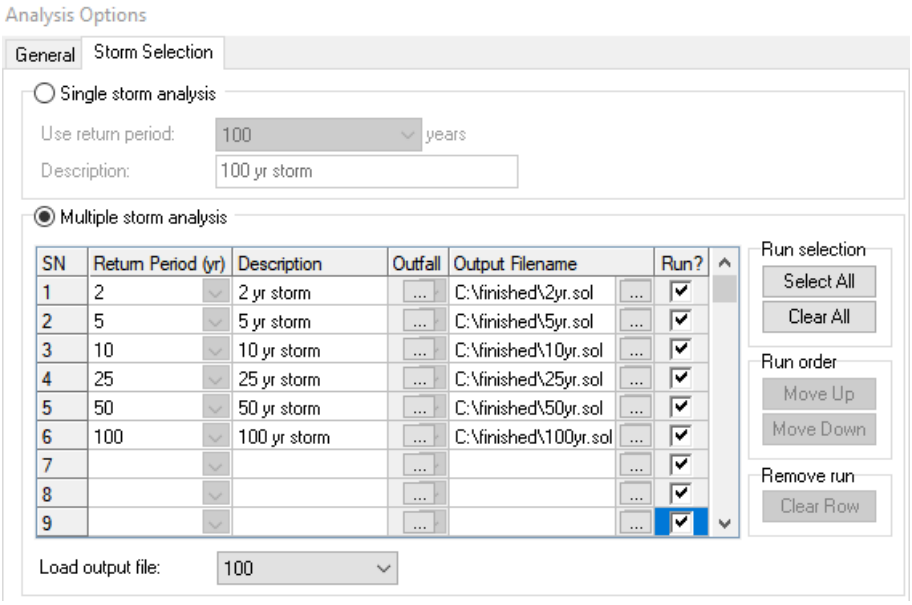
Kliki OK, et sulgeda dialoog.

16) Menüüst *Analysis > Perform Analysis*, et käivitada simulatsioon. Peale arvutust kuvatakse kokkuvõte veaprotsentidest..

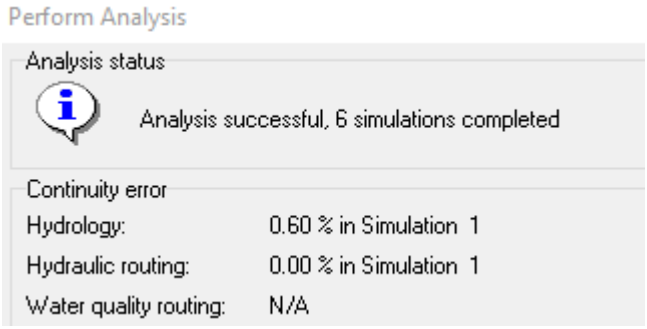


17) Kui soovid arvutada korraga mitut vihma, siis vali *Analysis > Analysis Options*.

- Dialoogis *Analysis Options > Storm Selection > Multiple storm analysis*.
- Veerus *Return Period*, vali esinemissagedused.
- Veerus *Output Filename* määra arvutusfailide salvestuse asukohad. Nimeta need arusaadavalt, lisades nime juurde ka esinemissageduse. Kliki *Save* nupul.
- Olles defineerinud kõik erinevad vihmad ja arvutusfailide asukohad, kliki OK nupul.



- Menüüst: *Analysis* > *Perform Analysis,* et käivitada simulatsioonid.

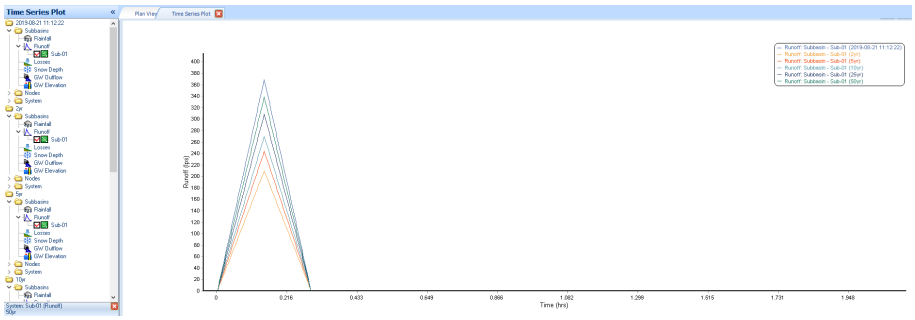


Kliki OK, et sulgeda dialoog.

18) Menüüst: *Output*. Siit menüüst leiad erinevad väljundi tüübid, mida SSA on võimeline tulemuste kohta genereerima.

19) Kuvamaks hüdrograafe erinevate vihmade tarvis:

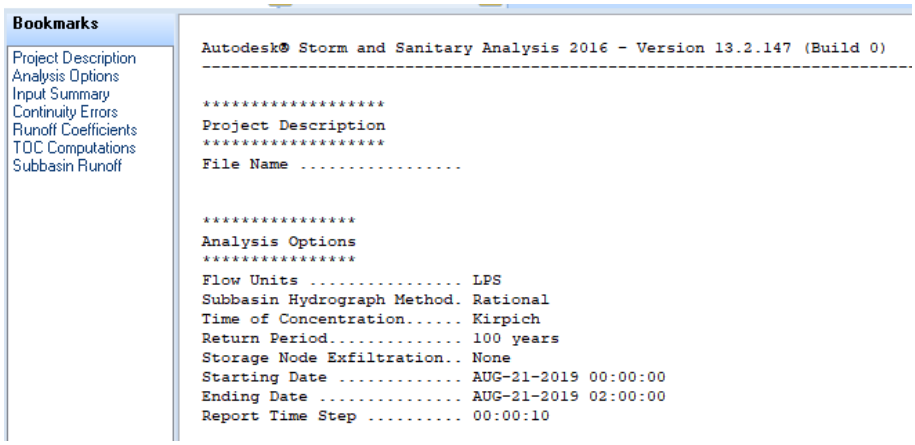
- Vali *Output* > *Time Series Plot*.
- Vali menüüst: *Time Series Plot* > *Open Solution...* (*SSA* kuvab vaikimisi kataloogi, kuhu tulemused on salvestatud, vajadusel vali kataloog ümber).
- Vali *2yr.sol* ning kliki OK, et avada see lahend.
- Korda eelnevaid samme ka lahenduste *10yr, 25yr, 50yr* ja *100yr* osas.
- Laienda *Subbasins* nii *2yr, 10yr, 25yr, 50yr* kui *100yr* lahenduse lõikes ning vali parameetriks, mida kuvada, *Runoff*.
- Võrdle äravoolusid valgalalt erinevate esinemissagedustega vihmade korral.



20) Saad graafikuid koperida kui teed parema kliki ning valid *Copy Time Series Plot*. Saad seejärel graafiku kleepida oma raportisse.

21) Menüüst: *Output* > *ASCII Output Report*, et luua *ASCII* faili formaadis raport.

Võid kasutada ka vastavat ikooni nupupaanil, et raport luua.



22) Menüüst: *Output* > *Excel Table Reports*, et luua *Excel* formaadis raport:

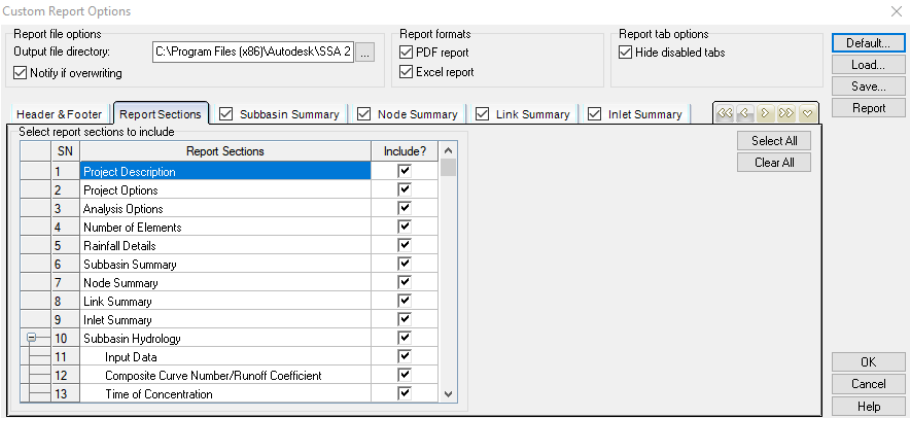
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	SN	Element	X Coordinate	Y Coordinate	Description	Invert	Boundary	Flap	Fixed	Peak	Peak	Maximum	Maximum
2		ID				Elevation	Type	Gate	Water	Inflow	Lateral	HGL Depth	HGL Elevation
3									Elevation		Inflow	Attained	Attained
4													
5						(m)			(m)	(lps)	(lps)	(m)	(m)
6	1	Out-01	3752521.02	4631692.96		0.00	NORMAL	NO				0.00	

23) Kasutajapõhise raporti koostamiseks vali *Output* > *Custom Report Options*.

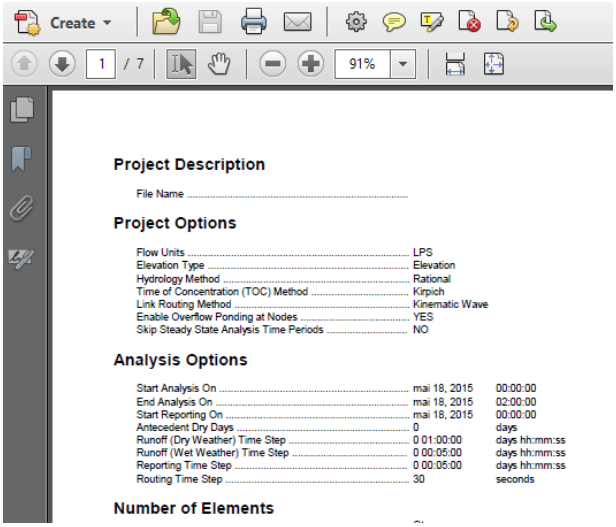
Sektsioonis *Report files options,* vali kasitke *Notify if overwriting* ning näita faili asukoht.

Sektsioonis *Report formats*, vali *PDF report*, *Excel report* ning seaded sektsioonis *Report tab options*.

Vali paan *Report Sections,* kõik kastikesed on valitud. Saad soovi korral neid välja võtta kui ei soovi raportisse lisada.



Kliki dialoog paremas ülanurgas oleval nupul *Report,* et luua kasutajapõhine raport.



24) Sulge kõik failid. Salvestada ei ole vaja.

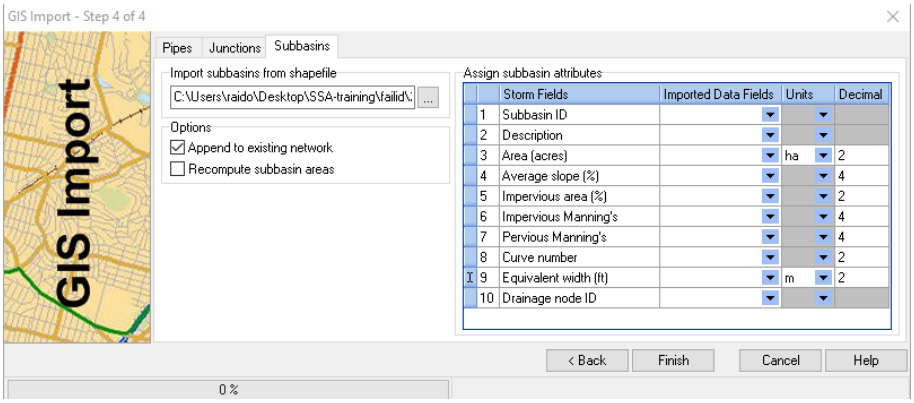
Sademevee ala planeering

Selles näites impordid sa *GIS* andmestiku *Autodesk Storm and Sanitary Analysis* tarkvarasse ning analüüsid sademevee ala planeeringut.

1) Käivita *Autodesk Storm and Sanitary Analysis*.

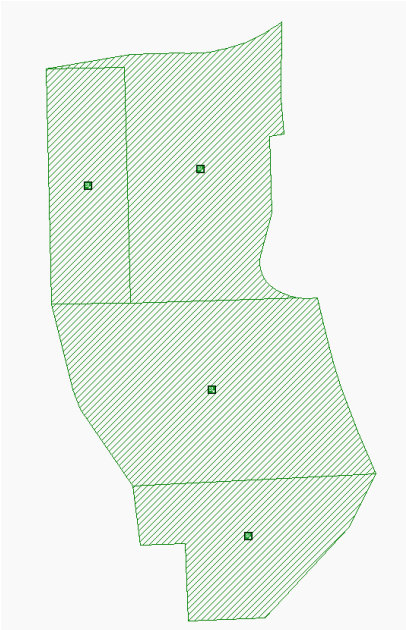
2) *GIS* andmestiku importimiseks:

- *File > Import > GIS Import*
- Vali Next, et jätkata.
- Vali paan *Subbasins* tab.
- Vali fail *Land_Use.shp*. Pane tähele laaditavaid andmeid.



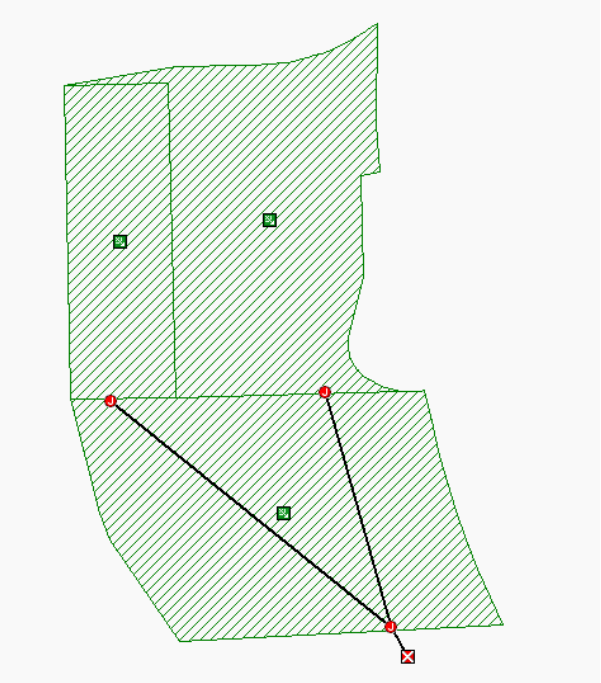
- Kliki *Finish.*

3) *Shapefile* kaudu imporditakse maakasutused valgala objektidena.



4) Kustuta kõige lõunapoolsem valgala. Seda me ei kasuta analüüsis.

5) Menüüst: *File* > *Merge*. Vali: *Planning_Exercise_Settings_Metric* file. Selle kaudu toome sisse mõned eeldefineeritud vihmad, torud, kaevud ning väljavoolu punkti.



6) Menüüst: *File* > *Import* > *Layer Manager*. Vali: *Watershed_photo*, et anda mudelile kontekst. Vali säte: *Watermark image*, et mudelit esile tõsta.

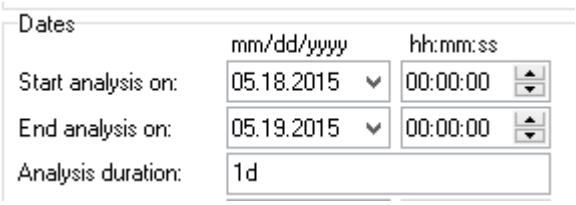
7) Vali *Project Options*. Veendu, et:

- *Hydrology method:* ***SCS TR-20***
- *Time of concentration (TOC) method:* ***Kirpitch***
- *Minimum allowable TOC:* ***5 mins***
- Kliki OK.

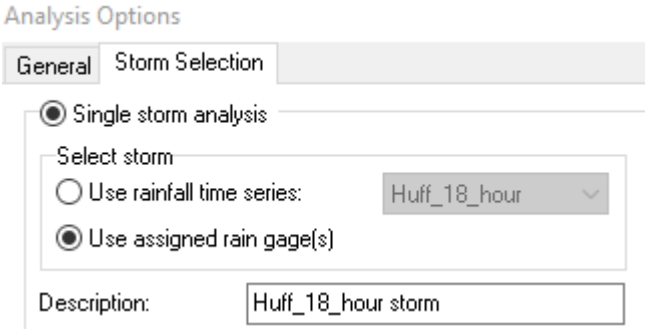
8) Tee topelt klikk *Rain Gages* peal. Pane tähele, et vihmana on seotud *huff-2_hour*. Sulge dialoog.

9) Vali *Analysis Options*.

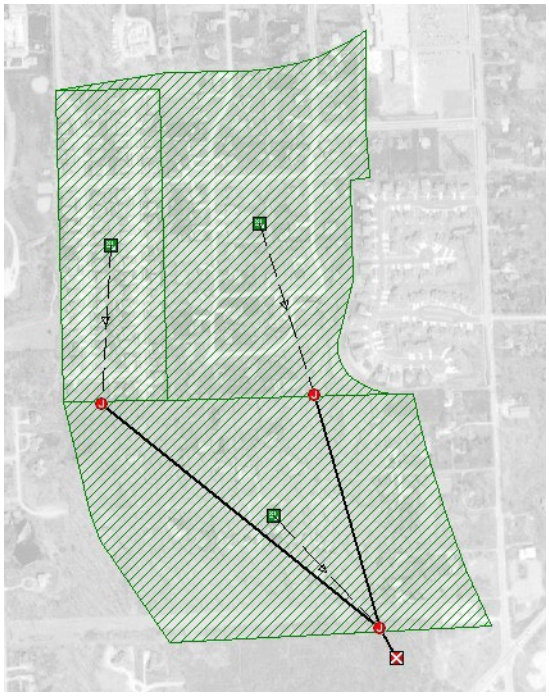
- Muuda *End Analysis* kui üks päev alguskuupäevast.
- *Analysis Duration* = ***1d***.



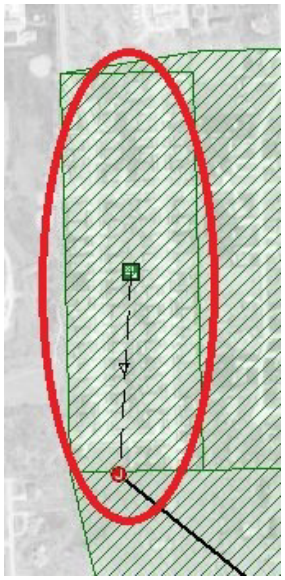
- Vali *Storm Selection* tab. Vali seejärel *Single storm analysis*.



10) Vali iga valgala objekt, tee parem klikk ning seo see lähima sõlmega.



11) Tee topelt klikk kõige ülemise, vasakpoolse valgala peal.



12) Dialoogis *Subbasins*, paanil *Physical Properties*, sisesta:

- *Rain Gauge:* ***Gage-1***
- *Equivalent Width*: **use picker** to determine from screen.
- *Average slope:* **0.75**
- Paanil *Curve Number* vali pinnase tüübina *¼ Acre, Soil Type C.*
- Tee analoogsed muudatused ka ülejäänud valgala objektide juures. Seejärel sulge valgalade dialoog.

13) Vali toru *Con-2* (vasakpoolne toru).

- Vali *Shape = Open channel > Parabolic*, *Height* = **0.610 metres**, *Top width* = **0.910 metres**.
- *Inlet Invert* = **225.5**, *Outlet Invert* = **203.6**
- Sulge dialoog *Conveyance*.

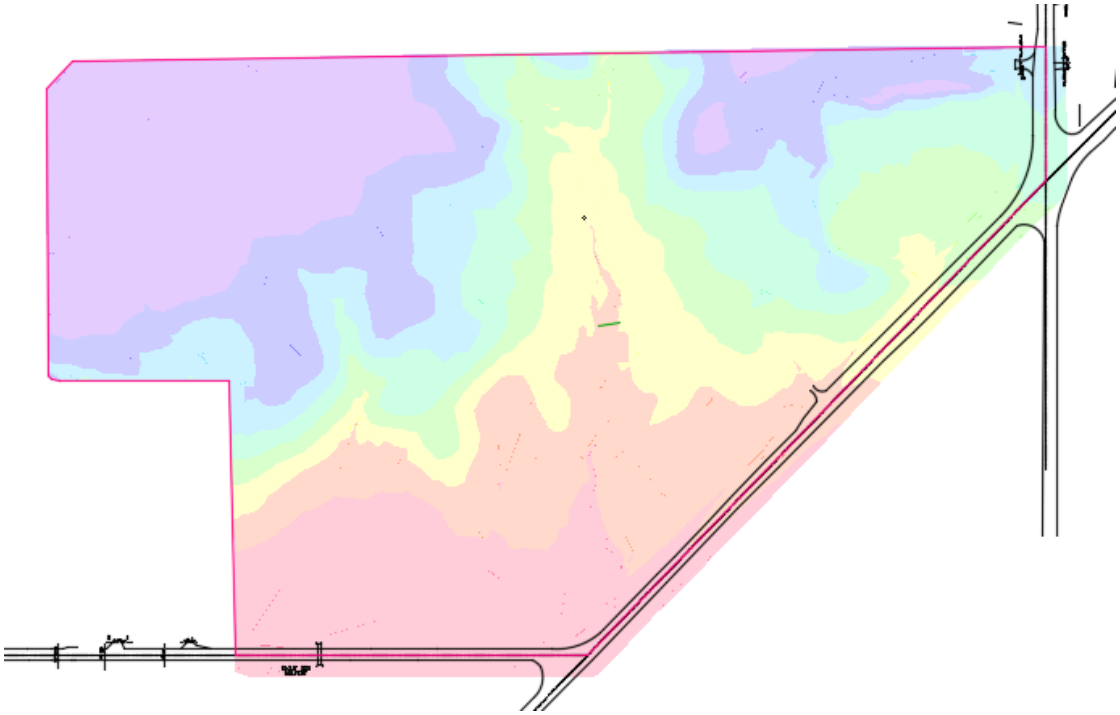
14) Käivita arvutus. Vaata tulemusi ajas muutuvatena (*time series plot*).

15) Sulge kõik failid. Ära salvesta muudatusi.

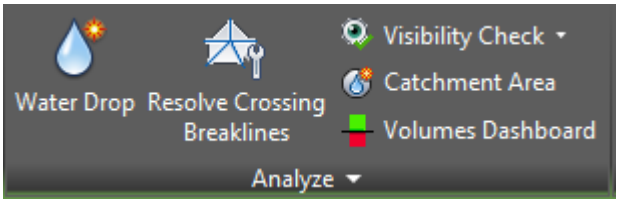
Sademevee haldamise planeering *Autodesk Civil 3D* tarkvaras

Selles näites vaatame lähemalt, kuidas võiks sademevesi voolata disainitaval maa-alal.

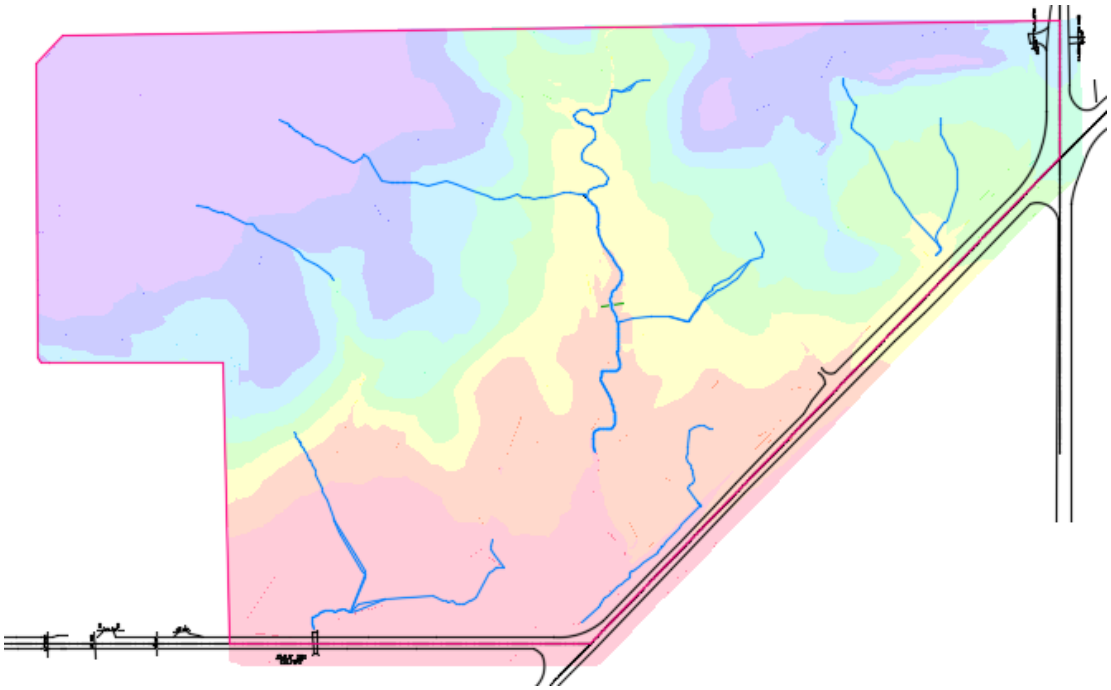
1) Käivita *Autodesk Civil 3D*.
2) Ava fail: ***Stormwater_Design_Predevelopment.dwg***.
3) Esmalt teeme kõrgusliku analüüsi olemasolevale maapinnale:
   - Vali maapinna objekt, parem klikk, vali *Surface Properties*.
   - Paanil *Information* > *Default Styles* > *Surface Style* = *Elevation Banding (2D)*.
   - Paanil *Analysis* > *Ranges* > *Run Analysis*.
   - Kliki OK.



4) Analüüsimaks, kuidas maha sadav vesi liigub maapinnal, kasutad töövahendit *Water Drop*:
   - Vali pinnaobjekt uuesti.
   - Riba peal: *Tin Surface: Existing Ground* > *Analyze* > *Water Drop*.



   - Vali pinnaobjektil mitmeid punkte.



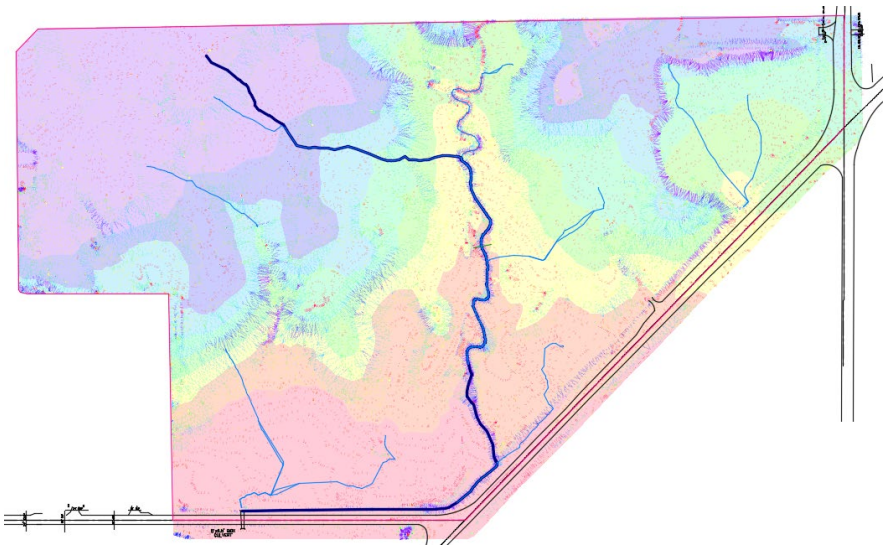
- Vajuta Enter, et lõpetada käsk.

5) Kuvamaks pinnaobjektil kaldesuunad:

- Vali pinnaobjekt, parem klikk, *Edit Surface Style*.
- Paanil *Display* > *Component Display* > ava lambipirn *Slope Arrows* osas.
- Kliki OK.

6) Peale voolujoonte ning kaldesuundade kuvamist saad juba hinnata kokkuvooluaja rajajoont ülalt alla väljavoolupunkti.

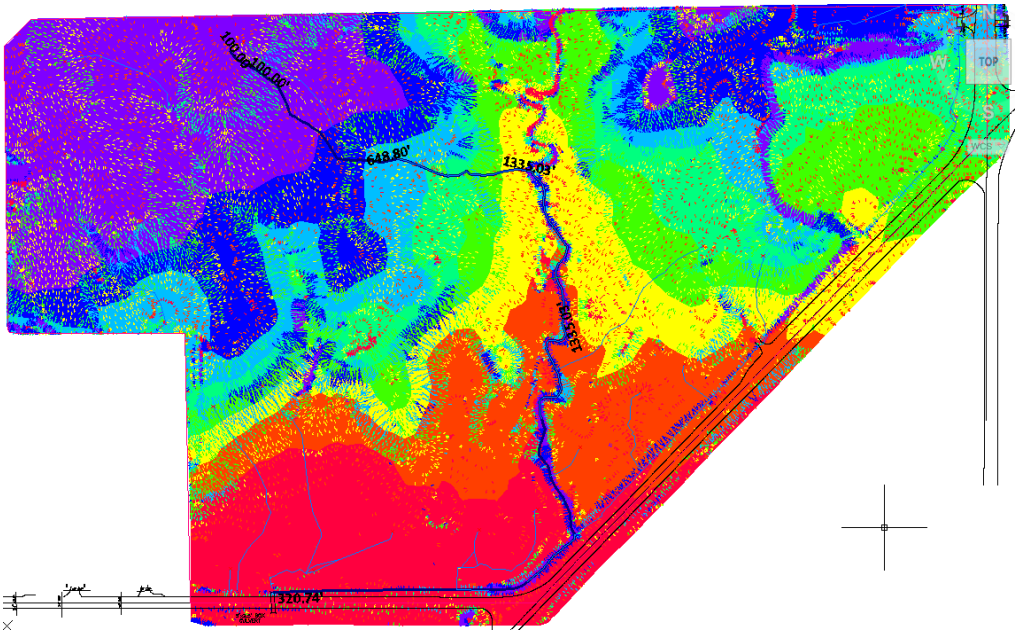
(Ava kiht *_TC_Path*, et kuvada eeldefineeritud rada.)



7) Antud kokkuvooluaja joone võid jagada üksikuteks lõikudest, millest mõni tähistab pinnal voolamist, mõni jällegi loodavat kanalit. Saad kasutada **Measure** töövahendit, et jagada vastav joon osadeks, näiteks ca 100 m algusest võiks alata kanal.

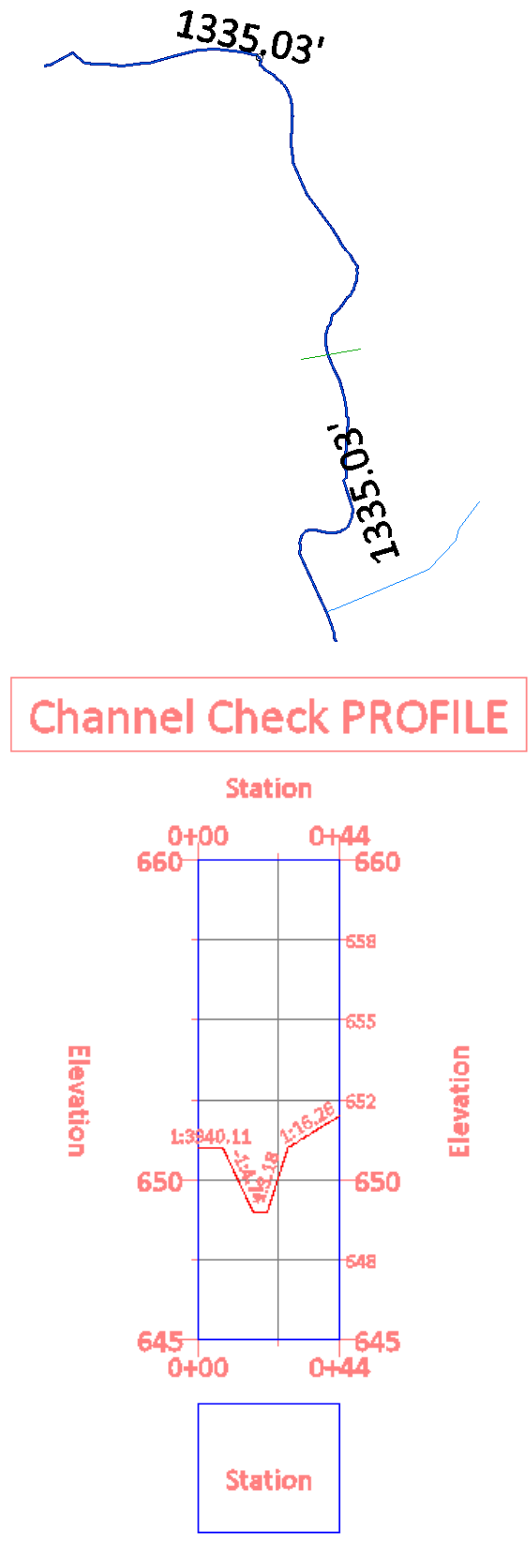
8) Siltide lisamiseks nagu näiteks pinnaobjekti kõrguse märkimiseks:

- Vali pinnaobjekt.
- Riba pealt: *Tin Surface: Existing Ground* > *Labels & Tables panel* > *Add Labels drop-down* > *Spot Elevations*.
- Vali punktid piki kokkuvoolujoont.
- Lisamaks silte, mis esitavad voolujoone lõikude pikkuseid.
- Riba pealt: *Tin Surface: Existing Ground* > *Labels & Tables panel* > *Add Labels drop-down* > *Add Surface Labels*.
- Dialoogis *Add Labels* > *Feature* > *Line and Curve*.
- Vali *Label Type* > *Single Segment*.
- Vali *Line Label Style* > *Overall Distance Only*.
- Vali joone lõigud, mis jäävad kõrguspuntkide vahele.



- Sulge *Add Labels* dialoog.

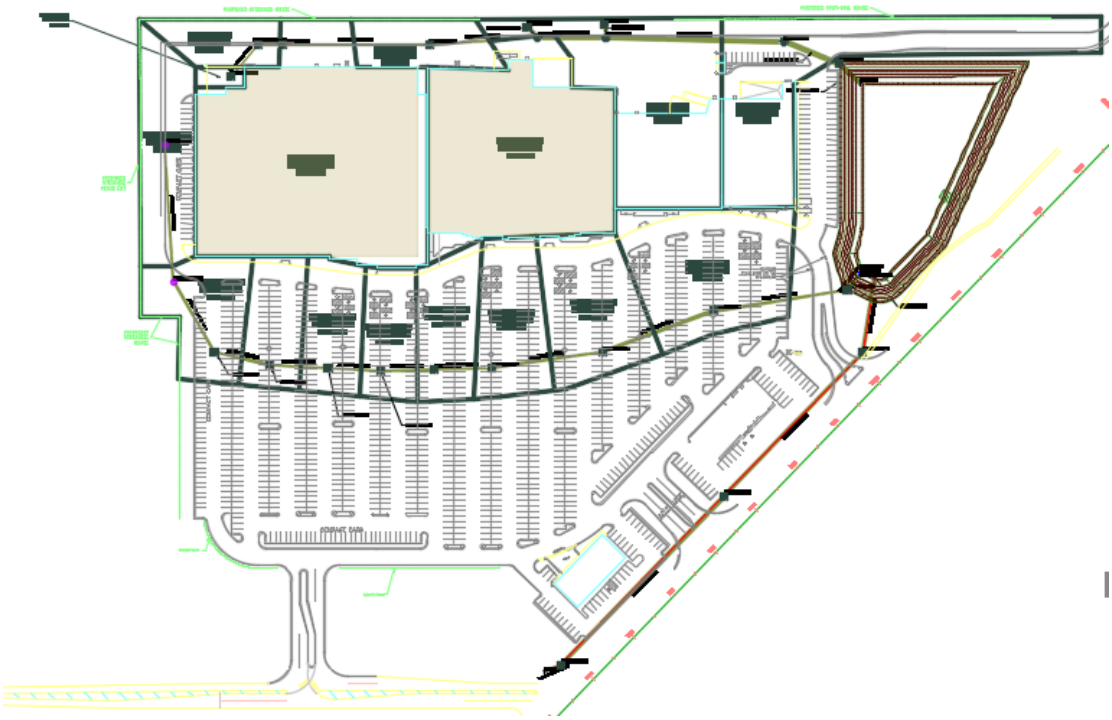
9) Olemasoleval joonisele on juba lisatud üks lõik telgjoonest (olemasoleva kanali asukohas). Pane tähele profiili vaadet ning silte, et määrata kanali läbilaskevõimet. Proovi telgjoont nihutada (või kopeerida) teise asukohta, et näha toimuvaid muudatusi.



10) Konverteerimaks pinnaobjekti perimeeter valgala objektiks:

- Vali pinnaobjekti piirav perimeeter.
- Riba pealt: *Analyze tab* > *Ground Data panel* > *Catchments* > *Create Catchment from Objects*.
- Kuvatakse dialoog *Create Catchment from Object*. Kasuta vaikimisi seadeid.

- Kliki OK.



11) Ava joonis *Proposed_Storm_Network.dwg*. See on planeeringu lõpp-joonis. Pane tähele, kuidas on jagatud valgala objektid ning lisatud ka torustikud. Ka siin kehtivad samad disainivõtted, mis eelnevates punktides sai kirjeldatud.

12) Sulge kõik failid. Ära salvesta muudatusi.

Hüdroloogilised analüüsid SSA tarkvaras

Autodesk Storm and Sanitary Analysis tarkvaras on mitmeid erinevaid hüdroloogia arvutuse algoritme. Lihtsaimat meetodit, *Rational*, oleme juba eelnevalt vaadanud ning paljud on ka selle sarnased nagu näiteks *Modified Rational* ning *Dekalb Rational*. *Rational* meetod põhineb ühtlasel vihma intensiivsusel, kusjuures vihm ise on lühike (20-minutit või vähem) aga intensiivne ning vaadeldakse suhteliselt väikeseid valgalasid. Paljud on aga neid meetodeid kohandanud oma standardite kohalselt.

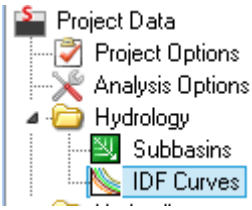
Sademete *IDF* kõverad – ratsionaalne arvutusmeetod

Enme projektiga tööd alustades, pead ette valmistama sademete *Intensity-Duration-Frequency (IDF)* kõverad. *Autodesk Storm and Sanitary Analysis* tarkvaras saad *IDF* kõveraid oma vajaduste järgi disainida ning neid hilisemateks töödeks ka salvestada.

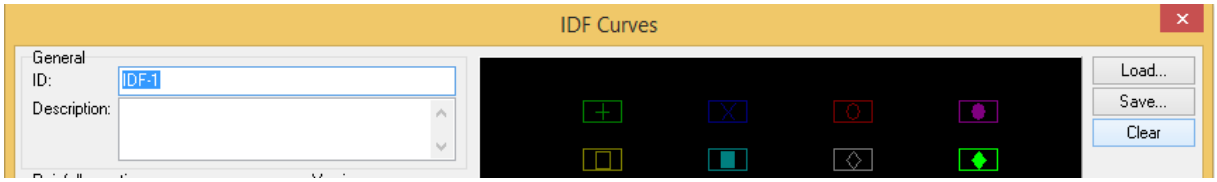
1) Ava *Autodesk Storm and Sanitary Analysis*.
2) Ava projekt: ***Project Rational.spf***.
3) Ava *Project Options,* vali *Hydrology Method* > *Rational*.
4) Vali: *Time of concentration method (TOC)* > *FAA*.

$$Tc = \frac{((1.8 * (1.1 - C)) * (L^{1/2})}{(S^{1/3})}$$

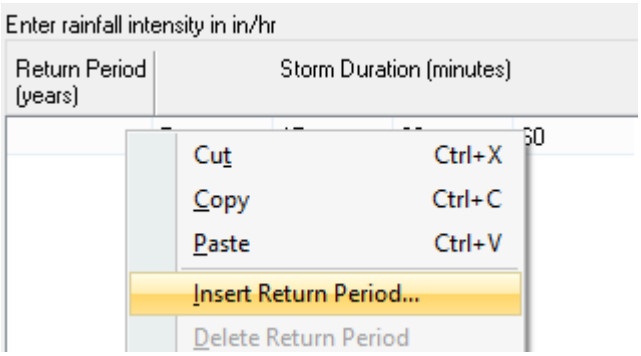
5) Kliki OK, et sulgeda dialoog.
6) Vali *IDF Curves*.



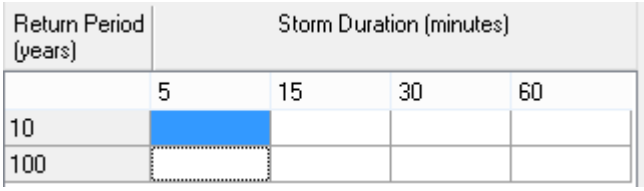
7) Tühista hetke valikud, kliki nupul *Clear*.



8) Dialoogis *IDF Curves*, sektsioonis *Rainfall Equation*, veendu, et *IDF Table* oleks valitud.
9) Sektsioonis *Return Period*, parem klikk ning vali *Insert Return Period*.



10) Dialoogi *Period Prompt*, sisesta **10**. Korda sama *100-aasta* korduvuse lisamiseks.



11) Sektsioonis *Storm Duration*, vali veerg *15* (*minutes*). Parem klikk ning vali *Rename Storm Duration*. Sisesta **10** kui *Storm Duration*.

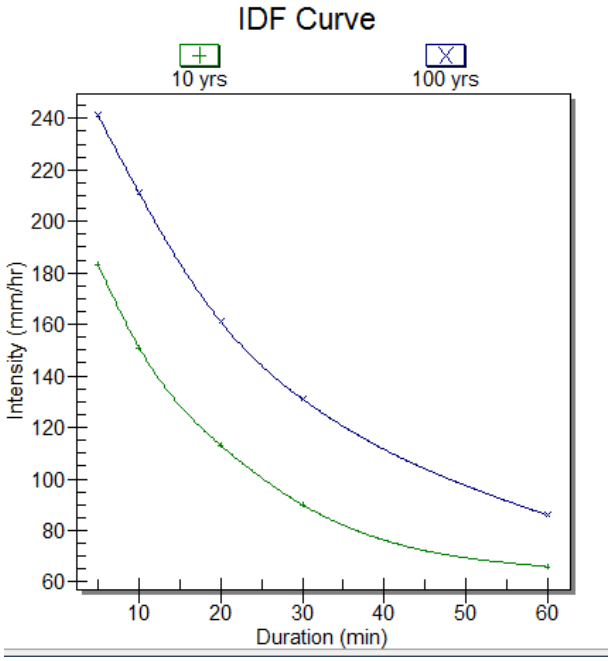
Parem klikk veerul *30* (*minutes*), vali *Insert Storm Duration*. Sisesta **20** kui *Storm Duration*.

12) Sisesta tabelisse alljärgnevad väärtused:

Enter rainfall intensity in mm/hr

Return Period (years)	Storm Duration (minutes)				
	5	10	20	30	60
10	183	151	113	90	66
100	241	211	161	131	86

13) Graafikuna peaks olema järgmine esitus:



14) Salvesta *IDF Curve* tabel, et seda saaks edaspidi kasutada.

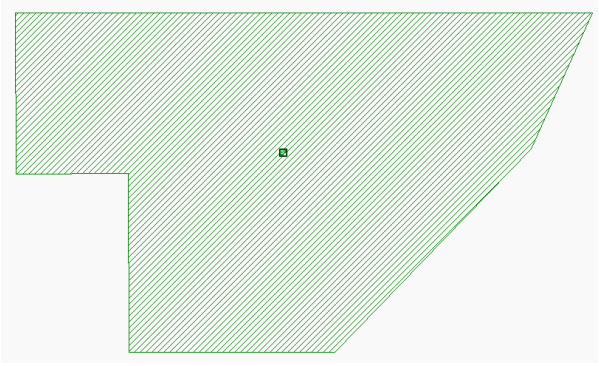
15) Sektsioonis *Return Period*, vali *Period = 100 (year)*. Sulge dialoog.

Ratsionaalne meetod ning *FAA* kokkuvooluaeg

Autodesk Storm and Sanitary Analysis tarkvaras on terve rida erinevaid hüdroloogilisi ning hüdraulilisi sätteid. Lihtsaim hüdroloogiline arvutus põhineb ratsionaalsel meetodil. Seda meetodit saab üsna tihti kasutada ka tabelarvutustena. Samas tuleb aru saada selle meetoditega tehtavatest eeldustest. Arvestades ühtlast vihma intensiivsust, tekib maksimaalne äravool valgala äravoolupunktis kui kogu valgala on saanud panustada äravoolupunkti.

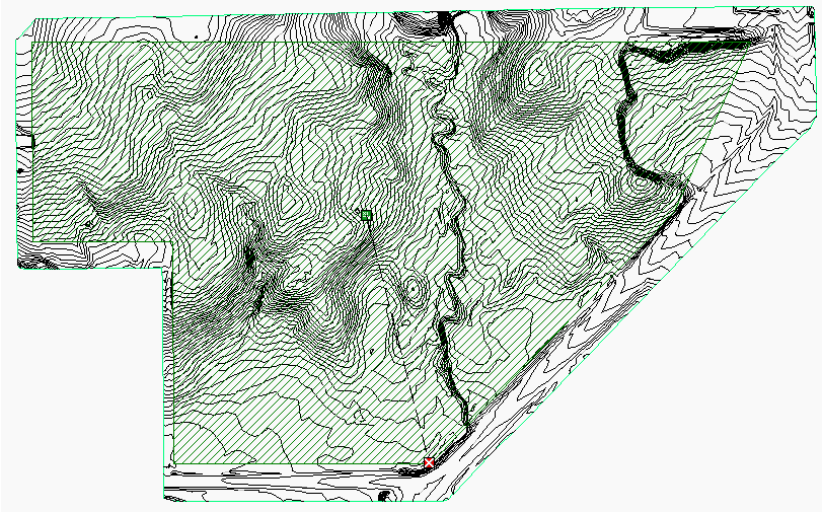
1) Loo uus SSA projekt.

2) Menüüst *File* > *Import* > *Land XML File*, impordi ***Rational_ProjectSite.xml***.

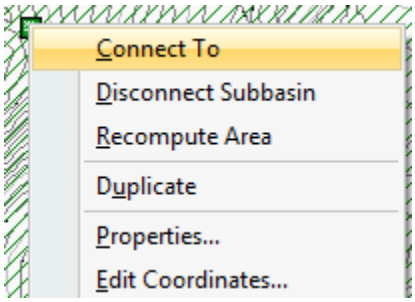


3) Kasutades *Layer Manager* funktsionaalsust, lae *Existing_Ground_Survey.dwg* kui taust ning tee see heledamatesse toonidesse.

4) Nupupaanilt lisa väljavoolupunkt, *Outlet*.

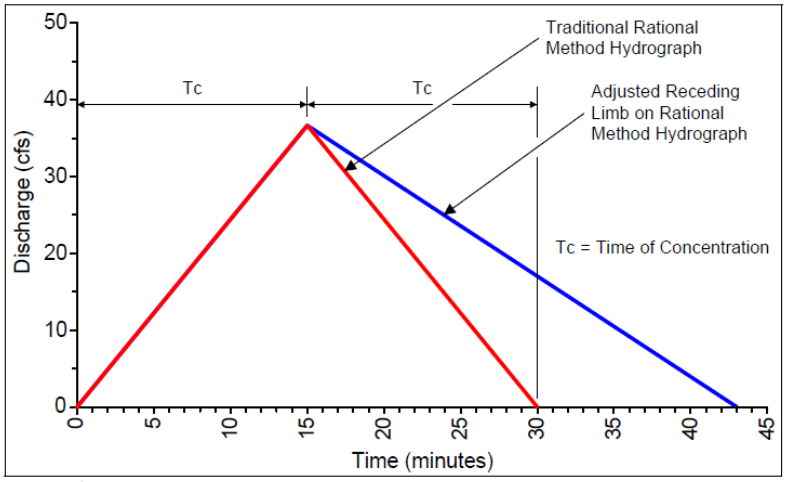


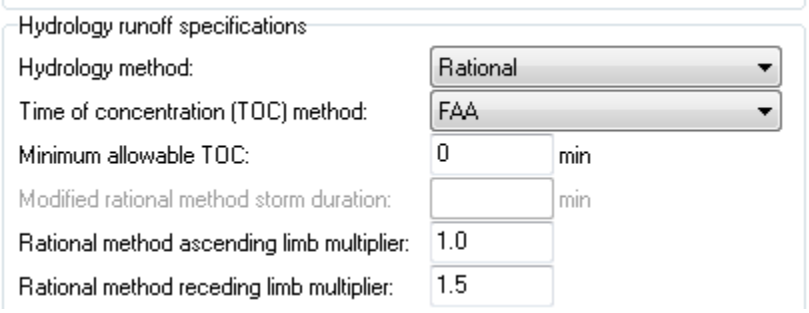
5) Vali valgala keskpunkt, tee parem klikk ning vali *Connect To*. Vali väljavoolupunkt.



6) Dialoogis *Project Options*:

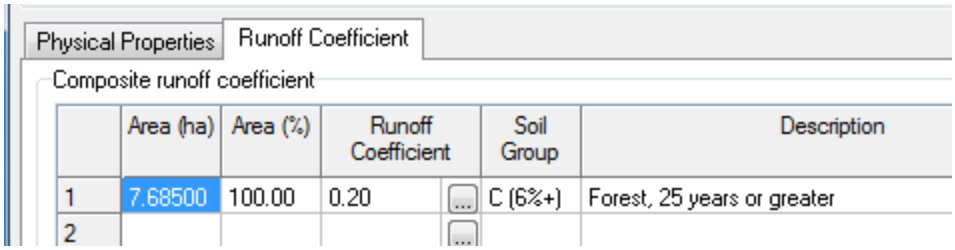
- *Hydrology* method = ***Rational***.
- Time of concentration (TOC) method = ***FAA***.
- Sisesta *Rational method receding limb* multiplier = **1.5**.

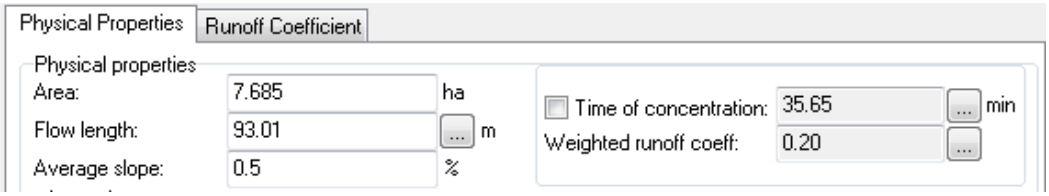




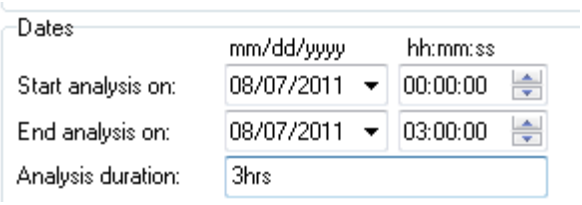
- Kliki OK.

7) Tee topelt-klikk valgala objekti peal, et avada dialoog. Muuda sätteid alloleva tabelite kohaselt.



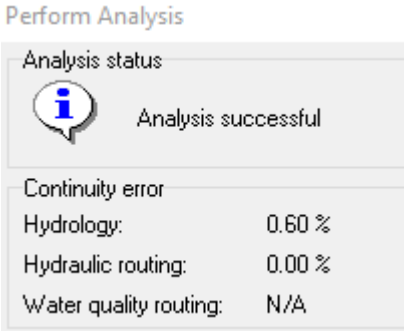


8) Menüüst *Analysis* > *Analysis Options*. Vali *Analysis duration = 3 hrs*.



9) Menüüst *Analysis* > *Perform Analysis*.

10) Salvesta analüüsi tulemused ning nimeta see kui *Pre-Development*.



11) Vaata ka graafikut *Time Series Plot*.

Märkus: Enamus hüdraulilisi arvutupakette kasutavad seda sama lihtsat meetodit, et leida hüdroloogilised äravooluhulgad nii restkaevude kui sademeveetorude tarvis. Samas on oluline aru saada, et lisaks hüdroloogilisele meetodile mängib rolli ka hüdraulilise meetodi valik, mis mõjutab torudes toimuvat voolamist.

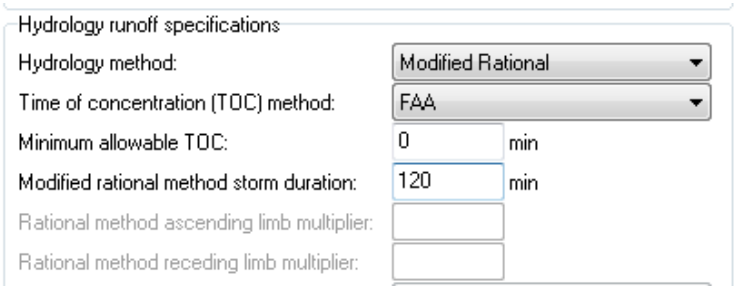
Modified Rational meetod

Meetod *Modified Rational* on arvutuslikult väga sarnane ratsionaalsele meetodile, kuid lisatud on mõned sademete esinemissagedused kokkuvooluaja arvutuse juures, et leida sademete intensiivsused. Selle tulemusel saadatakse sademete hüdrograaf. Seda meetodit kasutatakse ennekõike tiikide arvutuste juures ning kriitline kestvus määratakse olukorras, mille kaudu on vaja kasutada kõige suuremat tiigi mahtuvust.

1) Ava projekt: *Mod-Rat Start.spf*

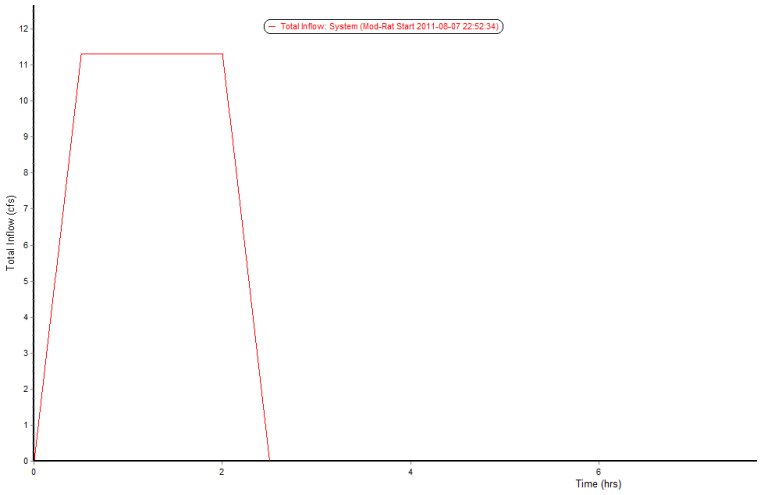
2) Dialoogis: *Project Options*, vali *Hydrology Method = Modified Rational*.

3) Sisesta *Storm Duration* = ***120 min***.



4) Käivita analüüs.

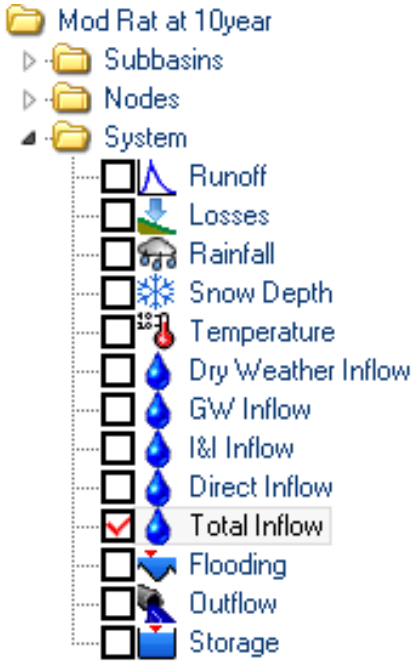
5) Ava paan *Time Series*. Vali *Total Inflow System*.



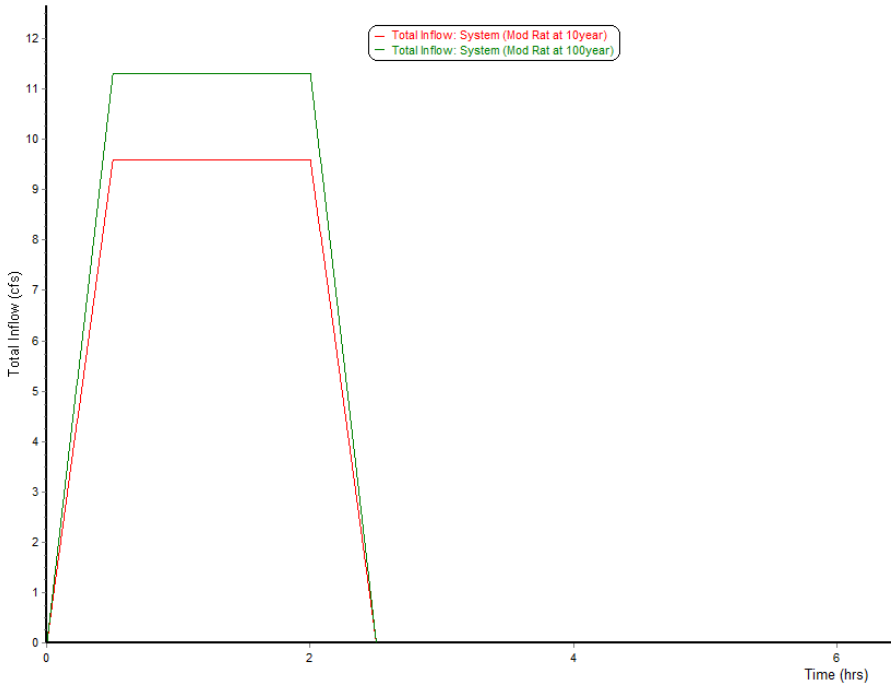
6) Paanil *Time Series Plot*, parem klikk ning vali *Open Solution*.

7) Vali *Mod Rat at 10year.sol*.

8) Iga laetud lahendi lõikes vali *Total Inflow* (*System* grupist).



9) Tulemused:



10) Graafikute võrdlemisel on võimalik leida tiigi maht, mis võiks süsteemi normaalse töö tagada. Samas tuleb rõhutada, et võrreldes *Excel*-iga on ilmne, et kriitiline sademete kestvus on otseselt sõltuvuses ka vajaliku tiigi mahuga (väga sarnane).

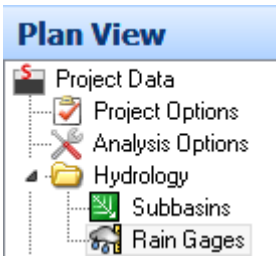
Sademete jaotused

Selle näite eesmärk on luua sademete profiilid, mida kasutada arvutustes.

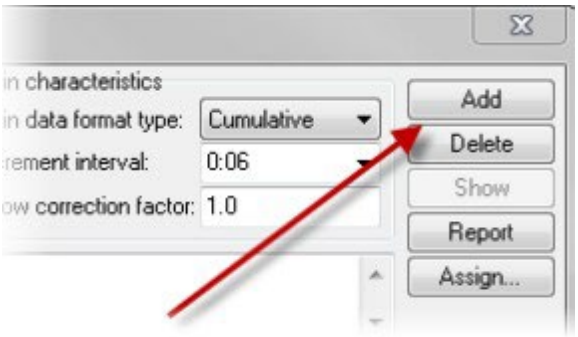
1) Ava projekt *Predevelopment.spf.*

2) Vali: *Project Options,* seejärel *Hydrology Method = SCC TR-20.*

3) Vali: *Plan View* – tee topelt klikk *Rain Gages* peal.



4) Lisa vihma definitsioon: *Rain Gage*.

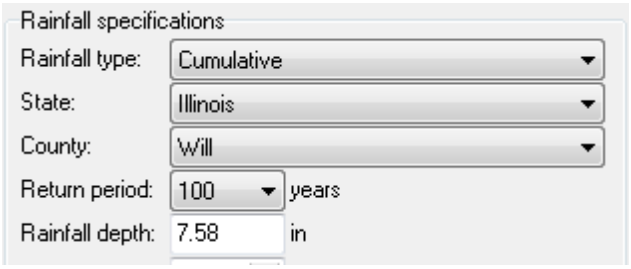


5) Sektsioonis *Data Source* > kliki nupul *Time Series* rea lõpus.

6) Lisa aegrida nimetusega ***2-hour huff***.

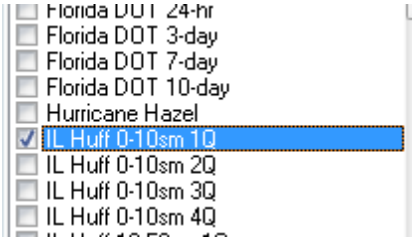
7) Kliki nupul *Standard rainfall – Rainfall Designer...*

8) Kuna see projekt asub USA-s, siis me valime vihma defineerimiseks vastava piirkonna: Illinois > *Will* või *Cook* (asub nende maakondade piiril).

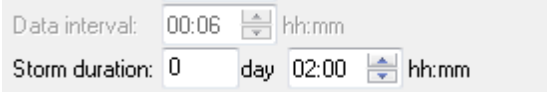


Loodav vihm põhineb tabelil *NE Illinois Average Table*. Graafikult on võimalik leida antud piirkonna sama-vihma-jooned (kus intensiivsus on sama ning kasutame selle joone väärtust kui veekihi paksust, *Rainfall depth*.

9) Vihma kirjeldab ühikjaotus: *IL Huff 0-10 sq. mile 1Q*.



10) Sektsioonis *Rainfall specification*, standardsed vihmad esitatakse ühe päeva vihmadena. Kohalik standard nõuab samas kriitilise arvutuse läbi viimist, seega me alustame 2-tunni vihmaga ning 100-aastase esinemissagedusega.



Tiigi disain ning analüüs

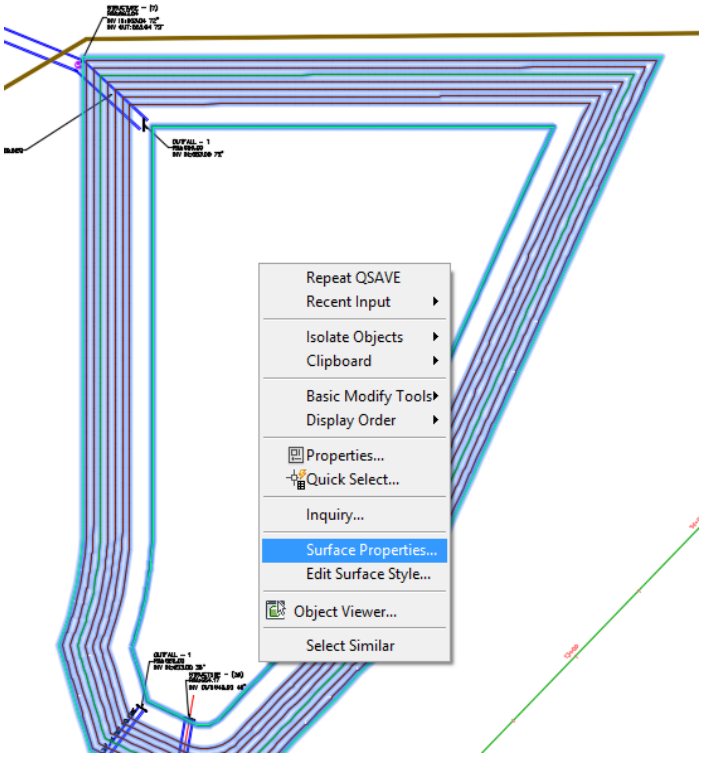
Tiigid on väga olulised komponendid teatud laadi sademeveesüsteemide projektlahenduste juures. Selles näites kasutad sa nii *Autodesk Civil 3D* kui *Autodesk Storm and Sanitary Analysis* tarkvara tiigi disainiks ning modelleerimiseks.

Stage storage töövahend

1) Käivita *Autodesk Civil 3D*.

2) Ava *SSA_Pond_StageStorage-1.dwg*.

3) Vali tiiki kirjeldav pinnaobjekt, parem klikk ning *Surface Properties*.



4) Paanil *Statistics* laienda *General* ning pane tähele *Minimum* ning *Maximum elevation* väärtuseid:

   - *Minimum elevation* = **654.8**
   - *Maximum elevation* = **662.5**

   Meie soov on kuvada kontuurjooni nendel kõrgustel, et saaks arvutada mahtusid.

5) Paanil *Analysis*:

   - Vali *Analysis Type* = *User-defined Contours*.
   - Sektsioonis *Ranges: Number* = **3**.
   - Käivita analüüs (noole nupp).

6) Veerus *Elevation*, sisesta järgmised kõrgusmärgid:

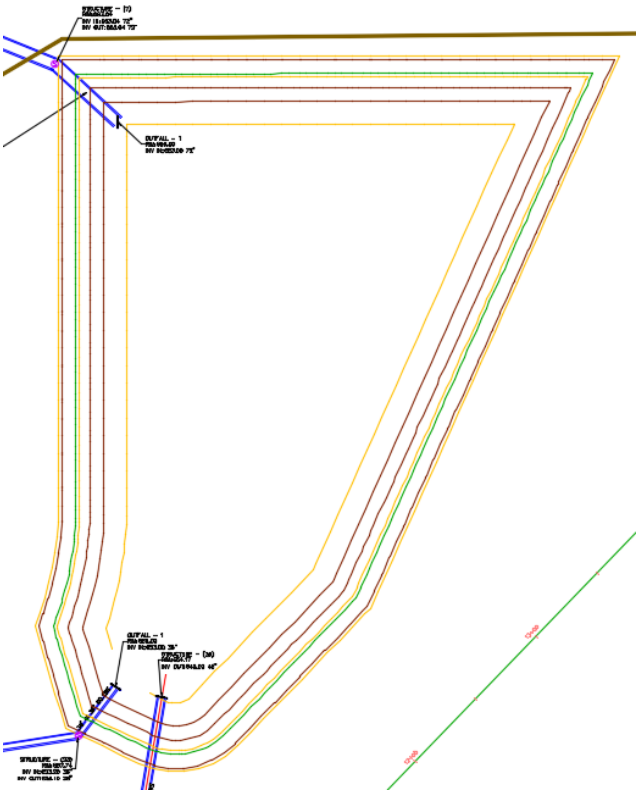
- **654.8** (tiigi murdejoon)
- **659.5** (ülevoolu kõrgusmärk)
- **662.5** (tiigi ülemine kõrgusmärk)

7) Veendumaks, et kuvatakse kõik kontuurjoonte alatüübid (*Major*, *Minor* ning *User* defined):

- Paanil *Information*, vali stiilina *Surface Style* = ***Contours 2 and 10 (Design)*** .
- Vali nupp *Edit Current Selection* rea lõpus.

8) Dialoogis *Surface Style*:

- Paanil *Display* veendu, et oleks aktiivsed *(Visibile*) järgmised read: *Major*, *Minor* ning *User Contours*.
- Sa võid peita *Border* komponendi.
- Vali OK, et sulgeda kõik dialoogid.



9) Leidmaks tiigi mahukõverat, vali riba pealt: *Analyze* > *Design* > *Stage Storage*. Kuvatakse dialoog *Stage Storage*.

10) Sisesta järgmised andmed sektsiooni: *Stage Storage Table Details:*

- *Report Title:* **Pond 1 Stage Storage**
- *Project Name:* **Training Basin**
- *Basin Description:* **Pond 1**

11) Sektsioonis *Basin Definition Options*, veendu, et *Define Basin from Entity* oleks valitud. Kliki *Define Basin*.

12) Veendu, et *Define Basin from Surface Contours* oleks valitud ning kliki *Define*. Vali üks kontuuridest tiigi objektilt.

Sulla peaks kuvatama sarnased tulemused.

Stage Storage Volume Table

Contour Elev...	Contour Area...	Incremetal Depth (ft)	Avg. End Area Incre...	Avg. End Area Cu...	Conic Incremental V...	Conic Cumulative ...
654.800	47,543.80	N/A	N/A	0.00	N/A	0.00
656.000	60,917.31	1.200	65076.67	65076.67	64911.14	64911.14
658.000	69,732.62	2.000	130649.93	195726.60	130550.69	195461.82
659.500	76,675.60	1.500	109806.16	305532.76	109764.98	305226.81
660.000	79,053.09	0.500	38932.17	344464.93	38930.66	344157.47
662.000	88,878.98	2.000	167932.07	512397.01	167836.17	511993.64
662.500	91,414.43	0.500	45073.35	557470.36	45071.87	557065.51

13) Dialoogi *Stage Storage* allosas vali *Insert*. Vali punkt joonisel, kuhu soovid tabeli lisada. Veeru *Depth* väärtused esitavad vahekõrguseid (intervalle).

STAGE STORAGE TABLE

ELEV	AREA (sq. ft.)	DEPTH (ft)	AVG END INC. VOL. (cu. ft.)	AVG END TOTAL VOL. (cu. ft.)	CONIC INC. VOL. (cu. ft.)	CONIC TOTAL VOL. (cu. ft.)
654.800	47,543.80	N/A	N/A	0.00	N/A	0.00
656.000	60,917.31	1.200	65076.67	65076.67	64911.14	64911.14
658.000	69,732.62	2.000	130649.93	195726.60	130550.69	195461.82
659.500	76,675.60	1.500	109806.16	305532.76	109764.98	305226.81
660.000	79,053.09	0.500	38932.17	344464.93	38930.66	344157.47
662.000	88,878.98	2.000	167932.07	512397.01	167836.17	511993.64
662.500	91,414.43	0.500	45073.35	557470.36	45071.87	557065.51

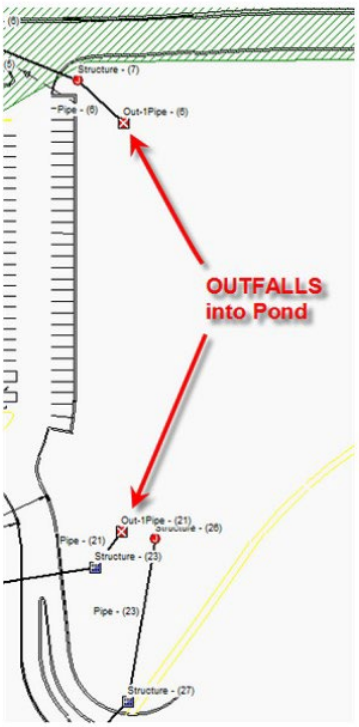
14) Kui oled tabeli sisestamisega lõpetanud, siis kliki *Stage Storage* dialoogis ülal paremas nurgas oleval ristil, et dialoog sulgeda.

Tiigi sõlmpunkti lisamine *SSA* tarkvars

1) Käivita *Autodesk Storm and Sanitary Analysis*.

2) Ava projekt: ***SSA_POND_Storage-1.spf***.

3) Pane tähele, et tiigi asukohas on kaks väljavoolu punkti.



4) Vali ükshaaval need väljavoolupunktid, parem klikk ning vali *Convert to* > *Junction*.

5) Kasutades töövahendit *Add Storage Node,* lisa tiiki kirjeldav element joonisele, tiigi keskpunkti lähedusse.

6) Vali tiigi objekt, tee topelt klikk selle peal.

7) Dialoogis *Storage Nodes* nimeta *Storage Node ID* kui ***Pond1***, ning seejärel sisesta sektsioonis *Physical Properties*:

   - *Invert Elevation* = **654.8**
   - *Maximum Elevation* = **662.5**

8) Vali *Storage shape* > *Type* = *Storage Curve*, kliki kolmel täpil, et kuvada dialoog *Storage Curves*.

9) Dialoogis *Storage Curves* kliki nupul *Add*, et lisada uus kõver. Nimeta see kui *Curve ID = Pond 1*.

10) Kasutades *Storage Data Type = Depth vs. Area*, sisesta *Autodesk Civil 3D* tarkvarast saadud väärtused tiigi kirjeldamiseks.

Storage curve data

Storage data type: Depth vs. Area

	Depth (ft)	Area (ft²)	Volume (ft³)
1	0	47500	0.000
2	1.2	60900	65040.00
3	3.2	69700	195640.00
4	4.7	76675	305421.25
5	5.2	79000	344340.00
6	7.7	91400	557340.00

11) Kliki nupul *Save*, et andmed salvestada lokaalselt kui *Pond1.dat*.

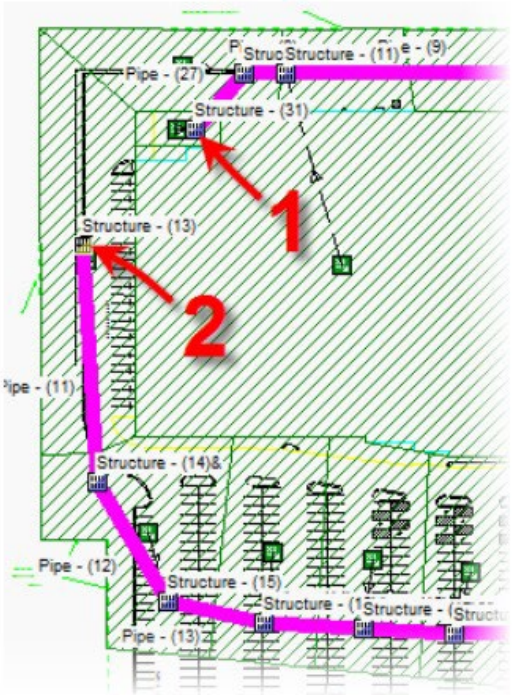
12) Sulge dialoog *Storage Curves*, seejärel ka *Storage Nodes* dialoog.

13) Ühenda konverteeritud sõlmed töövahendiga *Add Conveyance Link* tiigi objektiga.

14) Kuna need viimased torud on tegelikult juba tiigi sees, siis me kasutame sätet *Direct.*

Vali iga viimati joonestatud toru ning dialoogis *Conveyance Links* vali *Direct* ning sulge dialoog.

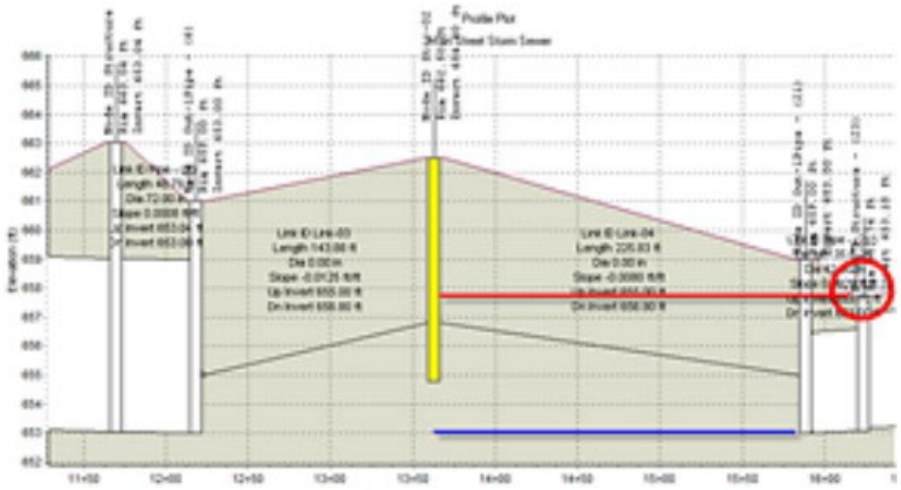
15) Vaata profiili läbi tiigi objekti. Vali *Profile Plot* ning seejärel elemendid *Structure (31)* ja *Structure (13)*, seejärel kliki nupul *Show Plot*.



16) Suurenda graafikul keskosasse.

- Alloleval pildil on näha tiigi alg ja maksimaalne kõrgusmärk.
- Paremal pool asuv punane ringjoon tähistab aga restkaevu kaevu kaane kõrgusmärki (elev 657.7), mis on madalam kui tiigi maksimaalne kõrgus (662.5). Seega kui tiik täitub veega, ning toimub tagasivool torusüsteemi ja omakorda uputus vastavast restkaevust.

- Sinine joon tähistab sisenevate torude kõrgusmärke (653.0) – mis on madalamal kui tiigi tegelik kõrgusmärk.



17) Nende probleemide korrigeerimiseks muudame tiigi parameetreid, hiljem lisame ka ülevoolu ning väljavoolu komponendid nii, et veetasapind ei saaks tõusta üle restkaevu kõrgusmärgi.

18) Tee topelt klikk tiigi komponendil *Storage Node*, muuta järgmisi parameetreid:

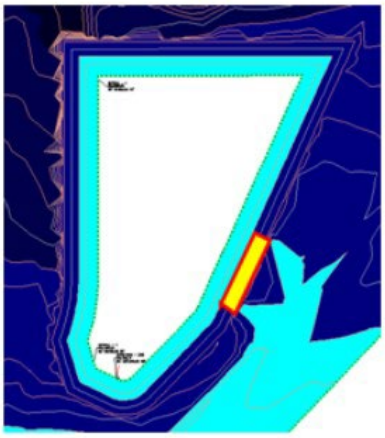
- *Invert Elevation* = **652.0**
- *Maximum Elev* = **657.7**

Märkus: Tiiki saab nii lihtsalt madalamaks lasta, kuna tiigi definitsioonikõver (*Storage Curve)* sisaldab sügavuse väärtuseid.

Ülevoolu defineerimine (kriisi olukorras)

1) Jätka eelmisest näitest või ava fail ***SSA_POND_Weir-1.spf***.

2) Ülevoolu komponendi saame lisada kahe sõlme vahele. Seega esmalt lisame juurde ühe sõlme komponendi (*Add Junction*). Lisa see sõlm tiigi perimeetrist väljapoole. See punkt märgib ülevoolu väljavoolupunkti.



3) Kasuta nüüd komponenti *Add Weir*, et ühendada tiigi komponent viimati lisatud sõlmega.

4) Tee topelt klikk ülevoolu komponendi peal, et avada dialoog *Weirs*.

5) Sisesta: *Crest invert* elev = **656.7**. Ülevoolu põhja kõrgusmärk, mis jääb tiigi veetasapinnast 1 ft allapoole (aga ka siis madalaima restkaevu kaane tasapinnast).

6) Sisesta: *Crest length* = **10 ft**. See on ülevoolu laius, mõõdetuna risti voolusuunaga.

7) Sisesta: *Weir total height* = **1 ft**. See on ülevoolu ava kõrgus.

8) Vali: *Type = Trapezoidal, Side slope = 1:1 (V:H)*.

9) Tabelite baasil sisestame, et *Discharge coeff* = ***2.49*** (laius: 10 ft, kõrgus 0.2 ft ülalpool ülevoolu).

10) Vali C*ontraction type = Both Ends* (vt *Help*).

11) Sulge dialoog *Weirs*.

Väljavoolu modelleerimine

1) Jätka eelmisest näitest või ava projekt ***SSA_POND_Orifice-1.spf***.

2) Kasuta töövahendit *Add Orifice*, liitmaks tiigi objekt kaevuga *Structure (26)*, märgi vahepunkt, et see oleks lihtsamini joonisel eristatav.

3) Kasutades *Select* töövahendit, tee topelt klikk äsja lisatud *Orifice* komponendi peal.

4) Dialoogis *Orifices* sisesta kirjelduseks: **Outlet orifice for 2 year storm**, kuna sellest saab madalamal asuv väljavool, et tagada sademeid esinemissagedusega 2-aastat.

5) Vali *Type* = *Side*.

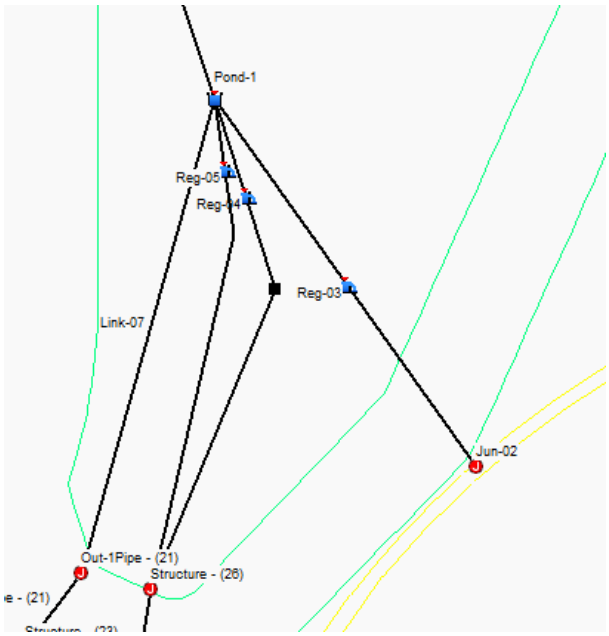
6) Vali *Shape* = *Circular* (automaatselt uueneb *Orifice* coefficient väärtus kui *0.614,* järgimaks kuju).

7) Sisesta: *Diameter* = **6 in**.

8) Sisesta: *Crest Elev* = **653 ft** (see asub seega 1 ft üleval pool tiigi põhja).

9) Teise väljavoolutoru lisamiseks kliki nupul *Add* ning muuda selles juures *Crest Elev* = **654**. Kliki *Close*, et sulgeda dialoog *Orifices*.

10) Kuna kaks väljavoolu lisati dialoogi vahendusel, siis paiknevad need üksteise peal. Nende eraldamiseks tee klikk ühe komponendi peal ning vali *Edit Vertices*. Tiri mustast objektipunktist üks väljavool teisest eemale. Kui oled lõpetanud, tee parem klikk ning vali *Quit Editing*.



Imbumise seaded

1) Jätka eelmisest näitest või ava projekt: ***SSA_POND_Exfiltration-1.spf***.
2) Vali *Project Options.*
3) Dialoogis *Project Options* > vali: *Storage node exfiltration method = Constant rate, wetted area*; sulge dialoog.
4) Tee topelt-klikk tiigi elemendil ning vali: *Exfiltration Type = At all elevations*.
5) Voolukiiruse *Exfiltration rate* määramiseks vali kolme täpiga nupul ning sisesta väärtus *Sandy Loam* baasil.
6) Sulge *Storage Nodes* dialoog.

Analüüsi loomine ning raporti koostamine

1) Jätka eelmisest näitest või ava projekt: ***SSA_POND_Analysis.spf***.
2) Käivita analüüs, *Perform Analysis*. Kui kuvatakse veateated, püüa need lahendada.
3) Tee topelt-klikk tiigi elemendil, ning vaata sektsiooni *Analysis Summary*. Veendu, et see ei uputa ning et maksimaalne kõrgusmärk oleks vähem kui 0.5 ft ülevoolu kõrgusmärgist, *656.7,* kõrgemal.
4) Tee topelt-klikk *Weir* komponendi peal ning vaata *Analysis Summary* sektsiooni.
5) Tee topelt-klik *Orifice* komponendi peale ning vaat *Analysis Summary* sektsiooni.
6) Vali menüsüt *Output > Generate Custom Report*.
7) Jälgi raportis kuvatavaid andmeid (tiigiga seotud). Selle leiad lõpusektsioonist.
8) Sulge kõik failid, ära salvesta muudatusi.

Kanalisatsioonisüsteemi planeerimine *SSA* tarkvaras

Planeeringute koostamine eeldab ka:

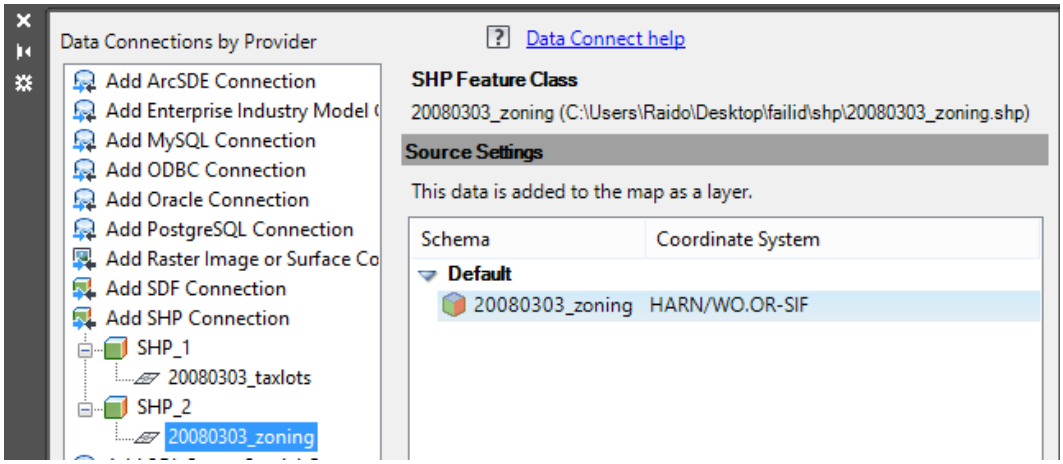
- Olemasoleva kanalisatsioonisüsteemi dokumenteerimist
- Olemasolevate ning tulevaste reoveevooluhulkade hinnangut
- Mahtuvuse analüüse
- Pumplate efektiivsust
- Soovitusi tervikliku pildi parandamiseks

GIS andmete kaasamine

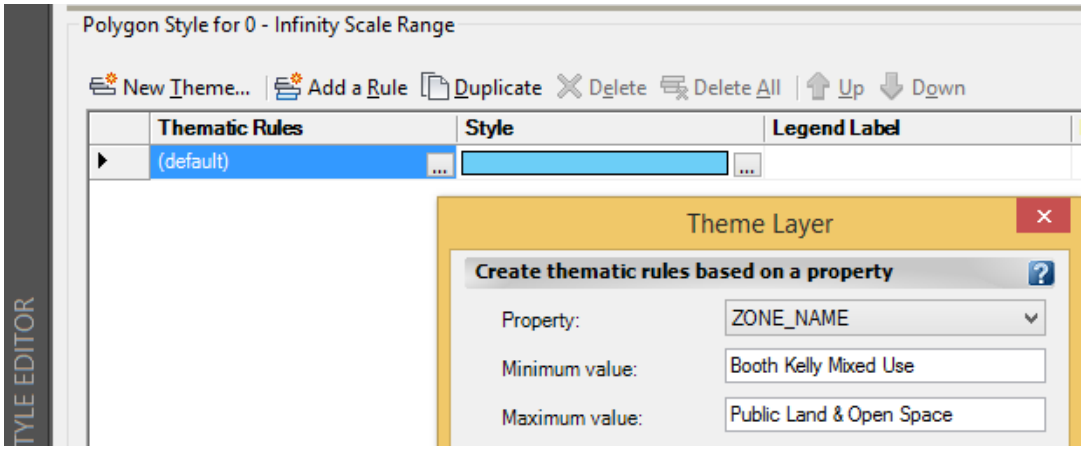
1) Ava *AutoCAD Map 3D* (või *Autodesk Civil 3D*). Ava uus joonis.

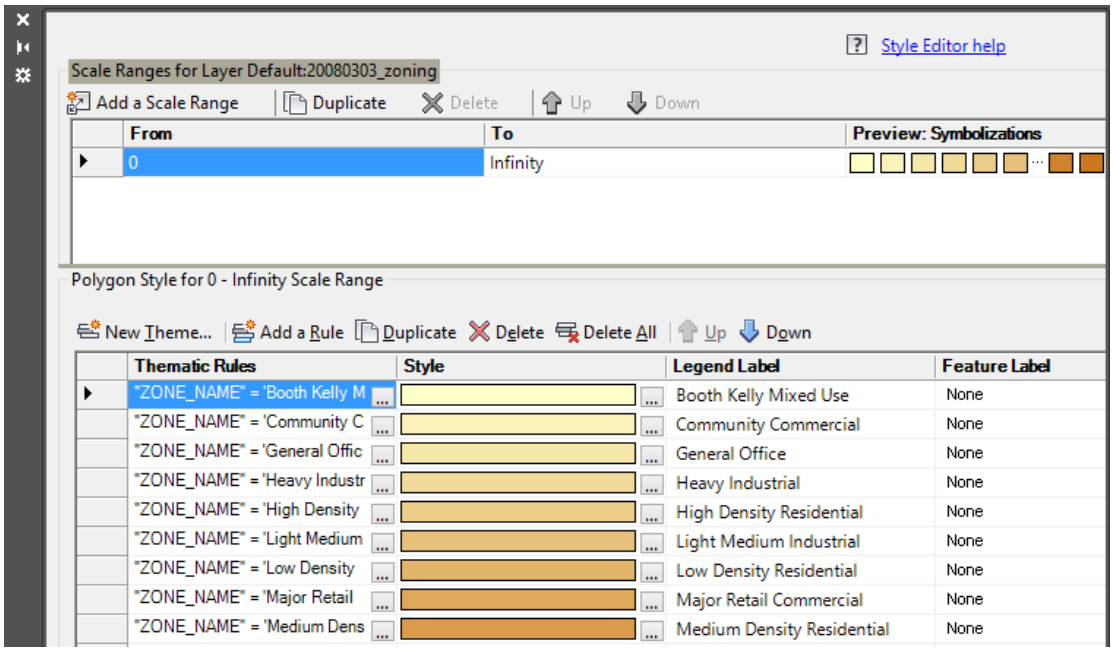
2) Kuva palett *Map Task Pane*, sisesta käsureale: **MAPWSPACE**.

3) Paletil *Task Pane*, vali *DATA* nupp ning kasuta *FDO* liidest, et lisada *shapefile 20080303_taxlots*. Korda protseduuri failiga *20080303_zoning*.

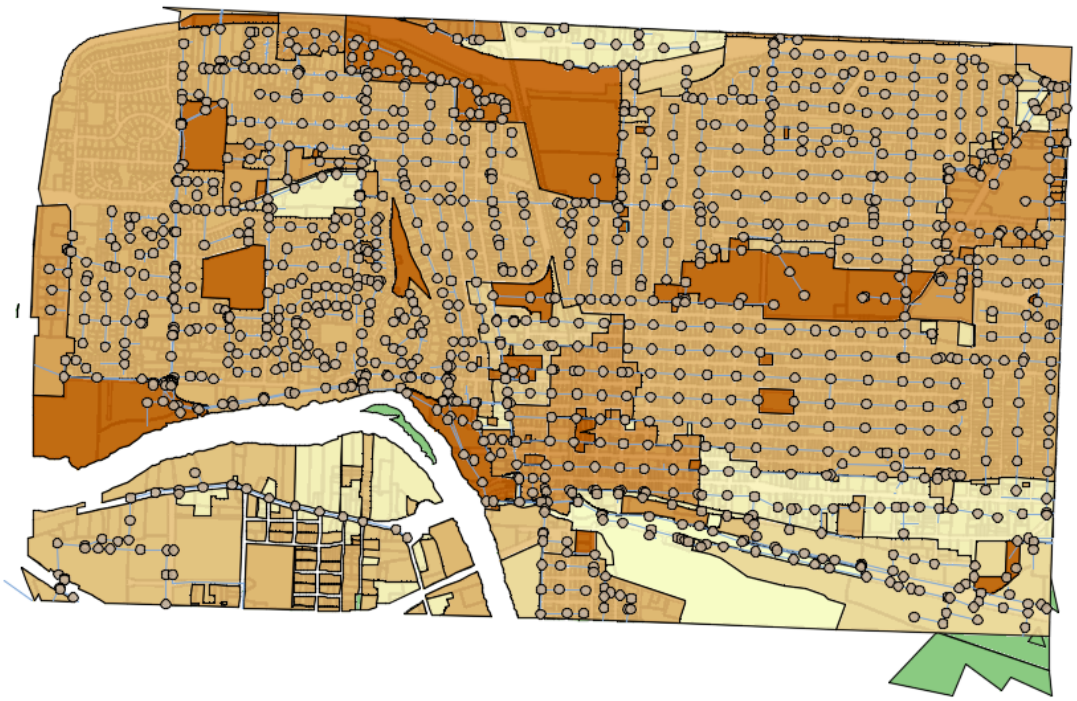


4) Vali kiht "*zoning*" ning kliki nupul *Style*. Loo teemakaart parameetri *ZONE_NAME* baasil.





5) Lisa veel järgmised andmed: *San_main_pipes* ning *San_manholes*.



Reoveekanalisatsioonisüstemi analüüs ning vooluhulkade prognoos

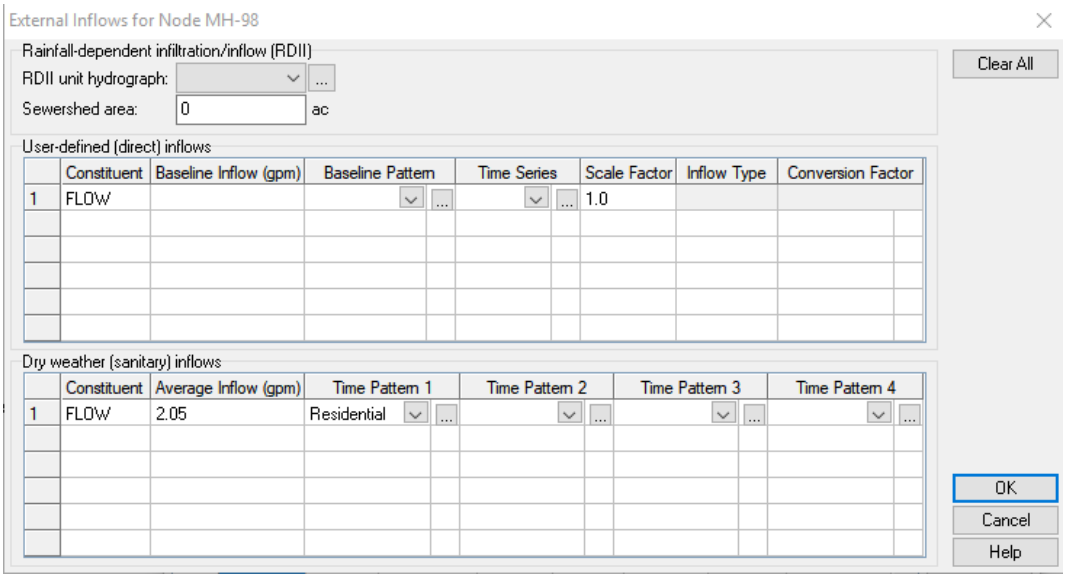
1) Käivita *Autodesk Storm and Sanitary Analysis*.

2) Ava projekt: *WWTP Force Main.spf*

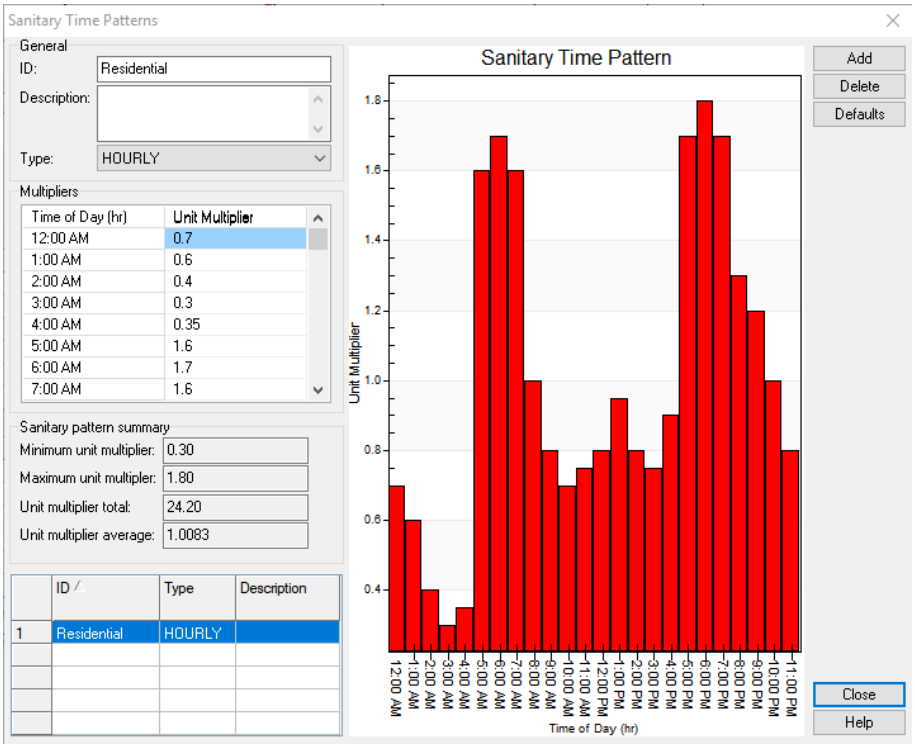
3) Suurenda vaadet mistahes sõlme juurde ning tee topelt-klikk, et avada dialoog *Junctions*. Pane tähele sektsiooni *External inflows = YES*.

4) Kliki nupul, mis järgneb väljale *External inflows*.

Pane tähele sektsiooni *Dry weather (sanitary) inflows* tabeli allosas.



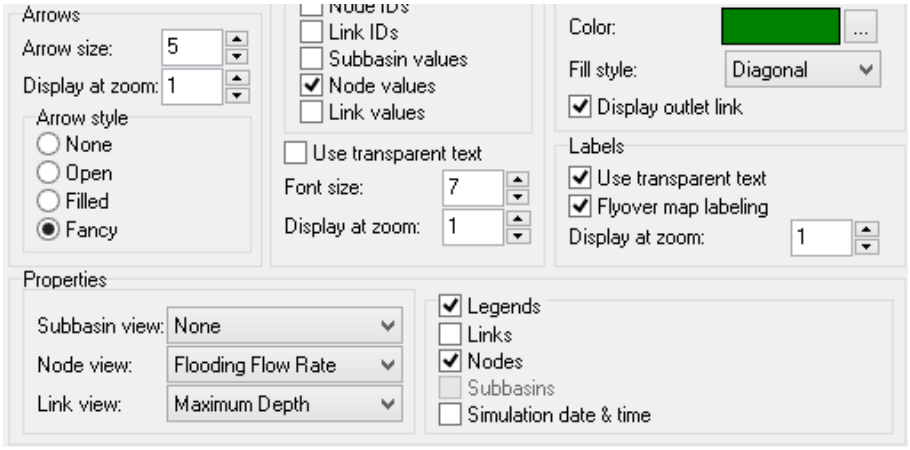
5) Kliki veeru *Time Pattern 1* välja *Residential* kõrval oleval nupul. Järgi tunnigraafikuid.



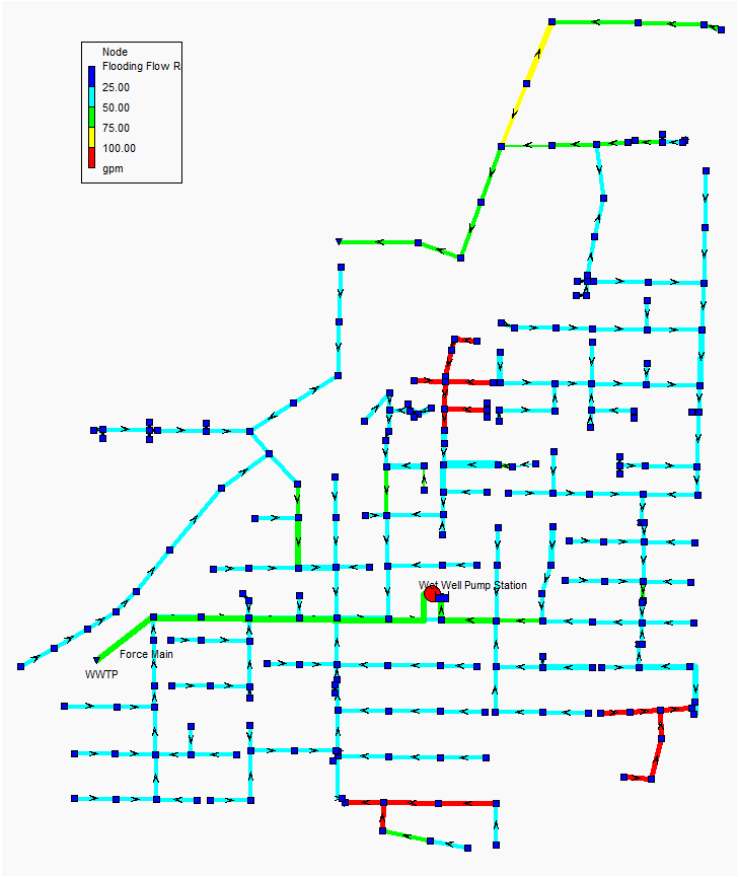
6) Käivita analüüs.

7) Kuvamaks sõlmede nimetusi ning legendi:

- Menüüst: *View* > *Display Options*.
- Sektsioonis: *Properties*, vali *Node view* = *Flooding Flow Rate*
- Vali: *Link view* = *Maximum Depth*
- Vali kastid: *Legends* ning *Nodes*.
- Sektsioonis *Annotation*, tühista valik *Link values*.



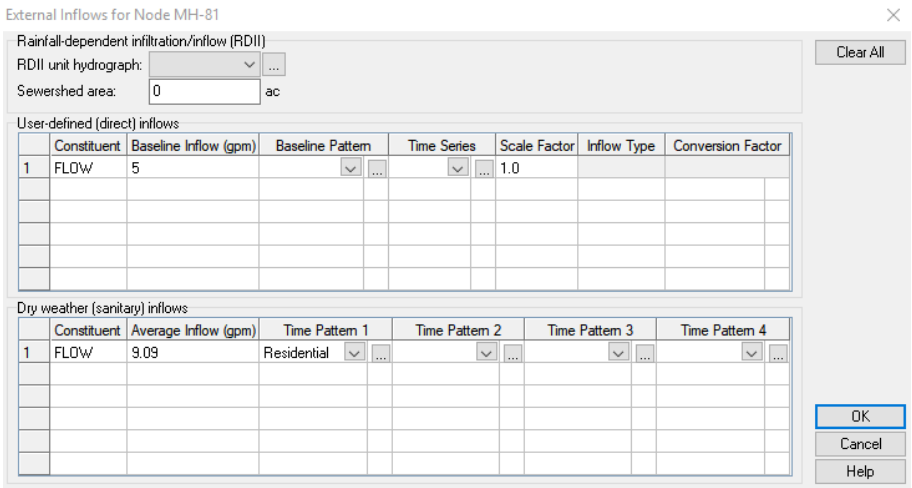
- Kliki OK.



8) Ekspordi andmed ning loo raport.

9) Uue arenduspiirkonna vooluhulkade kaasamiseks:

- Leia sõlm: *MH-81*, tee topelt klikk sõlmel, kliki *External inflows*.
- Lisa uus vooluhulk sektsiooni *User-defined (direct) inflows* kui **5 gpm** (0.3155 l/s)



10) Käivita analüüs ning vaata tulemusi. Pööra tähelepanu kohtadele, kus eksisteerivad puudujäägid (profiili vaates).

11) See lõpetab käesoleva näite. Sulge failid, salvestada ei ole vaja.