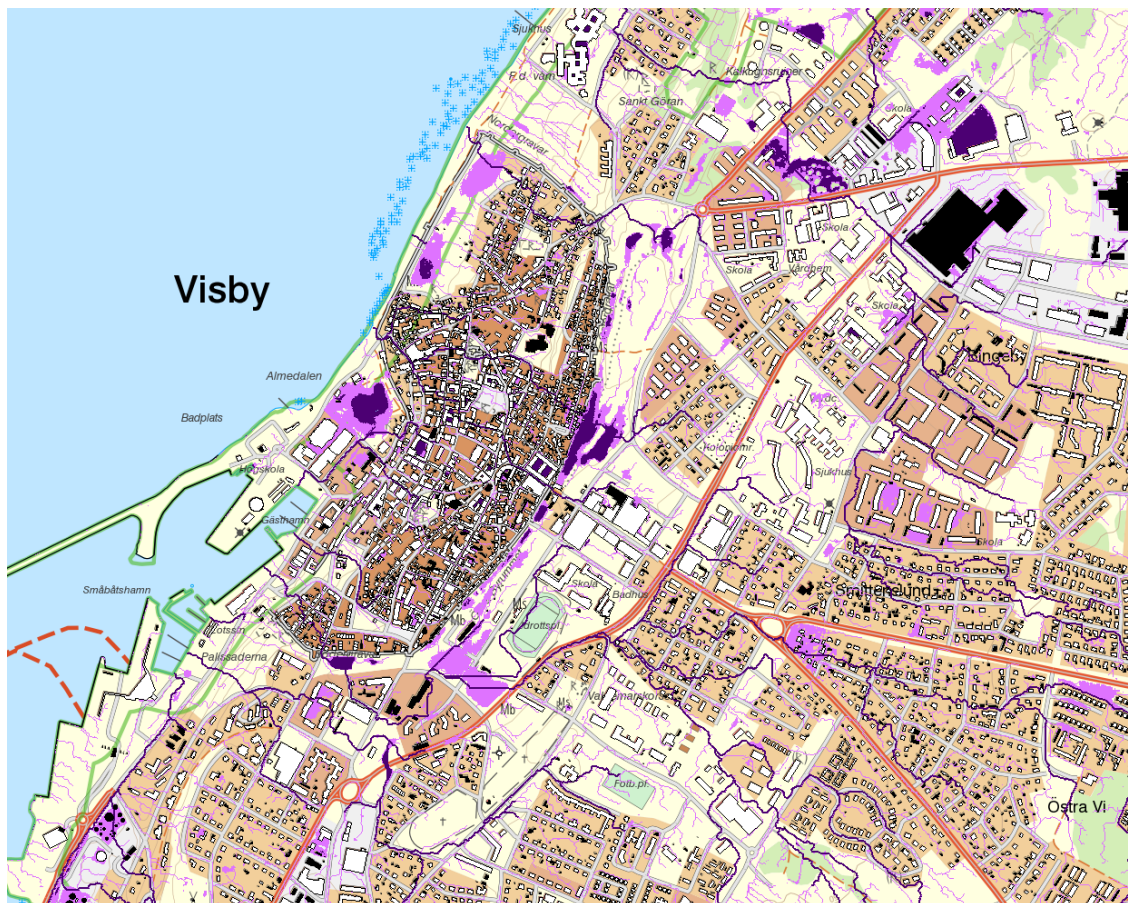


Steve Berggreen-Clausen, Kristoffer Hallberg

RAPPORT NR 2015-31

Lokala ytavrinningsförhållanden i Gotlands län



Pärmbild.

Bilden föreställer en genomförd ytavrinningsanalys för Visby, residensstad i Gotlands Län.

Författare:

Steve Berggreen-Clausen

Uppdragsgivare:

Jesper Andersson

Granskningsdatum:

2015-06-30

Granskare:

Magnus Rödin

Dnr:

2015/788/9.5

Version:

1.0

Lokala ytavrinningsförhållanden i Gotlands län

Uppdragstagare

SMHI
601 76 Norrköping

Projektansvarig

Steve Berggreen-Clausen
031 751 89 65
steve.berggreen-clausen@smhi.se

Uppdragsgivare

Länsstyrelsen Gotlands län

Kontaktperson

Jesper Andersson
010-223 93 06
jesper.andersson@lansstyrelsen.se

Distribution

Klassificering

 Allmän

Nyckelord

Klimatanpassning, Avrinning, Gotland, Nationell Höjdmodell

Övrigt

Denna sida är avsiktligt blank

Innehållsförteckning

1	SAMMANFATTNING	1
2	BAKGRUND	1
3	SYFTE	2
4	REKOMMENDATIONER FÖR FYSISK PLANERING	2
5	NATIONELL HÖJDMODELL.....	3
6	RISKOMRÅDEN FÖR ÖVERSVÄMNING I URBAN MILJÖ	4
6.1	Studieområden	7
6.2	Lågpunkter och potentiella flödesvägar	8
6.2.1	Burgsvik	9
6.2.2	Fårösund	10
6.2.3	Hemse.....	11
6.2.4	Katthammarsvik	12
6.2.5	Klintehamn	13
6.2.6	Lärbro	14
6.2.7	Roma.....	15
6.2.8	Slite	16
6.2.9	Visby	17
7	SLUTSATSER	18
8	REFERENSER	18
9	BILAGOR	19
	Bilaga 1 Metodbeskrivning GIS-analys av låga områden.....	19
	Bilaga 2 Låga områden och potentiella flödesvägar	25

Denna sida är avsiktligt blank

1 Sammanfattning

Som en del i det pågående arbetet med klimatanpassning i Gotland samverkar Länsstyrelsen med SMHI i syfte att ta fram underlag som kan underlätta klimatanpassning inom fysisk planering och beredskapsplanering. Speciellt intresse ägnas skyfall och urban hydrologi eftersom översvämningar till följd av kraftig nederbörd är vanliga och att extrem nederbörd förväntas öka i framtiden. Lantmäteriet har tillhandahållit höjddata i form av Nationell Höjdmodell (NH) samt Fastighetskartan. I denna rapport presenteras resultaten för huvudorterna på Gotland, men det digitala materialet som Länsstyrelsen mottagit täcker in hela Gotlands yta, inklusive Fårö och Gotska Sandön.

Nationell Höjdmodell har visat sig användbar för att kostnadseffektivt analysera lokal ytavrinning för stora områden. Totalt sett har över 3000 km² analyserats och i kartor redovisas möjliga flödesvägar för ytavrinning samt låga områden där vatten kan ansamlas.

2 Bakgrund

Extrem nederbörd är idag en av de vanligaste orsakerna till vattenskadorna i urbana miljöer. Forskning pekar på att extrem nederbörd kommer öka vilket motiverar förebyggande arbete med att analysera riskerna för infrastruktur. Länsstyrelsen i Gotlands län avser att fortsätta arbetet med klimatanpassning inom fysisk planering och är i behov av relevant beslutsunderlag. Som del av det pågående arbetet med klimatanpassning efterfrågas mer detaljerad information om urban hydrologi.

I Sverige är kommunerna ansvariga för bortledning av vatten från samlad bebyggelse enligt lagen om allmänna vattentjänster. För detta ändamål finns olika lösningar som traditionellt omfattar både ledningsnät och öppna vattenvägar. Dessa system är ofta konstruerade för att klara av att hantera vattenflöden med en statistisk återkomsttid på 10 år, vilket i praktiken kan jämföras med nederbördssituationer med 10 års återkomsttid. Dag- och spillvattennät förändras ofta i takt med den fysiska planeringen i en stad. Förändringar kan medföra att kapaciteten i avledningssystemet förändras och det är viktigt att vara observant på var flaskhalsar kan uppstå. Det är vanligt att dagvattensystemen överbelastas vid intensiv nederbörd och att vattnet istället rinner av längs markytan och orsakar lokala översvämningar vilka ofta är förenade med stora kostnader. Att i förväg identifiera strategiska flödesvägar och områden som ansamlar vatten kan i förlängningen bidra till att minska sårbarheten i dagvattensystem.

Dag- och spillvattensystem är ofta skraddarsydd till de områden där de placeras och till de vattenflöden som förväntas, s.k. underlag för flödesdimensionering. Dimensioneringsunderlag bör beskriva dagens förhållanden men också ge en blick in i framtiden. Det är således väl motiverat att undersöka och kvantifiera de förändrade belastningar från nederbörd som kan ske i framtiden.

Lantmäteriet har på uppdrag av regeringen i detalj kartlagt höjdförhållandena i Sverige och resultatet är en noggrann digital höjdmodell som bland annat ger goda förutsättningar för att beskriva flöden av vatten i landskapet.

Länsstyrelsen i Gotlands län har uppdragit åt SMHI att utföra en kartering av områden som identifieras som översvämningshotade vid skyfall, s.k. instängda områden. Av största intresse är huvudorterna inom länet, men kartering görs i samband med denna studie av hela Gotland, inklusive Fårö och Gotska Sandön.

För att underlätta arbetet med dessa frågor är det fördelaktigt att ha tillgång till ett generellt och enhetligt material för länets huvudorter för diskussion och åtgärdsarbete med syfte att minska sårbarheten för urbana översvämningar orsakade av extrem nederbörd.

3 Syfte

Klimatanpassning handlar om att anpassa samhällets funktioner till såväl dagens som ett förväntat framtida klimat. Denna rapport syftar till att öka medvetenheten kring lokal ytavrinning och fungera som stöd för fysisk planering.

4 Rekommendationer för fysisk planering

En gemensam syn på hur hänsyn ska tas till översvämningsrisker vid fysisk planering är viktig för att skapa ett robust samhälle som med tillräckliga marginaler kan fungera väl även under extrema situationer med kraftig nederbörd, höga flöden i vattendrag och höga havsvattenstånd. Med nuvarande kunskapsläge vet vi att klimatet är under förändring och planering i långa tidsperspektiv bör ta hänsyn till detta. Att anpassa samhällets funktioner till såväl dagens som ett förväntat framtida klimat är nödvändigt.

Länsstyrelserna i Mellansverige har tidigare arbetat gemensamt med risk- och säkerhetsfrågor i en arbetsgrupp för riskhänsyn i samhällsplaneringen kallad AGRIS (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2006). AGRIS presenterade 2006 en vägledning vid fysisk planering: *Översvämningsrisker i fysisk planering-Rekommendationer för markanvändning vid nybebyggelse*. Vägledningen förordar en metod där markutnyttjande styrs med hänsyn till utsattheten för översvämning från sjöar och vattendrag i samband med höga flöden. Rekommendationerna är ett enkelt instrument för att visa var vilken typ av bebyggelse är lämplig utan att vidta speciella åtgärder för att motverka översvämning. I fall där man önskar lokalisera byggnader inom översvämningskänsliga områden rekommenderas riskanalys och skyddsåtgärder. I korthet:

- **Markområden med stor sannolikhet för översvämning**
I områden som hotas av 100-årsflöde, bör det inte tillkomma någon bebyggelse alls, med undantag för enkla byggnader som garage och uthus.
- **Markområden med viss sannolikhet för översvämning**
I områden som hotas av högsta dimensionerande flöde, kan samhällsfunktioner av mindre vikt lokaliseras. Exempel är byggnader av lägre värde, byggnader av mer robust konstruktion, vägar med förbifartsmöjligheter, enstaka villor, fritidshus och mindre industrier med liten miljöpåverkan.
- **Markområden med låg sannolikhet för översvämning**
Endast i områden som inte hotas av 100-årssflöde eller högsta dimensionerande flöde bör riskobjekt och samhällsfunktioner av betydande vikt lokaliseras. Detta kan vara offentliga byggnader, t.ex. sjukhus, vårdhem, skolor, infrastruktur av stor betydelse såsom riksvägar och andra vägar utan reella förbifartsmöjligheter, järnväg, VA/avfallsanläggningar, el-/teleanläggningar samt industrier med stor miljöpåverkan eller andra industriområden. Även sammanhållen bostadsbebyggelse bör placeras ovanför nivån för högsta dimensionerande flöde.

Tyngdpunkten i AGRIS vägledningen (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2006) ligger på områden kring sjöar och vattendrag samt översvämningar av dessa, men konceptet bör kunna tillämpas även för robust planering med hänsyn tagen till ytavrinning och kustöversvämning där så är aktuellt. Liknande ansatser från andra län är *Stigande vatten –en handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden* (Länsstyrelserna i Västra Götalands län och Värmlands län, 2013) som även tar hänsyn till kustområden samt effekter av ett förändrat klimat.

5 Nationell Höjdmodell

Inom många olika samhällssektorer finns ett behov av detaljerad och noggrann höjdinformation. Speciellt inom översvämningsrelaterad planering och sårbarhetsanalyser är denna information viktig och behöver vara allmänt tillgänglig då de ytor som påverkas av översvämnning till stor del bestäms av dessa ytors nivåer och är svåra att avgränsa med andra metoder.

Lantmäteriet arbetar sedan 2009 med att mäta in höjden av markytan baserat på flygburen laserskanning enligt en plan där de krav som ställs för användning inom klimatanpassnings- och andra miljöändamål särskilt beaktats. Ambitionen är att fram till 2015 framställa en rikstäckande höjdmodell av markytan, sk Nationell Höjdmodell (NH). Hittills har NH använts i en rad olika tillämpningar inom fysisk planering och klimatanpassning. I *NH och naturolyckor, Inventering av genomförda tillämpningar av den nya nationella höjdmodellen (NNH)* (Skytt, 2012) sammanställdes erfarenheter från såväl myndigheter, kommuner, universitet och företag. Det kan noteras att användning inom översvämningsrelaterade frågeställningar är vanligt och både inom riskanalys och projektering.

Data från NH finns tillgängligt som olika produkter med något olika egenskaper. Beroende på tillämpningens karaktär kan det finnas skäl att föredra den ena eller andra produkten. Grid2+ är en bearbetad produkt där mätningarna generaliserats till ett rutnät med upplösningen 2 m x 2m ett sk *grid*. LAS är ett format som inte är generaliserat utan beskriver varje enskild mät punkt som också har något högre noggrannhet än Grid2+.

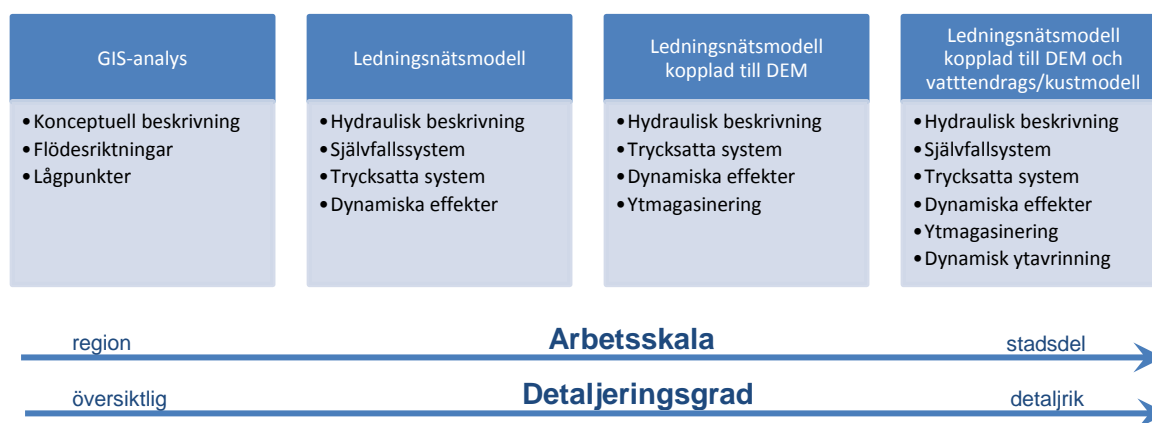
Mätning genom laserskanning innebär att laserstrålar sänds ut från en sändare på ett flygplan, studsar mot markytan och reflekteras tillbaka upp mot flygplanet där de fångas upp av en mottagare. Genom mätningar på den reflekterade signalen kan höjden bestämmas mycket noggrant, i storleksordningen några centimeter. Genom att sända laserpulser mycket tätt erhålls ett moln av mätpunkter som var för sig har hög noggrannhet och ligger tätt. Insamlade data redovisas i referenssystemen SWEREF 99 TM för plan och RH 2000 för höjd. Medelfel i plan, i 3D-punktmolnet, är ca 0,4 m i SWEREF 99 TM och medelfel i höjd är ca 0,1 m i RH 2000 på väldefinierade ytor. Punkttätheten inom ett stråk är minst 1pkt/2m² och maximalt 1pkt/m².

NH består av detaljerade höjdmätningar som beskriver mark- eller vattenytan vid tillfället för mätningen. I takt med att tiden fortskrider sker också förändringar i marknivå, speciellt inom urbana områden. Det kan således vara viktigt att kontrollera att nyckelobjekt inte har förändrats sedan tiden för mätningen. För tillämpningar inom hydrologi kan det t.ex. handla om väg- eller järnvägsbankar, invallningar etc. I föreliggande rapport har höjddata Grid 2+ från NH använts som utgångspunkt.

6 Riskområden för översvämning i urban miljö

Studier inom översvämningsanalys syftar ofta till att identifiera områden eller objekt som kan komma att påverkas av vatten på ett oönskat sätt. Ytavrinning sker i huvudsak då marken vattenmättas och nederbörd eller smältvatten inte kan infiltrera effektivt i marken utan istället följer markytans lokala sluttningens riktning nedåt. Detta sker vanligast under skyfall eller långvarigt blöta perioder. Det kan också vara så att vatten lokalt lämnar en naturlig eller konstgjord ordinarie transportväg genom att t.ex. brädda ifrån ledningsnät eller kanaler och därefter flöda ytledes över terrängen.

Bedömningen av potentiella påverkansområden kan göras på olika sätt och med metoder som har olika för- respektive nackdelar. I praktiken är det vanligt att val av metod sker för att balansera utredningskostnad och sökt detaljeringsgrad på lämpligt sätt. I somliga situationer kan det vara värdefullt att översiktligt analysera och utvärdera stora områden medan det i andra situationer är viktigt med högsta möjliga detaljeringsgrad t.ex. kring ett enskilt skyddsvärt objekt. Traditionellt sett har mer eller mindre detaljerade hydrauliska beräkningar i ledningsnät och vattendrag varit den dominerade metoden. Exempel på olika metoder som man frekvent använder för urbana översvämningsanalyser ses i figur 1.



Figur 1. Vanligt förekommande metoder för analys av översvämningsrisker i urbana miljöer.

Denna studie syftar till att behandla Gotlands huvudorter med avseende på ytavrinningsförhållanden baserat på detaljerad landskapsinformation från Nationell Höjdmmodell (NH) och Fastighetskartan från Lantmäteriet. Analysen har utförts i ett Geografiskt Informationssystem (GIS). Metoden karaktäriseras bäst som en kostnadseffektiv screeningmetod för att hitta riskområden för urban översvämning till följd av extrema nederbördssituationer. Resultat från analysen är exempelvis identifiering av områden där vatten kan ackumuleras och bilda djupa vattensamlingar samt huvudstråken längs vilka vatten kan förväntas rinna. Metodens stora fördelar är möjligheten till att arbeta med områden av storleksordningen hundratals kvadratkilometer och snabbheten samt att inga ytterligare osäkerheter utöver topografin introduceras. Det görs inga anspråk att koppla de identifierade riskområdena till den situation som kan ge upphov till dessa, utan identifieringen sker förutsättningslöst. Eftersom omfattande ytavrinning bara sker under speciella omständigheter som extrem nederbörd eller kraftig nederbörd på vattenmättad mark förefaller det rimligt att orientera in de identifierade riskområden till situationer med genomsnittlig återkomsttid längre än 5 år. En kortfattad beskrivning ges nedan och en mer genomgående beskrivning av metoden finns i Bilaga 1 Metodbeskrivning GIS-analys av låga områden.

Studier av lokala avrinningsförhållanden fokuserar på markytans höjdförhållanden och lutning för att visa platser dit vattenflöden koncentreras och låga områden där vatten samlas vid kraftiga nederbördssituationer. Dessa områden är viktiga att kartlägga för att:

- Identifiera troliga flödesvägar för ytavrinning.

- Visa kritiska punkter i dräneringssystemet vägtrummor, kulvertar etc.
- Identifiera områden som kan användas för att fördröja vattnets väg mot spill- och dagvattennät.
- Bedöma naturliga flödesriktningar i områden som ännu ej exploaterats.
- Identifiera områden vars bebyggelse bör omfattas av särskilda överväganden såsom strukturell och/eller verksamhetsmässig anpassning till översvämningssituationer.
- Planera fältbesök för att kontrollera dräneringsförhållanden vid strategiska punkter.
- Rangordna och prioritera riskområden och eventuella åtgärder.

För att studera lokala avrinningsmönster analyseras topografisk information. Detaljerade höjdmodeller för respektive kommuns huvudort har kombinerats med information ur Fastighetskartan från Lantmäteriet. Genom att arbeta in viktiga objekt som normalt inte finns i höjdmodellerna (broar, underfarter etc.) har ett bättre urbanhydrologiskt topografiskt underlag skapats, se figur 2.

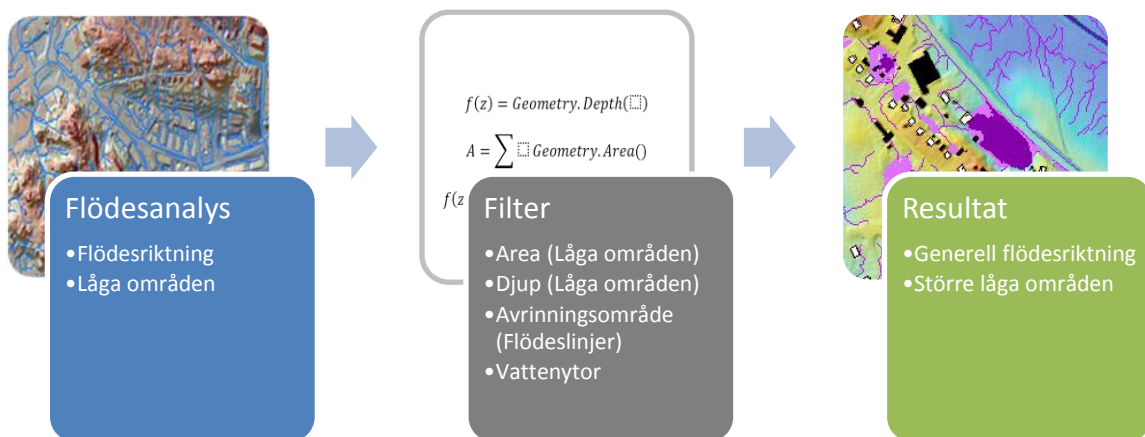


Figur 2. Dataharmonisering och förbearbetning av GIS-data samt GIS-analys

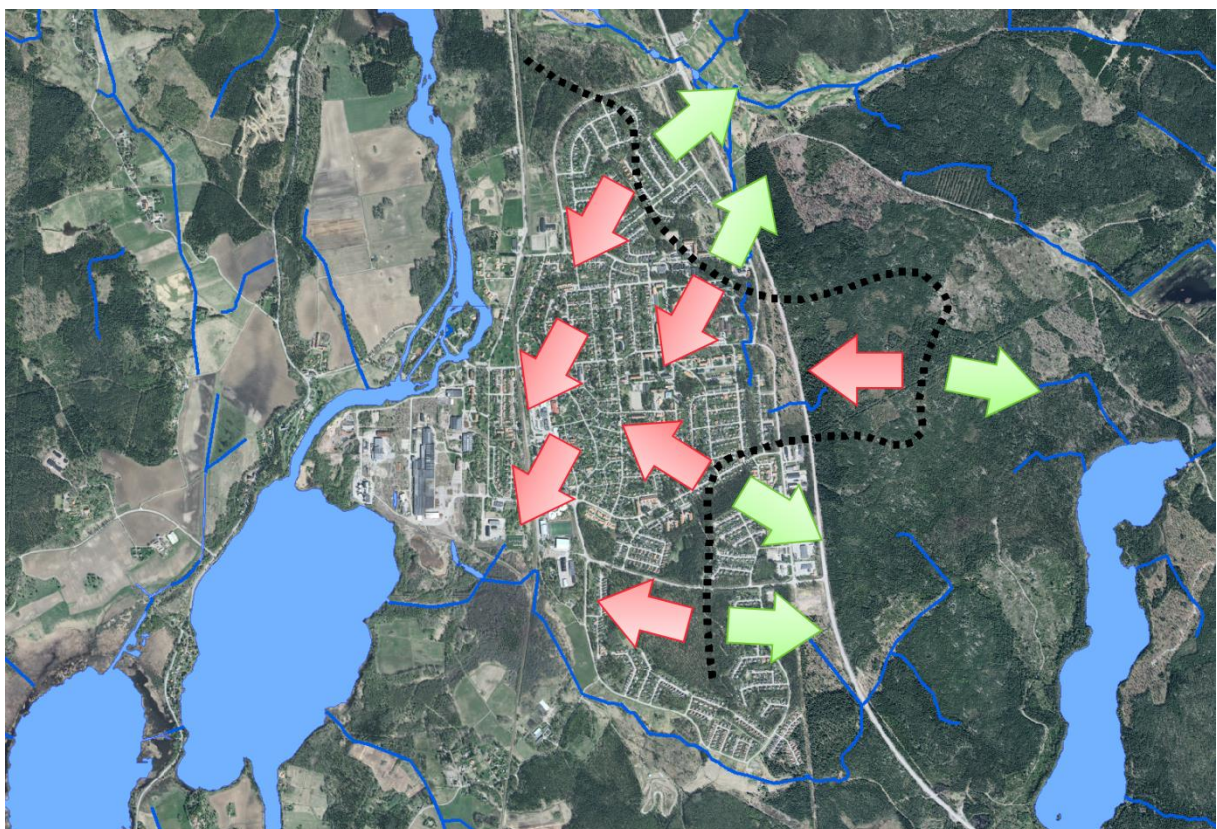
Genom att beräkna lokal avrinningsriktning och nätverksbilda denna erhålls ett potentiellt strömningsnätverk där vatten med stor sannolikhet tar sig fram i händelse av ytavrinning, d.v.s. de huvudstråk där vatten förväntas rinna under skyfall. Detta kan belysa områden där dräneringsmöjligheterna behöver säkerställas, förbättras eller kompletteras med strategiska åtgärder. Kartmaterialet innehåller information om både uppströms area och avrinningsriktningen vilket ger indikation om både vattenmängden, varifrån vattnet kommer och vart det rinner vidare.

Resultaten från GIS-analysen behöver bearbetas för att harmonisera med noggrannheten i indata samt underlätta tolkning av resultaten, se figur 3. Ett viktigt moment är att tillämpa olika filterfunktioner för att sortera bort objekt som bedöms vara av mindre betydelse eller ligga utanför höjdmodellens noggrannhet. Följande filter har tillämpats:

- Låga områden redovisas om de har större djup än 0,2 m samt större area än 50 m²
- Flödeslinjer redovisas för flödesvägar med uppströms area större än 300 m²
- Kända vattenytor (Fastighetskartan) har högre prioritet än beräknade låga områden och flödeslinjer



Figur 3. Efterbearbetning av resultat från GIS-analys

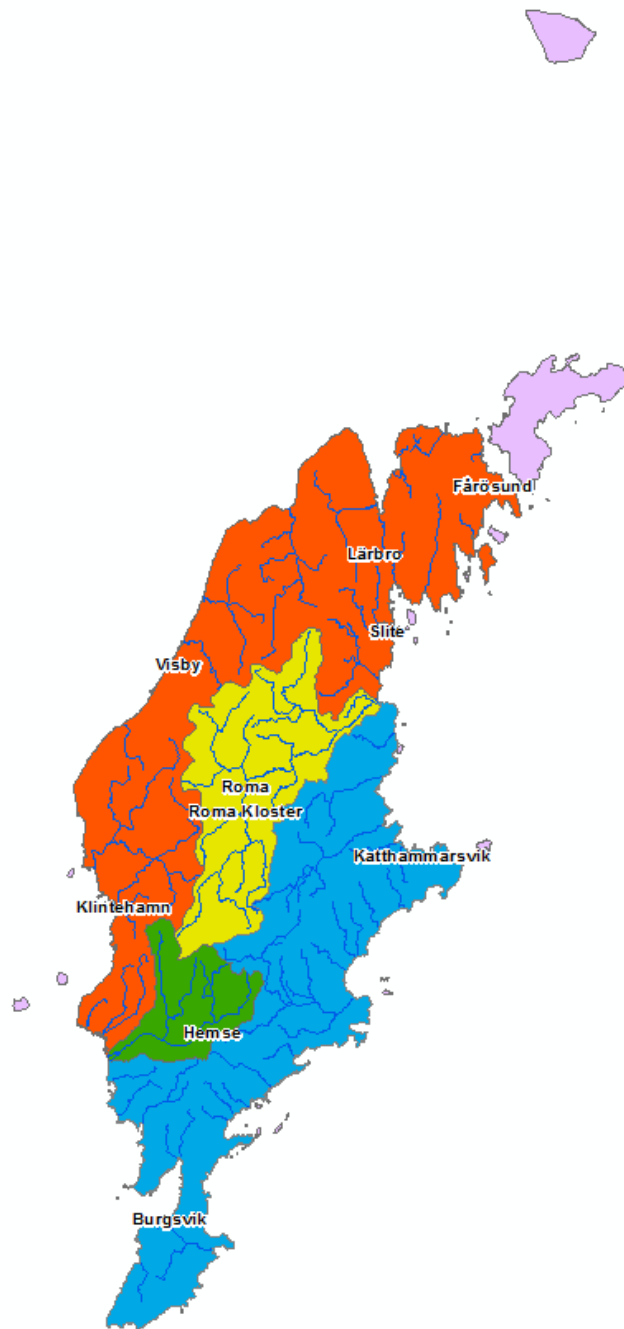


Figur 4. Exempel från Surahammar, Västmanland. Identifiering av vattendelare (streckad linje) för ytavrinning i baserat på GIS-analys. Pilar indikerar generell flödesriktning. Röda pilar motsvarar områden som rinner in mot tätorten, gröna pilar motsvarar områden som rinner bort från tätorten.

Metodens stora fördelar är att det snabbt och kostnadseffektivt går att analysera stora områden och bilda sig en uppfattning om vilka områden som under extrema situationer kan utgöra riskområden för översvämning. Vidare är det fördelaktigt att ha tillgång till ett generellt och enhetligt material för kommunernas huvudorter för diskussion och åtgärdsarbete med syfte att minska sårbarheten för urbana översvämningar orsakade av extrem nederbörd.

6.1 Studieområden

För att studera översvämningens problematik har frågeställningen i denna rapport avgränsats till områden kring respektive huvudort, där konsekvensen av extrema skyfall kan tänkas vara störst. Detaljerade höjdmodeller för analys av ytavrinning har tagits fram och baseras på NH och justerats med uppgifter från Fastighetskartan enligt Figur 2. Via automatiserade metoder baserat på kartmaterial samt manuell granskning har totalt ca 200 objekt korrigerats eller tillförts den ursprungliga höjdmodellen. Omfattningen av de framtagna detaljerade höjdmodellerna samt urval av huvudorter framgår av figur 5. Utöver ytavrinningen inom varje huvudort har hela Gotland inklusive Fårö och Gotska Sandön beräknats. Totalt sett har därmed ca 3200 km² analyserats med avseende på ytavrinning.



Figur 5. Detaljerade höjdm modeller för ytavrinningsanalys har tagits fram för nordvästra Gotland (orange), Gothemåns huvudavrinningsområde (gult), Snoderåns huvudavrinningsområde (grönt), sydöstra Gotland (blå) samt för Fårö och Gotska Sandön (lila). I figuren framgår de huvudorter som studeras vidare i detalj i denna rapport.

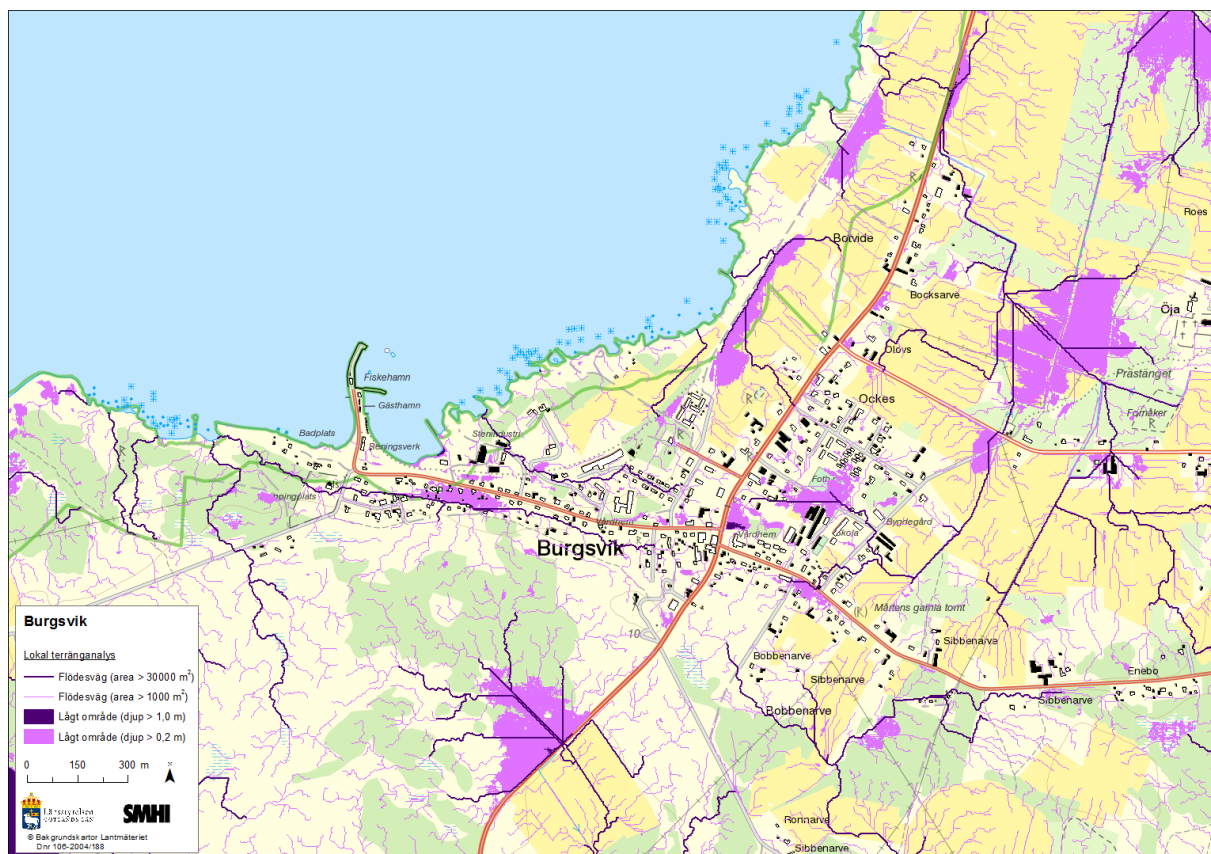
6.2 Lågpunkter och potentiella flödesvägar

I följande avsnitt presenteras lågt liggande områden och potentiella flödesvägar för de centrala delarna av respektive tätort tillsammans med kommentarer. Områden som markeras som låga ligger frekvent i vägunderfarter och i anslutning till byggnader, vallar eller vägbankar. Karteringen av låga områden ska tolkas som potentiella riskområden. Huruvida dessa översvämmas eller ej vid intensiv nederbörd beror på nederbördsbelastning, markens lokala infiltrationsförmåga och hur existerande dränering ser ut med avseende på bl a dimensionering och underhåll. Nedan följer en översikt för respektive

studerad huvudort och i bilaga 2 redovisas dessa i detalj.

6.2.1 Burgsvik

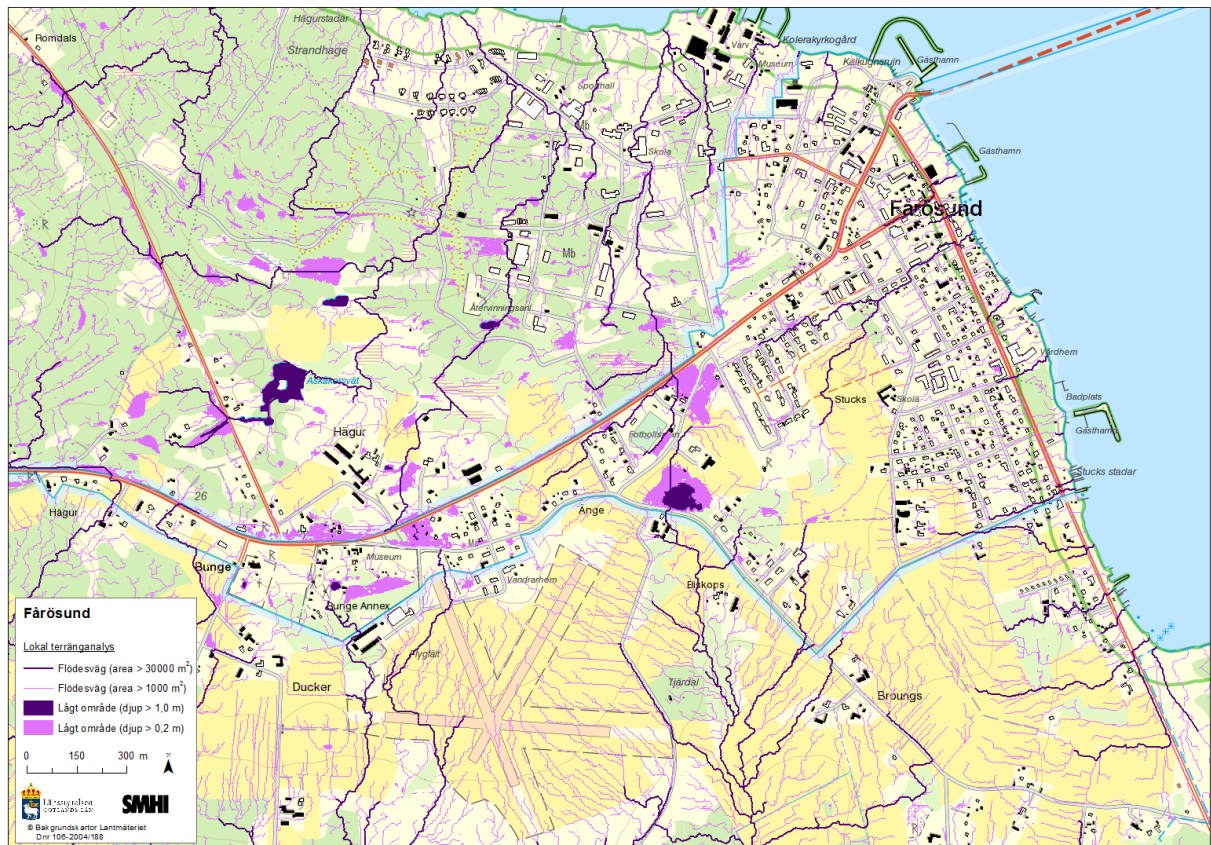
Figur 6 visar lågt liggande områden i Burgsvik, på södra Gotland. Vatten riskerar att ansamlas där den naturliga ytavrinningen förhindras av vägbankar. Ett park- och rekreationsområde öster om Väg 142 ligger lägre än omkringliggande byggnader och kan fånga upp vatten vid skyfall. Söder om Hamnvägen ligger ett område som kan samla vatten vid skyfall, om eventuell avvattning under vägen skulle vara begränsad.



Figur 6. Lågt liggande områden i och omkring Burgsvik som riskerar samla vatten vid extrema nederbördssituationer.

6.2.2 Fårösund

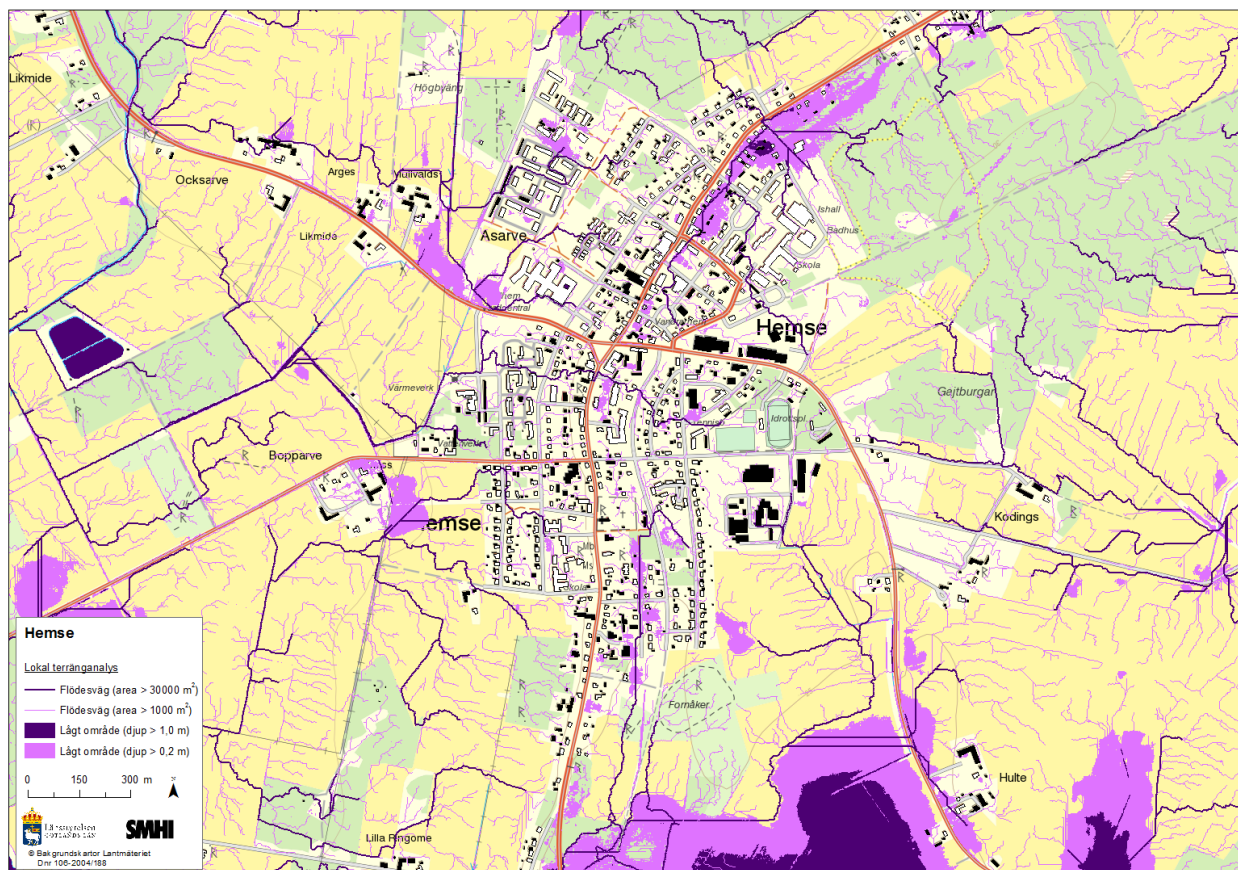
Figur 7 visar lågt liggande områden i Fårösund, på norra Gotland. Flygfältet i södra delen av Fårösund ser ut att avvattnas effektivt. Den kustbelägna delen av orten uppvisar inga instänga områden utan avrinning sker effektivt till havet. Däremot identifieras ett mindre område öster och söder om ortens fotbollsplan som instängt, tillsammans med mindre områden längs med Väg 148 som skär av naturliga avrinningstråk i terrängen.



Figur 7. Lågt liggande områden i och omkring Fårösund som riskerar samla vatten vid extrema nederbördssituationer.

6.2.3 Hemse

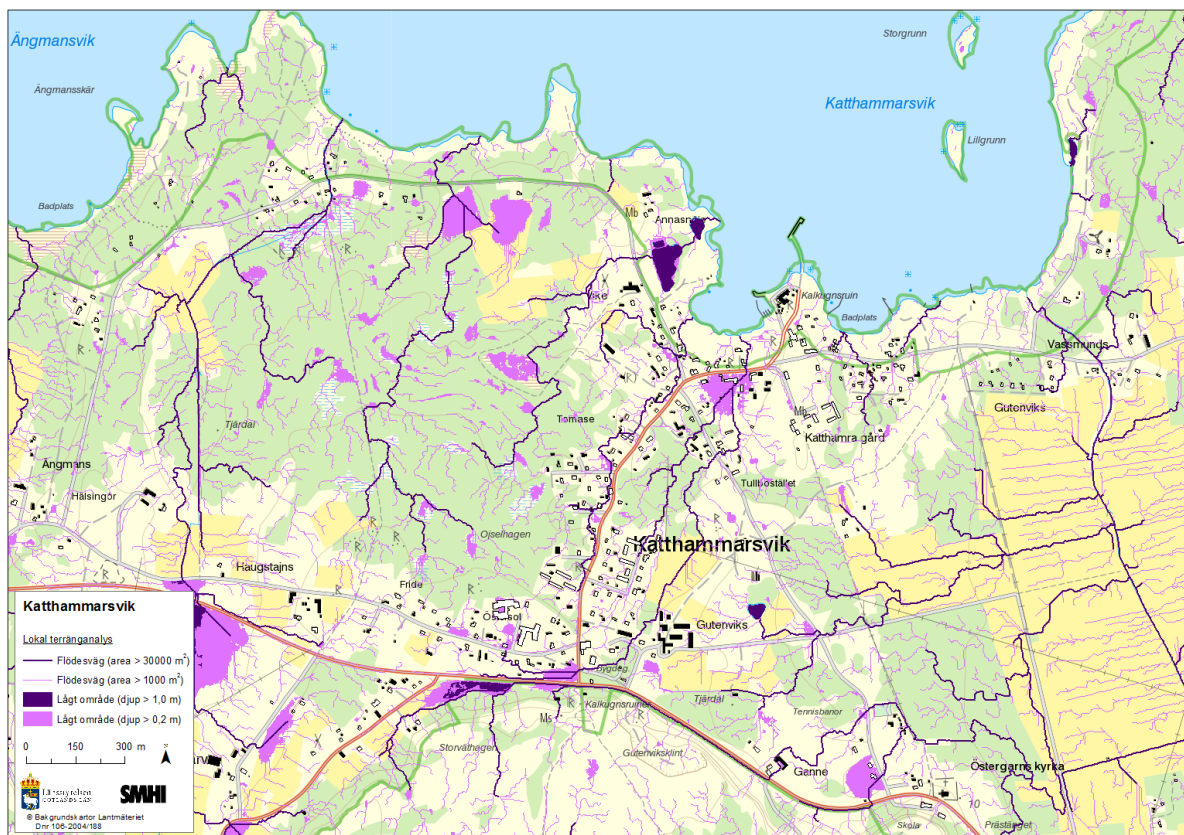
Figur 8 visar lågt liggande områden i Hemse, på södra Gotland. Ytvavrinningsanalysen visar på ett större instängt område i nordöstra Hemse, öster om Väg 142, som innefattar delar av ett bostadsområde. Eventuell översvämningsrisk inom detta område kan analyseras vidare genom inventering och kapacitetsberäkning av det befintliga vägvattningssystemet. I södra Hemse, öster om Väg 142 har ett naturligt ytvavrinningsstråk identifierats som går mellan bostadshusen riktning söderut vilket också medför ett mindre område med ökad översvämningsrisk.



Figur 8. Lågt liggande områden i och omkring Hemse som riskerar samla vatten vid extrema nederbördssituationer.

6.2.4 Katthammarsvik

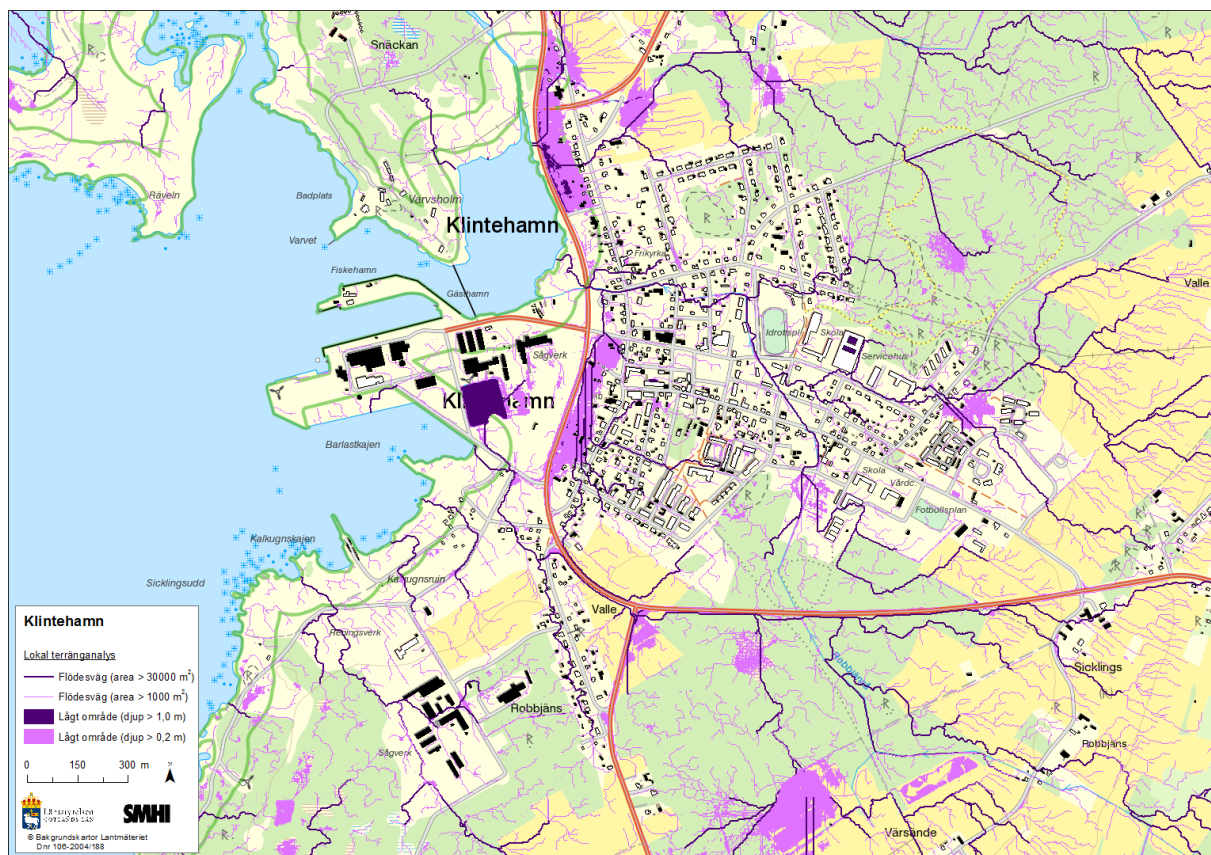
Figur 9 visar lågt liggande områden i Katthammarsvik, på östra Gotland. Ytavrinningsanalysen visar på att befintliga vägbankar medför att instängda områden uppstår i tätorten, exempelvis i norra delen, söder om Jacob Häggs väg. En analys av hur effektivt vägens avvattningsystem vidareleder vatten till havet kan göras för att ge bättre besked om översvämningensrisk i detta område.



Figur 9. Lågt liggande områden i och omkring Katthammarsvik som riskerar samla vatten vid extrema nederbördssituationer.

6.2.5 Klintehamn

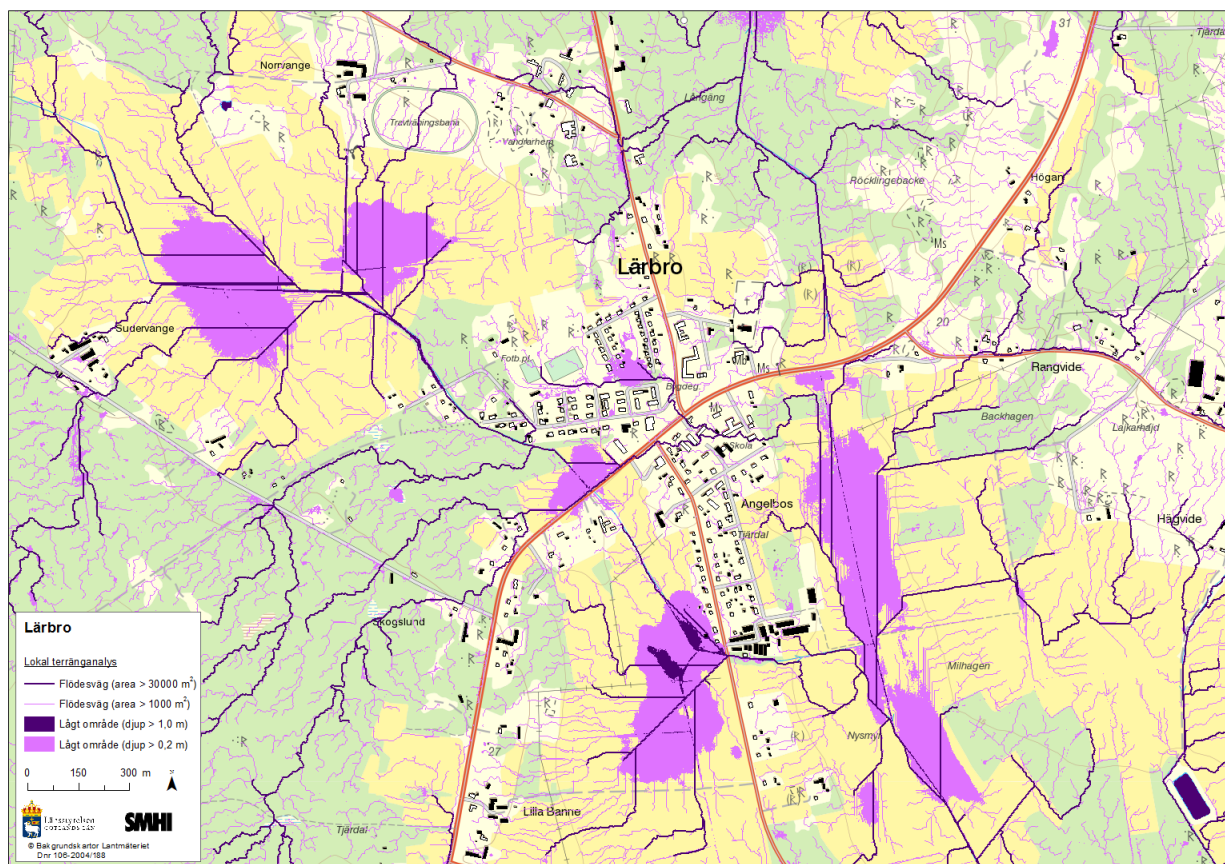
Figur 10 visar lågt liggande områden i Klintehamn, på västra Gotland. Ytvavrinningsanalysen identifierar två större instängda områden som skärmas av genom Väg 140. Även Vallekviörvägen riskerar att skapa ett instängt område i den östra delen av tätorten. I övrigt verkar avvattningen ske effektivt genom ortens topografi.



Figur 10. Lågt liggande områden i och omkring Klintehamn som riskerar samla vatten vid extrema nederbördssituationer.

6.2.6 Lärbro

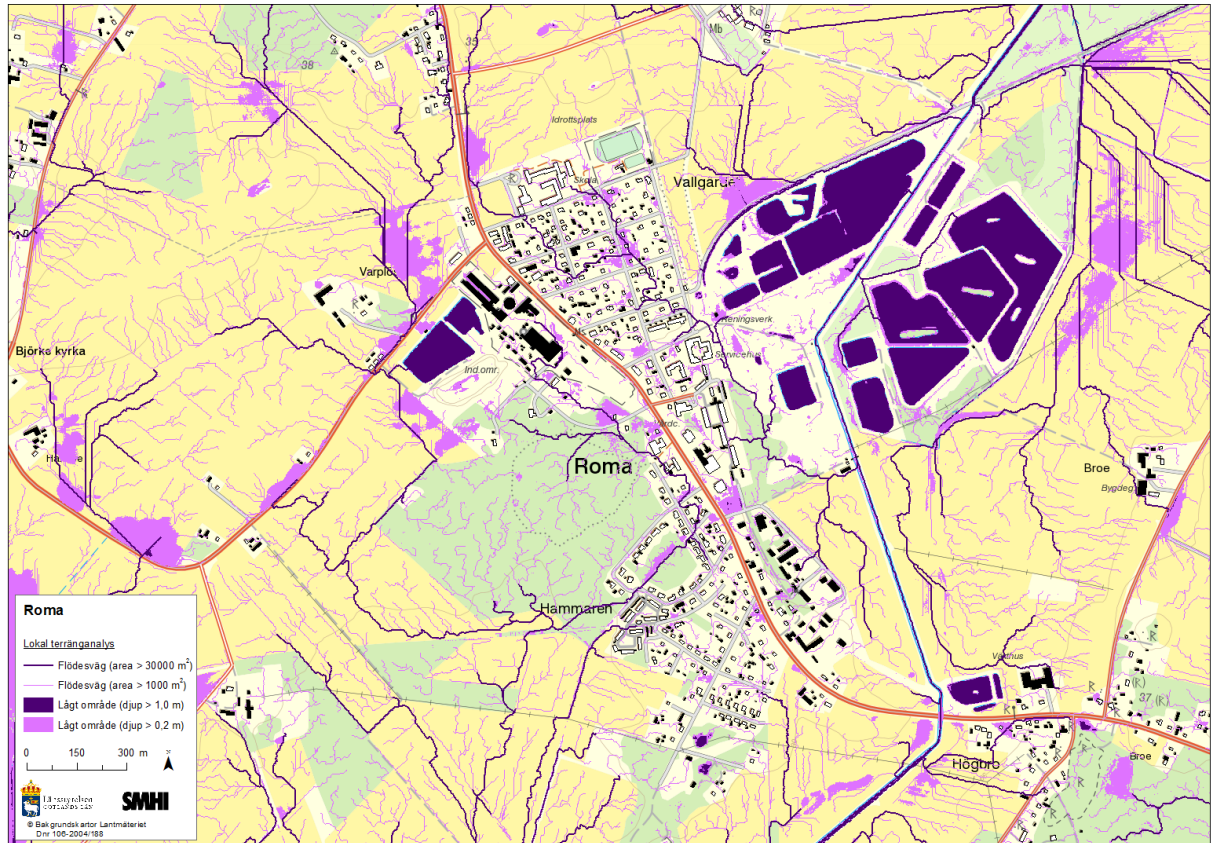
Figur 11 visar lågt liggande områden i Lärbro, på norra Gotland. Stora lågliggande områden har identifierats i jordbruksmark utanför tätorten och bör inte utgöra ett hot för bebyggelsen i området. Däremot har ett mindre instängt område identifierats öster om Väg 149 och Norr om Korsbyvägen som inte verkar skämmas av genom någon vägbank utan ligger naturligt lågt i terrängen.



Figur 11. Lågt liggande områden i och omkring Lärbro som riskerar samla vatten vid extrema nederbördssituationer.

6.2.7 Roma

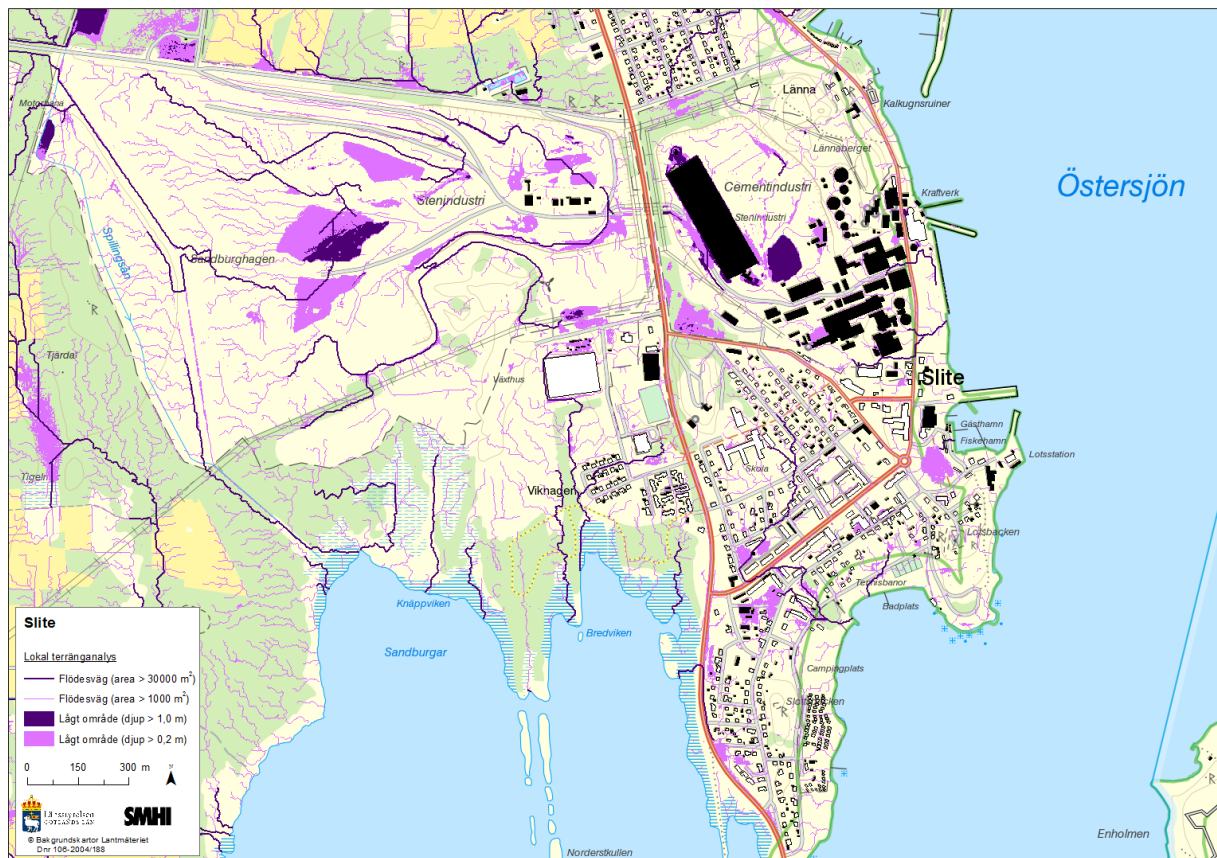
Figur 12 visar lågt liggande områden i Roma, på centrala Gotland. Ytvavrinningsanalysen visar att befintliga dammar och kanaler effektivt kan leda bort och magasinera vatten vid skyfall. Det finns dock ett stort antal mindre instängda områden på djup lägre än 1 m som identifieras inom orten, både inom bostads- och industriområdet. Här kan exempelvis en analys av dagvattensystemet genomföras för att utreda ortens sårbarhet för skyfall.



Figur 12. Lågt liggande områden i och omkring Roma som riskerar samla vatten vid extrema nederbördssituationer.

6.2.8 Slite

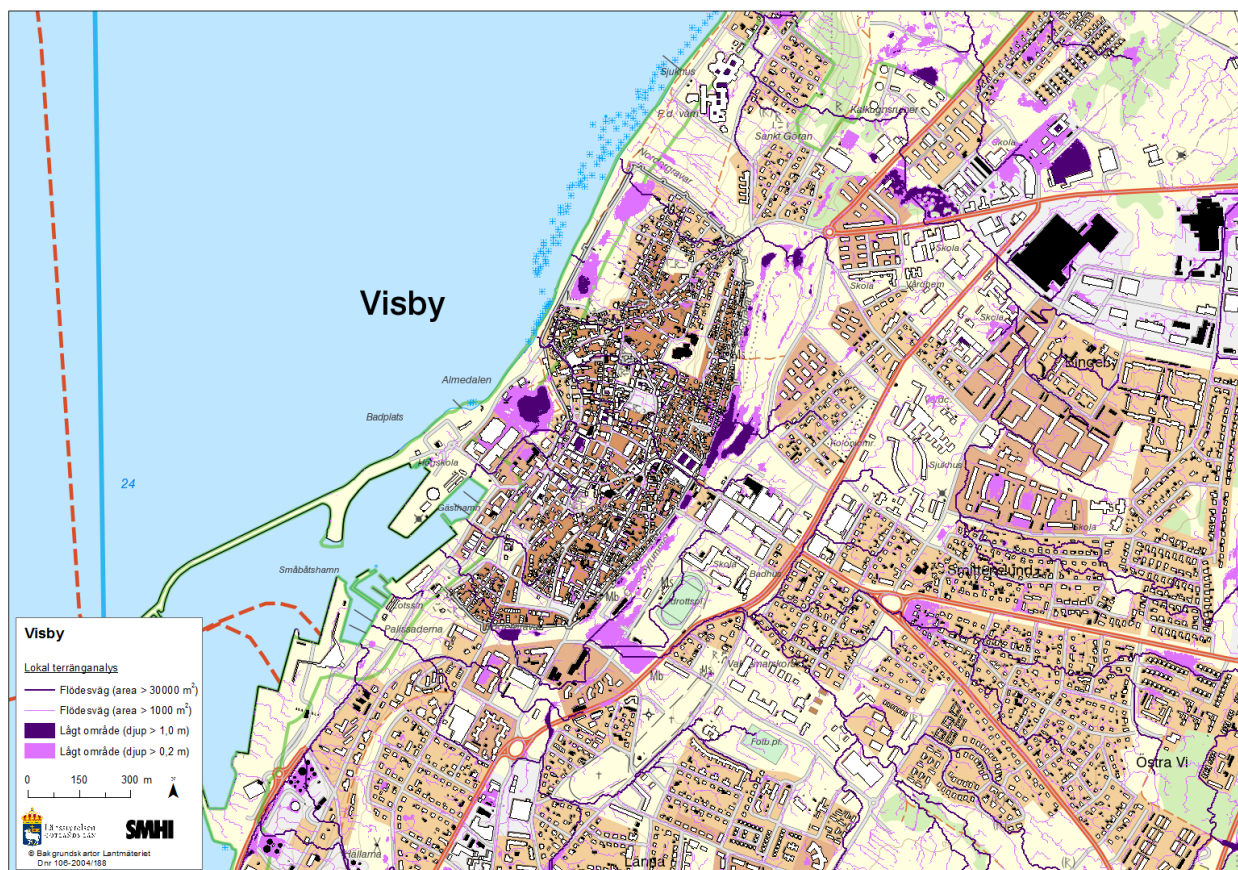
Figur 13 visar lågt liggande områden i Slite, på nordöstra Gotland. Större instängda områden har lokaliserats inom kalkbrottet, som förväntat, samt inom industriområdet. Inom bostadsområdet i den södra delen av Slite har ett par mindre instängda områden med djup på upp till 1 m lokaliserats. Dessa uppstår delvis till följd av Väg 147 men också på grund av naturliga sänkor i terrängen.



Figur 13. Lågt liggande områden i och omkring Slite som riskerar samla vatten vid extrema nederbördssituationer.

6.2.9 Visby

Figur 14 visar lågt liggande områden i Visby, centralorten på Gotland. Innanför ringmuren verkar avrinningen ske effektivt – här har hänsyn tagits till de många valv som bidrar till att den sammanhängande bebyggelsen inte skapar så stora instängda områden. Utanför ringmuren återfinns instängda områden i de östra delarna av staden, där både bostads- och industriområden hotas. Instängda områden som utgör ett mindre hot har identifierats i Almedalen, Botaniska Trädgården samt längs med ringmurens utsida.



Figur 14. Lågt liggande i och omkring Visby som riskerar samla vatten vid extrema nederbördssituationer.

7 Slutsatser

Nationell Höjdmodell kan användas för att kostnadseffektivt analysera ytavrinning över stora områden. I resultaten är det möjligt att identifiera strömningsvägar och områden där vatten i samband med extrem nederbörd och efterföljande ytavrinning kan komma att ansamlas. Flera potentiella områden i och omkring tätorterna på Gotland har identifierats. Många av dessa områden ligger i anslutningen till vägbankar. Kartor med riskområden har producerats för närområdet kring Burgsvik, Fårösund, Hemse, Katthammarsvik, Klintehamn, Lärbro, Roma, Slite samt Visby.

8 Referenser

Länsstyrelsen i Stockholms län mfl. 2006. Översvämningsrisker i fysisk planering - Rekommendationer för markanvändning vid nybebyggelse

Länsstyrelserna i Västra Götalands län och Värmlands län. 2013. Stigande vatten –en handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden. Publ nr. 2011:72(Västra Götalands län) 2011:22(Värmlands län)

Skytt, V. 2012. NNH och naturolyckor , Inventering av genomförda tillämpningar av den nya nationella höjdmodellen (NNH) - med fokus på naturolyckor och katastrofriskreducerande arbete. MSB360 - april 2012

9 Bilagor

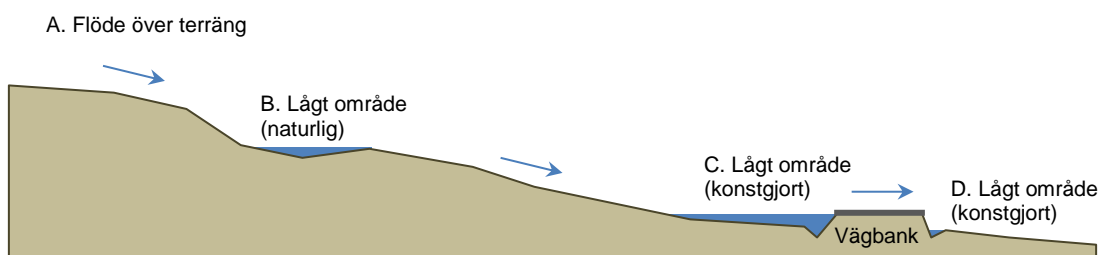
Bilaga 1 Metodbeskrivning GIS-analys av låga områden

Genom analys med ett Geografiska Informations system (GIS) kan huvudsakliga lokala flödesvägar för ytavrinning och låga områden som riskerar att ansamla vatten lokaliseras. Det är viktigt att förstå grunderna i analysen för att dra korrekta slutsatser av resultatet.

Huvudprincipen för avrinningsanalys m.h.a en digital höjdmödel framgår i figur 15 som visar en sluttning sedd från sidan och den schematisering som används. Vattnet antas följa den lokala sluttningens brantaste riktning. Mindre lokala sänkor, s.k. låga områden, antas volymmässigt vara mindre än den tillgänglig vattenvolym d.v.s. kunna fyllas. Ett ”lågt område” är ett område i terrängen som är omgärdat av högre liggande områden på alla sidor d.v.s en grop varifrån vatten inte kan ta sig med mindre än att fylla upp den låga området. Flödesriktningen baserat på en digital höjdmödel följer i varje punkt den riktning där som den lokala sluttningen lutar brantast mot.

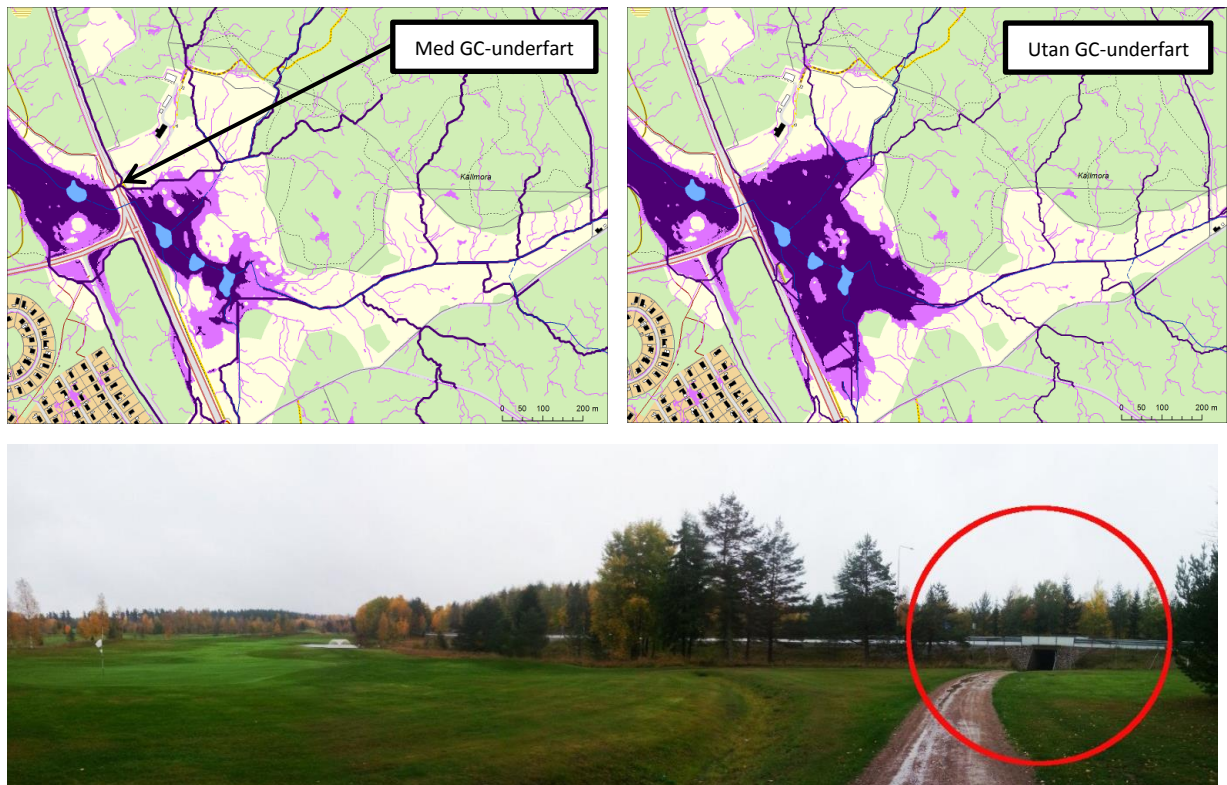
Marknivån i urbana eller semi-urbana miljöer är ofta mycket påverkad av infrastruktur. Vägbankar, järnvägsbankar och olika typer av byggnader blockerar vanligtvis naturliga flödesvägar och tvingar vatten att söka andra vägar, t.ex. runt större byggnader eller längs vägbankar. På samma sätt styr dikningar och dagvattensystem vatten till sträckningar som kanske inte skulle utnyttjats utan mänskliga ingrepp.

I figur 15 syns en naturlig lågpunkt (B) samt två konstgjorda låga områden (C och D), som är diken i anslutning till en väg. Notera att eftersom ingen information om vägtrumma har arbetats in i höjdmödeln behöver vattnet fylla upp hela lågpunkten uppströms vägbanken (C) innan det kan rinna över vägbanan till punkt (D) och vidare.



Figur 15. Principskiss över ytavrinning och lågpunkter.

Det är vanligt att järnvägsbankar och vägbankar etc. har trummor eller liknande för att släppa igenom vatten. För mindre dikningar och mindre vattendrag beskrivs inte dessa genomföringar, varken i NH eller i Lantmäteriets Fastighetskarta. Om inte informationen om en sådan genomföring förs in manuellt sker lågpunktsanalysen utan denna flödesväg vilket är blir en konservativt ansats, d.v.s. som om ingen dräningen kan ske via genomföringen. Nedan visas ett exempel från Surahammar, Västmanland där ett fältbesök identifierat en gång- och cykeltunnel (GC-tunnel) ej fanns i digitalt karunderlag. När GC-tunneln inkluderades i analysen minskade området som bedöms som ”lågt område” uppströms vägen och som potentiellt kan samla vatten vid extrema nederbördshändelser. Detta exempel visar på potentialen att förbättra analysen genom fältbesök.



Figur 16. Lila områden visar det låga område som identifieras när GC-tunnel inkluderas (vänster) resp. bortses ifrån (höger). Underst visas foto från platsen med GC-tunneln markerad.

Det är rimligt att analysera terrängen utan att samtliga vägtrummor etc. beskrivs i detalj eftersom dessa i regel inte dimensionerats för extrema situationer och det är troligt att de kommer begränsa vattenflödet med höga uppströmsnivåer som följd. Analysen kan således sägas vara konservativ beskriva en situation där dessa transportvägar är antingen allvarligt överbelastade eller ur funktion.

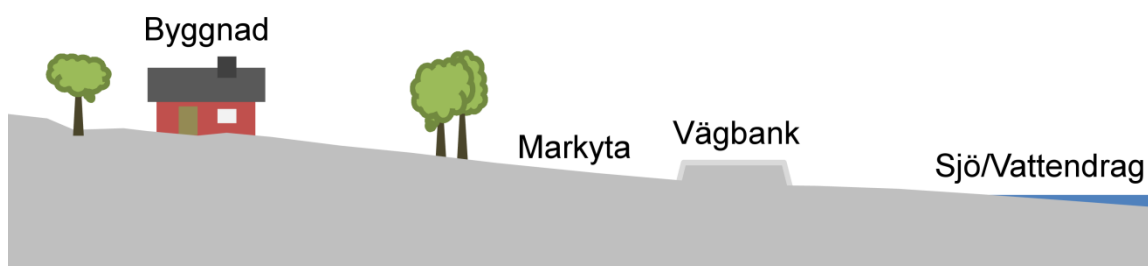
Det kan tolkas som en brist i metoden att stora områden som identifieras som låga områden centralt i tätorterna trots att det är känt att det finns existerande dräneringssystem. Att dessa viktiga dräneringsvägar (t.ex. kulvertar) utelämnats ger som följd att stora låga områden karterats. Detta kan ses som en illustration av vikten av dessa dräneringsvägar och betydelsen av att upprätthålla deras funktion. Områden som markeras som låga områden behöver inte nödvändigtvis vara översvämningsytor beroende på markens lokala infiltrationsförmåga. Vid skyfall är det dock vanligt att även naturmark, som vanligtvis har god infiltrationskapacitet, blir vattenmättad.

Digital terränginformation är ofta tematiskt uppdelad i olika dataset. För att med GIS analysera vilka områden som kan samla ytavrinning och illustrera flödesvägar är det ofta nödvändigt att kombinera detaljerad information från flera olika källor, med målsättning att beskriva den verkliga terrängen på bästa sätt.

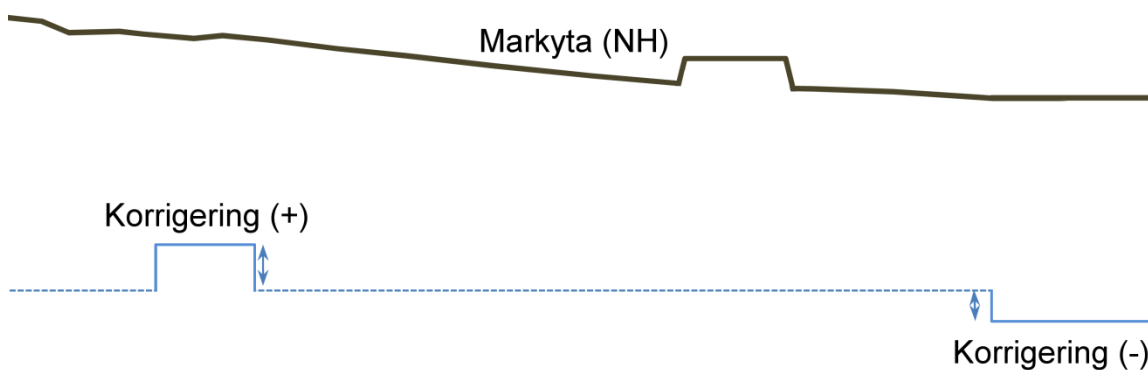
Höjdmodeller innehåller vanligtvis bara markytans höjd och behöver kompletteras med information om byggnader, vägunderfarter, sjöar och vattendrag, som kan verka som barriärer för vatten eller leda vatten. I Figur 17 visas hur Nationell Höjdmodell förändras med information om byggnader och vatten.

Genom att arbeta med korrigeringslager som justerar höjdmodellen antingen med relativa nivåer eller till absoluta nivåer inarbetas viktigt information som påverkas flödesvägar. Detta modulära arbetssätt öppnar för att bruk av olika höjdmodeller d.v.s. Nationell Höjdmodell kan enkelt ersättas med annan höjdmodell för områden där sådan finns tillgänglig, t.ex. kommuner som bekostat egna högupplösta laserskanningar av markytan. Ytterligare en fördel av att utnyttja korrigeringslager är den fullständiga spårbarheten i förändringar och modifieringar som föregått den avrinningsanalysen.

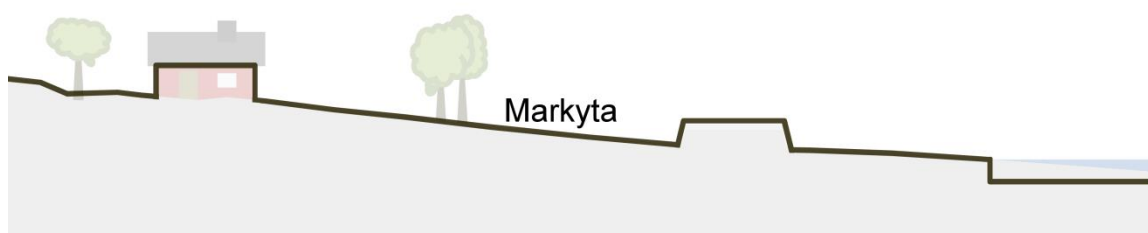
Konceptuell miljö



Nationell höjdmodell och Fastighetskarta

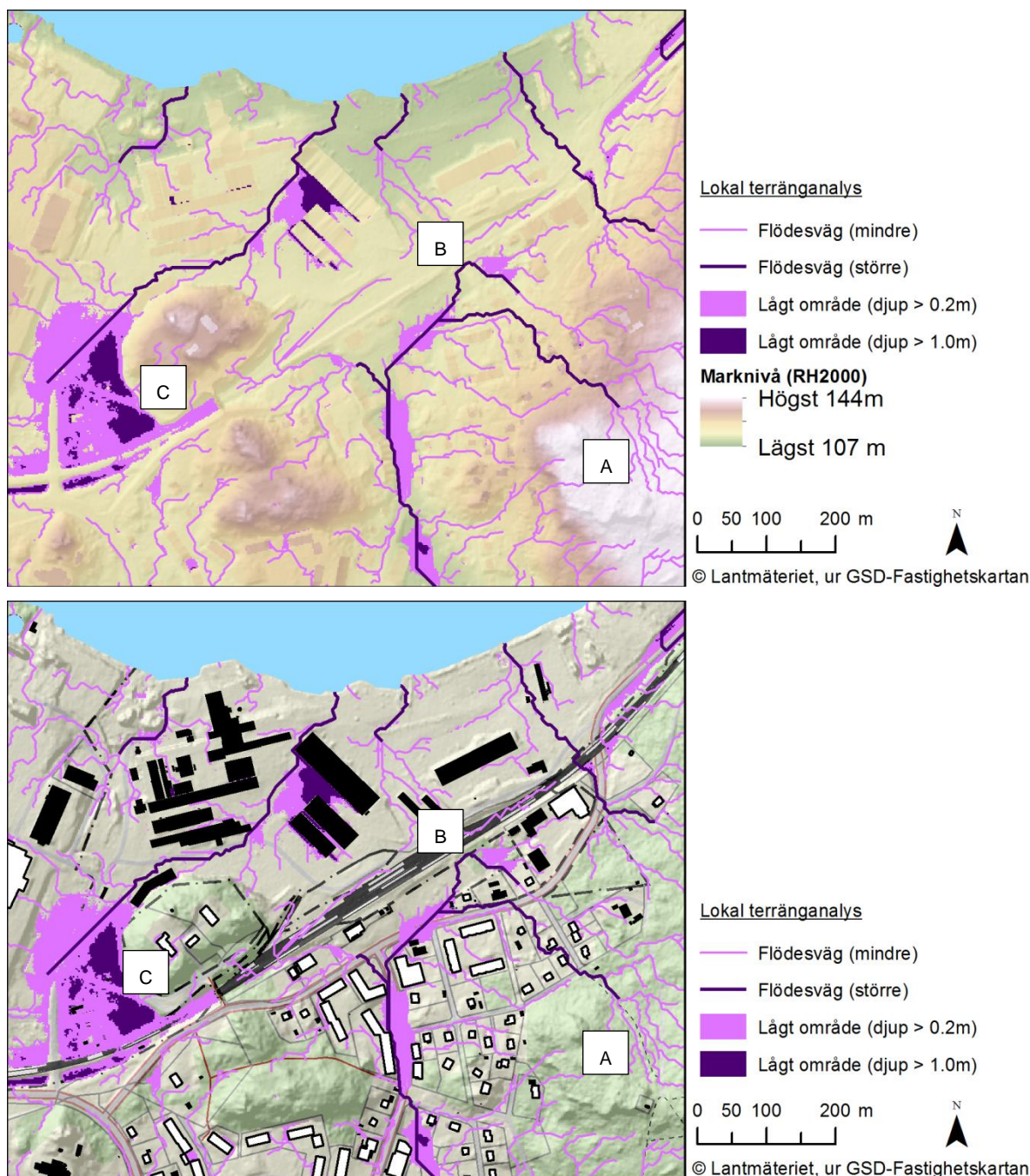


Förädlad terrängmodell



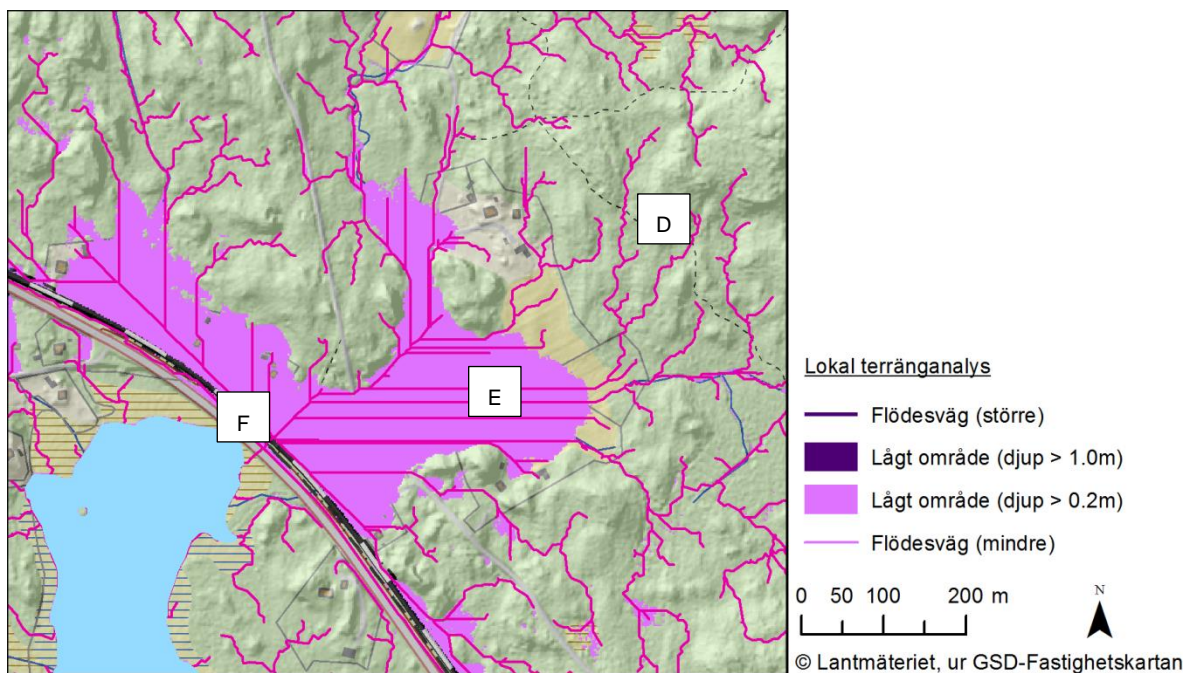
Figur 17. Förädling av digital höjdmodell.

Resultaten presenteras i första hand som kartor och digitala kartsikt. I figur 18 visas ett typiskt exempel med både låga områden och flödesvägar. Punkt A visar flödesvägar över terrängen i ett öppet landskap. I den undre bilden visas markens höjd och det framgår att lokala områden med något lägre marknivå identifierats som låga områden, t.ex. punkt B och punkt C.

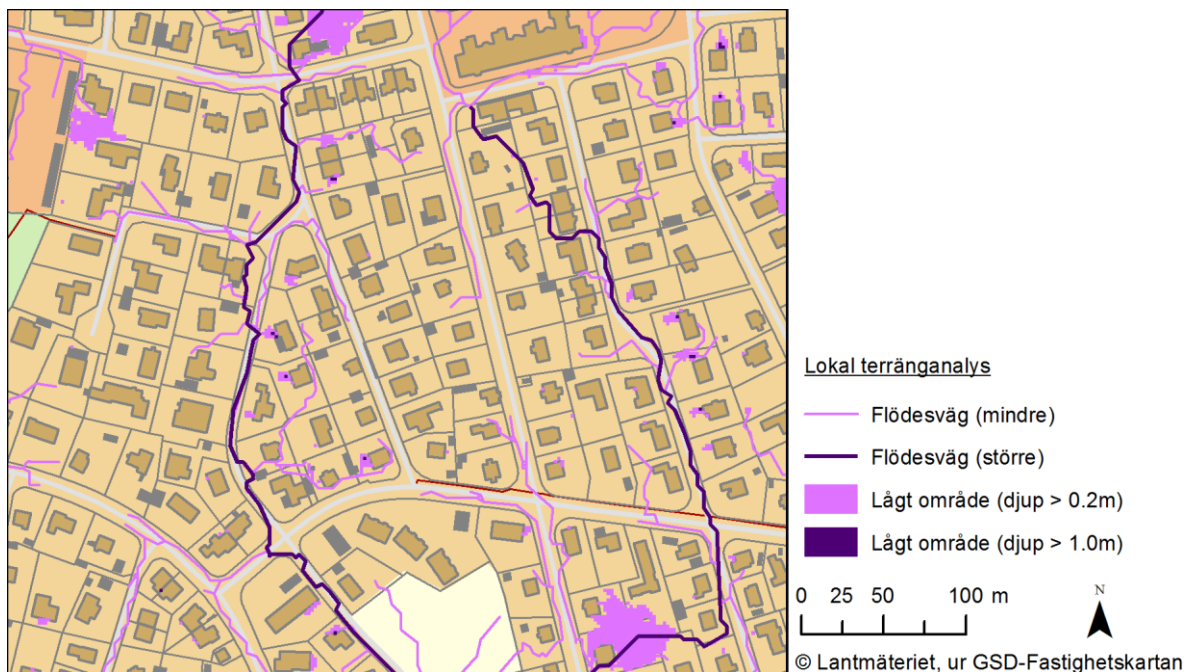


Figur 18. Exempel på resultat från ytavrinningsanalys överlagrat höjdmmodell (överst) och Fastighetskartan (nederst).

Den metod som beräknar flödeslinjer och låga områden i en höjdmmodell arbetar iterativt utefter förutbestämda mönster. I områden med sluttning överensstämmer flödesriktningarna med en intuitiv bild, från höga områden mot lägre i ett trädlikt mönster (punkt D). Låga områden (område E) definieras i princip av höjden i utloppspunkten (punkt F). Metoden fyller lågpunkten till erforderlig nivå men som en bieffekt av detta ignoreras flödesriktningarna inom det låga området vilket ger flödesriktningar som är starkt generaliserade. I praktiken är detta inte något viktigt avsteg från verkligheten då flödesriktningen är mer diffus i områden med vattenmättad mark och eller stående vatten. Flödesvägarna i en urban miljö styrs vid sidan av markytans förhållanden även av byggnader och vägar, vilket visas i figur 20.

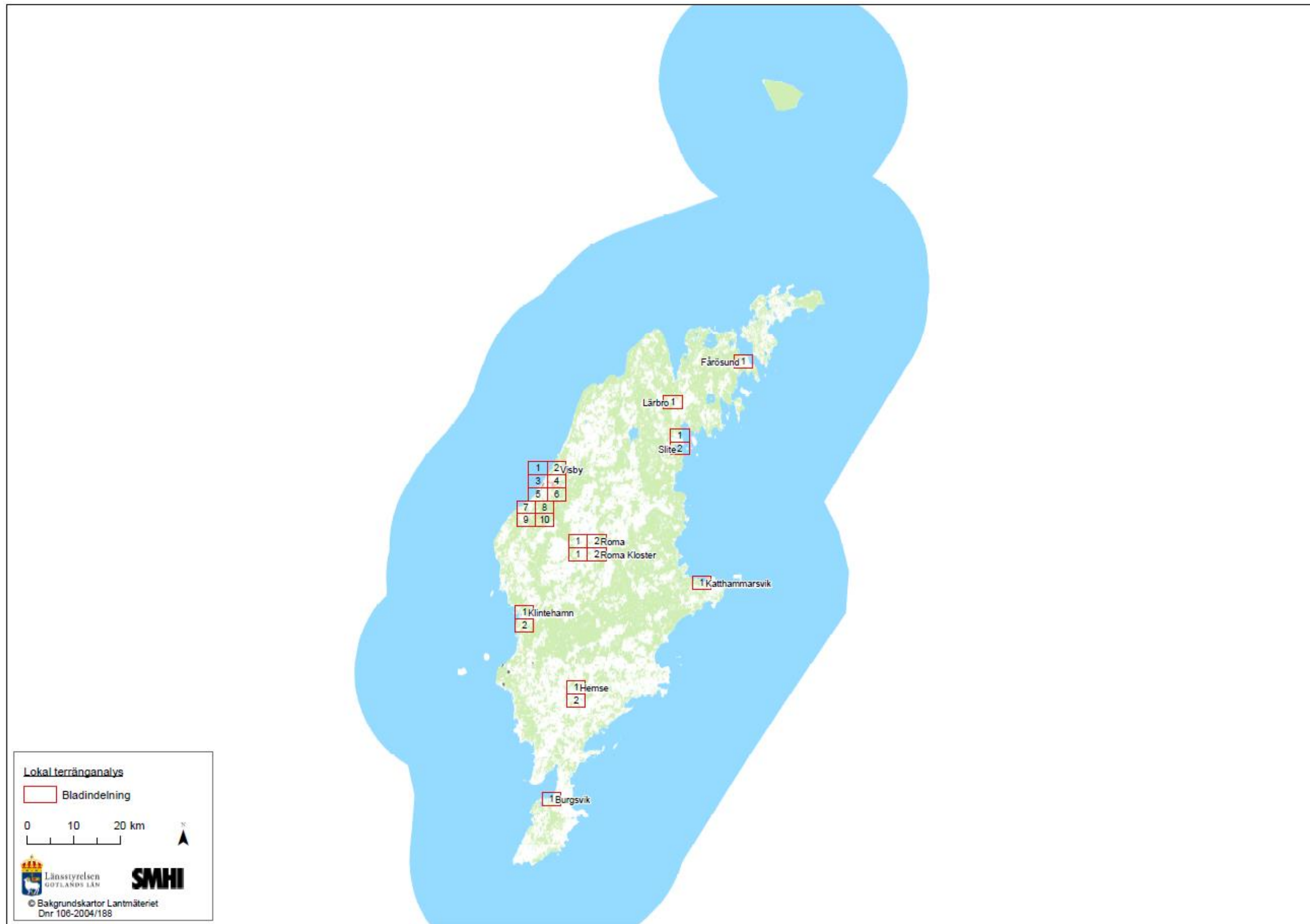


Figur 19. Exempel på flödesriktning inom låga områden.



Figur 20. Exempel på flödesriktningar och låga områden i urban miljö.

Bilaga 2 Låga områden och potentiella flödesvägar



Figur 21. Översikt för detaljkartor av låga områden och potentiella lokala flödesvägar för ytavrinning.

Denna sida är avsiktligt blank

SMHI

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 NORRKÖPING
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01