



Upplands Väsby
kommun

Modelldokumentation

Skyfallskartering för Upplands Väsby kommun

Slutrapport 2023-01-31

Rev.1 2023-04-25

Rev.2 2023-06-21

Rev.3 2023-07-06

Upplands Väsby kommun

Postadress:
Upplands Väsby kommun
194 80 Upplands Väsby

Besöksadress:
Dragonvägen 86, Väsby Centrum
Telefon: 08-590 970 00
upplandsvasby.se

Arbetet är uppfört på uppdrag av Upplands Väsby kommun av Tyréns Sverige AB.

Projektgruppen hos Upplands Väsby kommun: Kajsa Jakobsson och Kristina Jonsson (miljöplanerare Upplands Väsby kommun), Silje Handeland (VA-ingenjör Upplands Väsby kommun)

Uppdragsorganisation hos Tyréns: Xavier Mir Rigau (uppdragsansvarig), Elin Andersson och Anna Landahl (handläggare skyfallsmodell), Elin Björkman (granskare skyfallsmodell och modelldokumentation)

Sammanfattning

Tyréns har i uppdrag åt Upplands Väsby kommun tagit fram en skyfallskartering över Upplands Väsby. Skyfallskartering har tagits fram med verktyget Mike Flood som kopplar en hydrodynamisk modell som beskriver ytavrinning (Mike 21 FM) med en hydraulisk modell som beskriver hydrauliken i dagvattennätet (Mike+). Syftet med skyfallskartering är att använda resultat från skyfallskarteringen för att framställa en risk- och sårbarhetsanalys vid skyfall, en strukturplan för skyfallsåtgärder samt en kostnadsnyttoanalys för dessa skyfallsåtgärder.

Skyfall innebär stora nederbördsmängder på kort tid. SMHI:s definition av skyfall är minst 50 mm på en timme eller minst 1 mm på en minut (SMHI, 2017). Stora nederbördsmängder kan orsaka översvämningar som i sin tur kan orsaka stora skador på bebyggelse, infrastruktur och i vissa fall även innebära en risk för liv och hälsa. Översvämningar kan medföra ytterligare olägenheter som erosion, en ökad risk för ras och skred, förorenings-spridning från förorenade område och bebyggelse samt negativ påverkan för framkomlighet för tåg och fordon.

Skyfallsmodellen har körts med ett så kallat 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 samt det som Trafikverket kallar Beräknad värsta situation, som motsvarar ett regn med en total volym på ca 200 mm.

Resultat från skyfallskarteringen kommer att användas för att ta fram en skyfallsplan för Upplands Väsby kommun och som underlag till kommunens klimatanpassningsstrategi. Resultat kan även användas för arbete med översiktsplan, risk- och sårbarhetsanalyser, beredskapsplanering, vattentjänstplan samt lokaliseringsstudier för verksamheter. Skyfallsmodellen kan också nyttjas för utredningar avseende översvämningrisker för framtida detaljplaner inom kommunen.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
1. Inledning	7
1.1 Naturliga avrinningsområden.....	8
1.2 Tekniska avrinningsområde	9
1.3 Tidigare utförda skyfallskarteringar för Upplands Väsby kommun 12	
1.4 Kapacitetskrav i dagvattenledningsnät	12
1.5 Riktvärden för vattendjup vid översvämning	13
2. Underlag.....	14
3. Metodik	15
3.1 Modellområde	15
3.2 Ledningsnätsmodell	17
3.2.1 Brunnar	17
3.2.2 Ledningar	17
3.2.3 Avrinningsområden	17
3.2.4 Utlopp	18
3.3 Ytavrinningsmodell.....	18
3.3.1 Höjdmodell/mesh.....	18
3.3.2 Markens råhet	20
3.3.3 Infiltration	21
3.3.4 Randvillkor	23
3.4 Kopplad modell.....	25
3.4.1 Kopplingar mellan ledningsnätsmodell och ytavrinningsmodell	25
3.4.2 Regnbelastning.....	25
3.5 Osäkerheter i skyfallsmodellen.....	30
4. Resultat.....	31
4.1 Resultat för vattenflöde.....	33
4.2 Ladbrokulverten	33

5. Diskussion och användningsområde för resultatet.....	35
6. Referenser	36

Bilagor:

Bilaga 1. Fördelning av Mannings tal inom modellområdet

Bilaga 2. Beskrivning av jordarter samt hårdgjorda ytor och vatten i modellen.

Bilaga 3. Modellområde 1, maximalt vattendjup vid ett 100-årsregn med 6 timmars varaktighet och klimatfaktor 1,25.

Bilaga 4. Modellområde 1, maximalt vattenflöde vid ett 100-årsregn med 6 timmars varaktighet och klimatfaktor 1,25.

Bilaga 5. Modellområde 1, varaktighet för översvämningsytor vid ett 100-årsregn med 6 timmars varaktighet och klimatfaktor 1,25.

Bilaga 6. Modellområde 2, maximalt vattendjup vid ett 100-årsregn med 6 timmars varaktighet och klimatfaktor 1,25.

Bilaga 7. Modellområde 2, maximalt vattenflöde vid ett 100-årsregn med 6 timmars varaktighet och klimatfaktor 1,25.

Bilaga 8. Modellområde 2, varaktighet för översvämningsytor vid ett 100-årsregn med 6 timmars varaktighet och klimatfaktor 1,25.

Bilaga 9. Modellområde 3, maximalt vattendjup vid ett 100-årsregn med 6 timmars varaktighet och klimatfaktor 1,25.

Bilaga 10. Modellområde 3, maximalt vattenflöde vid ett 100-årsregn med 6 timmars varaktighet och klimatfaktor 1,25.

Bilaga 11. Modellområde 3, varaktighet för översvämningsytor vid ett 100-årsregn med 6 timmars varaktighet och klimatfaktor 1,25.

Bilaga 12. Modellområde 4, maximalt vattendjup vid ett 100-årsregn med 6 timmars varaktighet och klimatfaktor 1,25.

Bilaga 13. Modellområde 4, maximalt vattenflöde vid ett 100-årsregn med 6 timmars varaktighet och klimatfaktor 1,25.

Bilaga 14. Modellområde 4, varaktighet för översvämningsytor vid ett 100-årsregn med 6 timmars varaktighet och klimatfaktor 1,25.

Bilaga 15. Modellområde 1, maximalt vattendjup vid beräknad värsta situation med 6 timmars varaktighet och total nederbördsvolym 200 mm.

Bilaga 16. Modellområde 1, maximalt vattenflöde vid beräknad värsta situation med 6 timmars varaktighet och total nederbördsvolym 200 mm.

Bilaga 17. Modellområde 1, varaktighet för översvämningsytor vid beräknad värsta situation med 6 timmars varaktighet och total nederbördsvolym 200 mm.

Bilaga 18. Modellområde 2, maximalt vattendjup vid beräknad värsta situation med 6 timmars varaktighet och total nederbördsvolym 200 mm.

Bilaga 19. Modellområde 2, maximalt vattenflöde vid beräknad värsta situation med 6 timmars varaktighet och total nederbördsvolym 200 mm.

Bilaga 20. Modellområde 2, varaktighet för översvämningsytor vid beräknad värsta situation med 6 timmars varaktighet och total nederbördsvolym 200 mm.

Bilaga 21. Modellområde 3, maximalt vattendjup vid beräknad värsta situation med 6 timmars varaktighet och total nederbördsvolym 200 mm.

Bilaga 22. Modellområde 3, maximalt vattenflöde vid beräknad värsta situation med 6 timmars varaktighet och total nederbördsvolym 200 mm.

Bilaga 23. Modellområde 3, varaktighet för översvämningsytor vid beräknad värsta situation med 6 timmars varaktighet och total nederbördsvolym 200 mm.

Bilaga 24. Modellområde 4, maximalt vattendjup vid beräknad värsta situation med 6 timmars varaktighet och total nederbördsvolym 200 mm.

Bilaga 25. Modellområde 4, maximalt vattenflöde vid beräknad värsta situation med 6 timmars varaktighet och total nederbördsvolym 200 mm.

Bilaga 26. Modellområde 4, varaktighet för översvämningsytor vid beräknad värsta situation med 6 timmars varaktighet och total nederbördsvolym 200 mm.

1. Inledning

Tyréns har i uppdrag åt Upplands Väsby kommun tagit fram en skyfallskartering över Upplands Väsby. Skyfallskartering har tagits fram med verktyget Mike Flood som kopplar en hydrodynamisk modell som beskriver ytavrinning (Mike 21 FM) med en hydraulisk modell som beskriver hydrauliken i dagvattennätet (Mike+). Resultat från skyfallskarteringen kommer att användas för att framställa en risk- och sårbarhetsanalys vid skyfall, en strukturplan för skyfallsåtgärder samt en kostnadsnyttoanalys för dessa skyfallsåtgärder.

Skyfall innebär stora nederbördsmängder på kort tid. SMHI:s definition av skyfall är minst 50 mm på en timme eller minst 1 mm på en minut (SMHI, 2017). Skyfall kopplas ofta med konvektiva nederbördstillfälle som är svåra för meteorologiska modeller att identifiera då händelseförloppet sker under en kort tid och ofta i lokal skala. Under ett skyfall räcker inte ledningsnätets kapacitet till för att avleda hela flödet och vattnet rinner på ytan istället. Ett regn med årlig sannolikhet på 1 % brukar klassas som ett skyfall. Beroende på vilken varaktighet regnet har blir intensiteten och den totala volymen nederbörd olika. Som exempel ger ett 100-årsregn med en timmes varaktighet en nederbörd på 54,55 mm utan klimatfaktor. I ett förändrat klimat kommer kraftiga nederbörd bli vanligare i Sverige enligt rapporterna från SMHI (SMHI, 2022a) och IPCC (IPCC, 2021).

Stora nederbördsmängder kan orsaka översvämningar som i sin tur kan orsaka stora skador på bebyggelse, infrastruktur och i vissa fall även innebära en risk för liv och hälsa. Översvämningar kan medföra ytterligare olägenheter som erosion, en ökad risk för ras och skred, förorenings-spridning från förorenade områden och bebyggelse samt negativ påverkan för framkomlighet för tåg och fordon.

Skyfallsmodellen har körts med ett så kallat 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 samt det som Trafikverket kallar Beräknad värsta situation, som motsvarar ett regn med en total volym på ca 200 mm. Dessa scenarier har bestämts i samråd med kommunens projektorganisation.

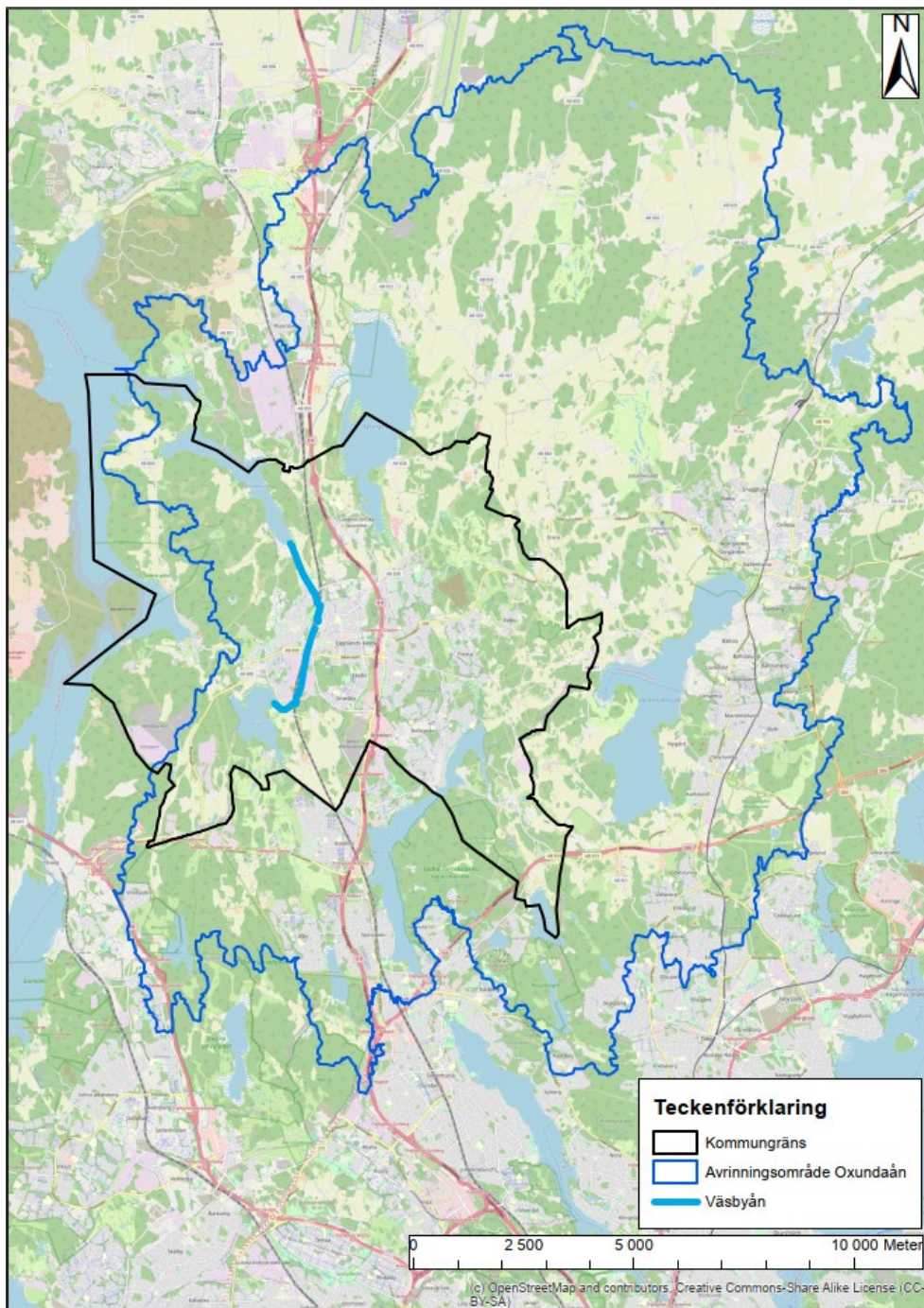
Resultat från skyfallskarteringen kan användas för framtida arbete med kommunal planering inom översiktsplaner och detaljplaner. Samtidigt kan det användas för att ta fram beredskapsplaner mot skyfall.

1.1 Naturliga avrinningsområden

Ett avrinningsområde är det område, både markyta och vattenyta, från vilket vatten från både regn och snö avrinner till en specifik havsbassäng, sjö eller vattendrag där vattnet kan rinna mestadels ytligt till recipient. avrinningsområdet.

Upplands Väsby ligger mestadels inom Oxundaåns avrinningsområde som mynnar ut i Mälaren. Inom avrinningsområde ligger 5 stora sjöar: Vallentunasjön, Norrviken, Edssjön, Fysingen och Oxundasjön. Mellan Edssjön och Oxundasjön rinner Väsbyån som sträcker sig igenom ett stort urbant område. Naturliga avrinningsområde visas i Figur 1.

Övriga område i västra delen av kommunen som inte omfattas av Oxundaån avrinningsområde rinner direkt till Mälaren.



Figur 1 Oxundaåns avrinningsområde, kommungräns och Väsbyån. Källa bakgrundskarta: OpenStreetMap

1.2 Tekniska avrinningsområde

Tekniska avrinningsområden är avrinningsområden där vattnet rinner till recipienten via ett dagvattenledningsnät. Inom Upplands Väsby kommun finns det flera tekniska avrinningsområden. De tekniska avrinningsområdena har delats in i delområden, se Figur 2, baserat på indelning av

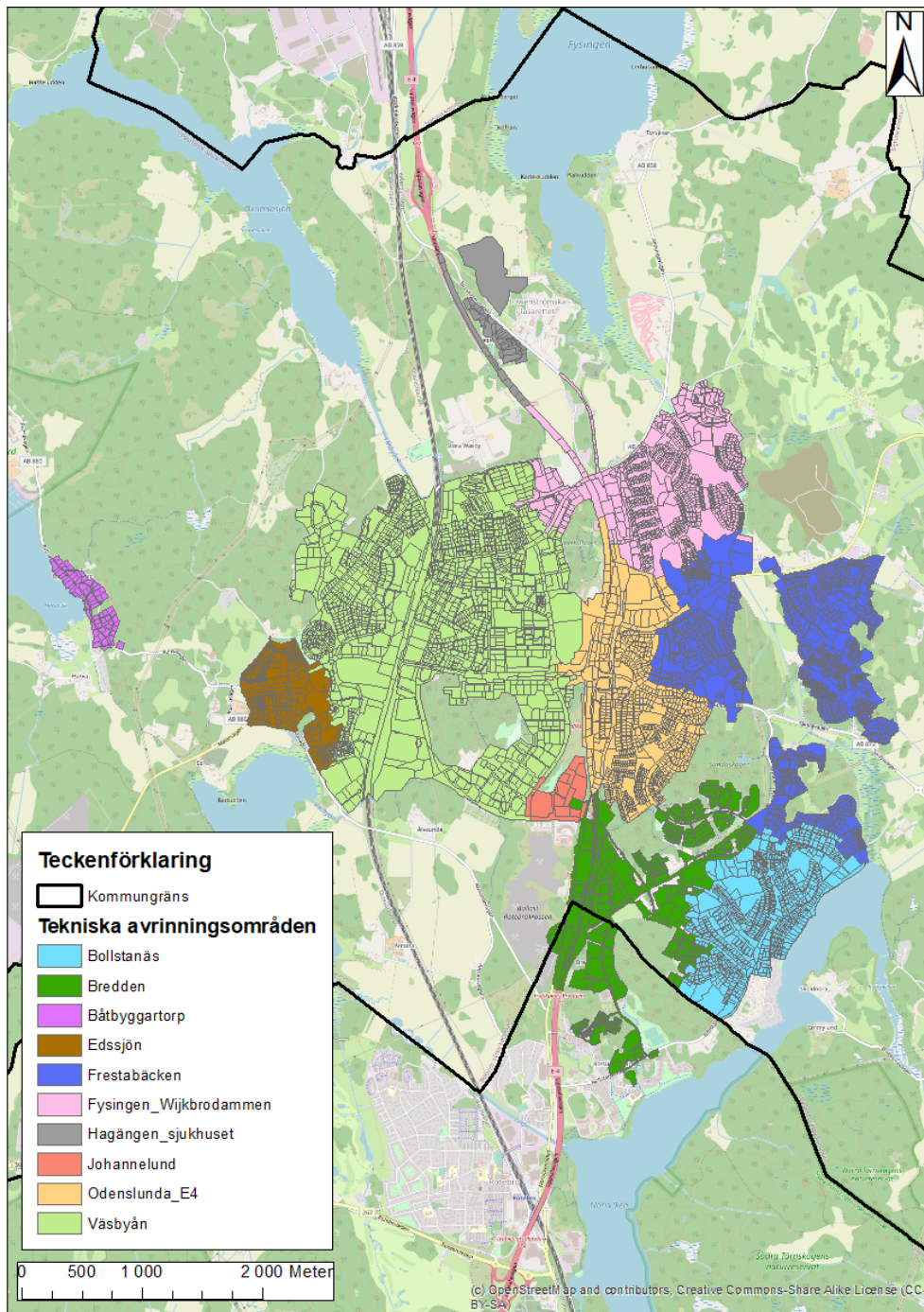
avrinningsområden i Upplands Väsby's dagvattenmodell och recipienten för ledningsnätet.

Vattenförekomster för de tekniska avrinningsområdena är Fysingen (Wijkbrodammen och Hagängen-sjukhuset), Norrviken (Bollstanäs, Bredden och Frestabäcken), Väsbyån (Väsbyån, Odenslunda-E4 och Johanneslund), Edssjön (Edssjön) och Mälaren-Skarven (Båtbyggartorp).

Total area och reducerad area för varje delområde sammanställs i Tabell 1. Den reducerade arean är den del av ett avrinningsområde som bidrar med avrinning till ledningsnätet, dvs total area multiplicerad med avrinningskoefficient. Det representerar i stort sett storleken på de hårdgjorda ytorna som belastar ledningsnätets modellen. Avrinningskoefficienter för de olika delavrinningsområde baseras på värdena i dagvattenmodellen (Upplands Väsby, 2022).

Tabell 1 Total area och reducerad area sammanställt för de tekniska avrinningsområdenas delområden

Område	Total area (ha)	Sammanvägd Avrinningskoefficient	Reducerad area (ha)
Bollstanäs	126,3	0.231	29,2
Bredden	137,3	0.470	64,5
Båtbyggartorp	15,6	0.111	1,7
Edssjön	49,5	0.232	11,5
Frestabäcken	203,1	0.237	48,2
Fysingen - Wijkbrodammen	156,4	0.248	38,7
Hagängen - Sjukhuset	32,5	0.284	9,2
Johannelund	16,5	0.413	6,8
Odenslunda - E4	155,0	0.277	42,9
Väsbyån	486,8	0.305	148,1



Figur 2 Tekniska avrinningsområde inom Upplands Väsby VA-verksamhet. Källa bakgrundskarta: OpenStreetMap

1.3 Tidigare utförda skyfallskarteringar för Upplands Väsby kommun

Upplands Väsby kommun har inte tagit fram en övergripande skyfallskartering för hela kommunen tidigare. Det har däremot tagits fram flera skyfallskarteringar kopplade till olika planarbeten inom kommunen.

För kommunens tidigare klimat- och sårbarhetsanalys (Sweco, 2014) togs det fram en kartering av instängda område och lågpunkter.

Länsstyrelsen i Stockholms län har tagit fram en skyfallskartering för flera kommuner inom Stockholms län. Den innehåller inte hela Upplands Väsby kommun och den baseras inte på avrinningsområdes gränser utan fokuserar bara på de mest tätbebyggda områdena i länet. Samtidigt innehåller skyfallskarteringen inte dagvattenledningsnätet för Upplands Väsby vilket kan ge ett överskattat resultat av översvämningsriskerna i vissa områden och underskattat i andra.

MSB har även tagit fram en kartering av översvämningsrisker längs Oxundaån (MSB, 2013). Denna kartering visar resultat av höga vattennivåer i Oxundaån men inte resultat vid ett skyfall över hela avrinningsområdet.

1.4 Kapacitetskrav i dagvattenledningsnät

Svenskt Vatten har tagit fram rekommendationer för ansvarsfördelning mellan VA-huvudman och kommunen vid ny bebyggelse vid olika regnhändelser i sin publikation P110 (Svenskt Vatten, 2016), se Tabell 2. En stor del av kommunens dagvattennät byggdes innan P110 togs fram och har mycket lägre kapacitet.

Tabell 2 Minimikrav på återkomsttider för regn vid dimensionering dagvattensystem, utdrag ur Tabell 2.1 i P110

Typ av bebyggelse	Återkomsttid för regn vid fylld ledning – VA-huvudmannens ansvar	Återkomsttid för trycklinje i marknivå – VA-huvudmannens ansvar	Återkomsttid för marköversvämning med skador på byggnader – kommunens ansvar
Gles bostadsbebyggelse	2 år	10 år	>100 år
Tät bostadsbebyggelse	5 år	20 år	> 100 år

Typ av bebyggelse	Återkomsttid för regn vid fylld ledning – VA-huvudmannens ansvar	Återkomsttid för trycklinje i marknivå – VA-huvudmannens ansvar	Återkomsttid för marköversvämning med skador på byggnader – kommunens ansvar
Centrum	10 år	30 år	>100 år

1.5 Riktvärden för vattendjup vid översvämning

För att få en uppfattning om olägenheterna/skadorna som ett skyfall kan orsaka kan följande vattendjupintervall användas som grova riktvärden då man pratar om vattendjup vid översvämningar:

- 0,1 – 0,3 m, nedsatt framkomlighet för samtliga
- 0,3 – 0,5 m, ej möjligt att ta sig fram med vanligt motorfordon (inklusive ambulanser och polis), risk för materiell skada
- 0,5 m, ej möjligt att ta sig fram för räddningstjänstens stora fordon, stora materiella skador, risk för hälsa och liv

Viktigt är att samtidigt ha i åtanke att ansamlingar av vatten på markytan inte nödvändigtvis utgör ett problem. Problem uppstår när vattnet orsakar en värdeförlust, påverkar kommunikationer och transporter eller vid risk för hälsa och liv.

2. Underlag

Upplands Väsby kommun har en befintlig dagvattenmodell och följande underlag har använts inom projektet och för att komplettera ledningsnätsmodellen:

- Dagvattenmodell för Upplands Väsby kommun daterat 2022-05-24
- Modelldokumentation för dagvattenmodell (2022-05-24).
- Shapefiler för (2022-05-13):
 - Ledningar
 - Brunnar
 - Dammar
 - Dagvattenmagasin

Följande underlag har använts för att bygga upp ytavrinningsmodellen:

- Avrinningsområden baserade på Lantmäteriets höjddata, inhämtat från GIS-verktyget SCALGO
- Avrinningsområden från Länsstyrelsen för respektive vattendrag inom Upplands Väsby kommunen
- Höjdmodell med 1x1 meters upplösning från Lantmäteriet, inhämtat från GIS-verktyget SCALGO (2022-07-11). Scanningstillfälle under november 2021 med olika datum för olika område inom kommunen.
- Nationell vägdatatabas från Trafikverket (2022-06-08)
- Nationella marktäckedata från Naturvårdsverket, inhämtat från GIS-verktyget SCALGO (2022-07-11)
- Jordartskarta från SGU, inhämtat från GIS-verktyget SCALGO (2022-07-11)
- Byggnader i shapefil från Lantmäteriet, inhämtat från GIS-verktyget SCALGO (2022-07-11)
- Sjöar i shape format från Vattenplan 2021 från Upplands Väsby kommun (2022-05-31)
- Inmätningar för bottennivåer i Väsbyån utförda 2018 och 2019.

3. Metodik

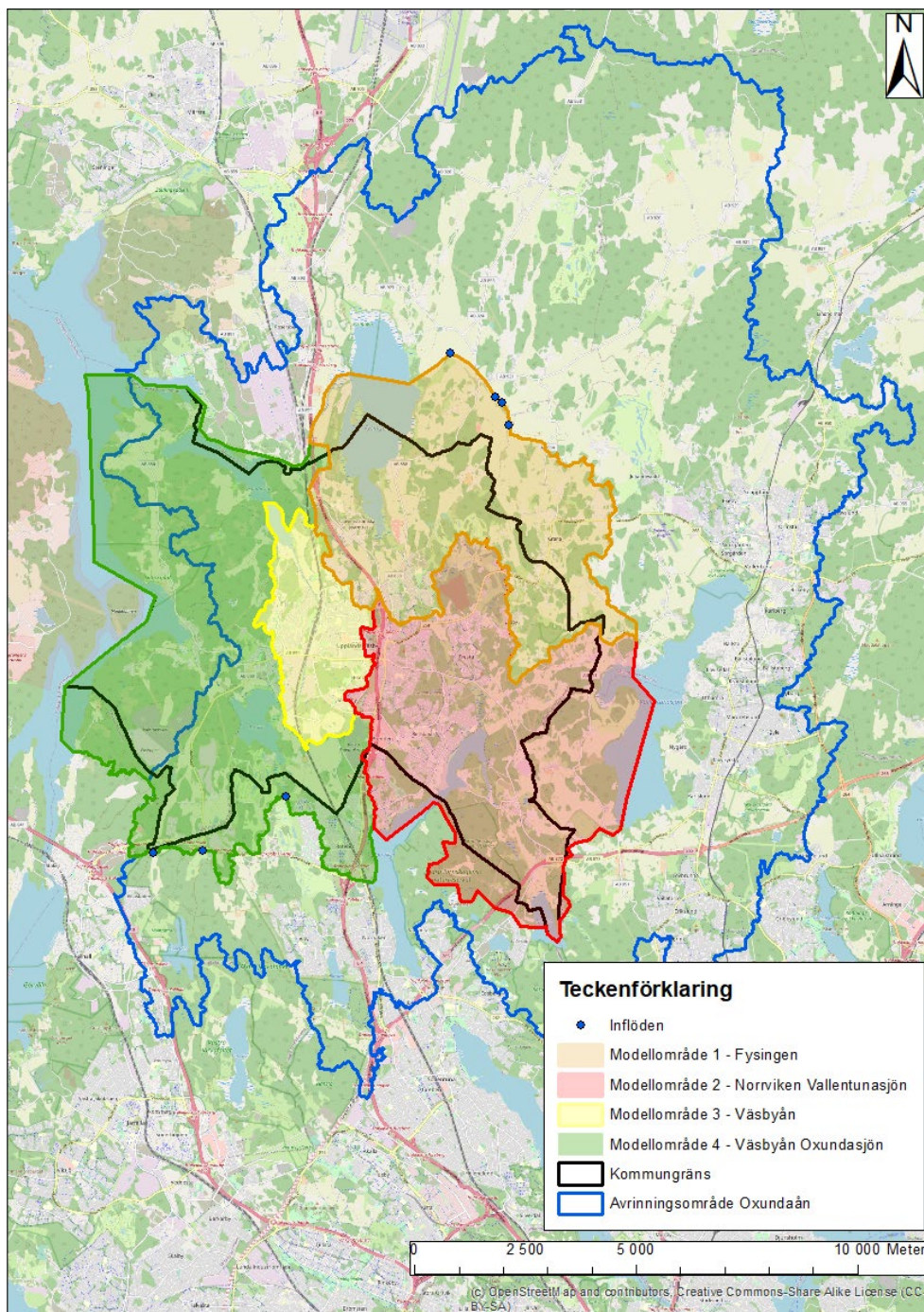
Den kopplade modellen för Upplands Väsby har byggts upp i koordinatsystem SWEREF_99_18_00 och höjdsystem RH 2000. Samtliga koordinater och höjdnivåer i denna rapport refererar till dessa system. En kopplad modell innebär att dagvattenledningsnätet kopplas till en ytavrinningsmodell och att dessa har ett dynamiskt utbyte mellan sig. Verktuget Mike Flood har använts för att koppla ledningsnätsmodellen i Mike+ och ytavrinningsmodellen i Mike 21 FM.

Metodiken som använts för utbyggnad av skyfallsmodellen baseras på rekommendationer i Vägledning för skyfallskartering (MSB, 2017) samt Tyréns egna tidigare erfarenheter av vissa beskrivningar i modellen.

3.1 Modellområde

Utbredning för modellområde har valts för att täcka hela kommunen. Modellområden tar hänsyn till avrinningsområden och de ytliga flöden som kan rinna in i Upplands Väsby kommun.

På grund av modelltekniska skäl har skyfallsmodellen indelats i 4 modellområden, se Figur 3. Modellområde 1 beskriver avrinningsområde till Fysingen. Modellområde 2 beskriver avrinningsområden till Norrviken och Vallentunasjön. Modellområde 3 beskriver avrinningsområde till Väsbyån. Modellområde 4 beskriver övriga område inom kommunen som rinner direkt till Edssjön, Oxundasjön och Mälaren.



Figur 3 Modellområden 1-4 med avrinningsområde för Oxundaån, inflödes punkter till modellen samt kommungränsen. Källa bakgrundskarta: OpenStreetMap

3.2 Ledningsnätmodell

Den ursprungliga dagvattenmodellen upprättades i verktyget Mike Urban av VA-enheten på Upplands Väsby kommun (Upplands Väsby kommun, 2022). Modellen är kalibrerad vid 4 mätpunkter inom det tekniska avrinningsområdet till Väsbyån.

Tyréns har konverterat dagvattenmodell till verktyget Mike+ och anpassat den för koppling till en ytavrinningsmodell. Flödena vid de stora utloppspunkterna har kontrollerats efter konvertering till Mike+ och de stämmer bra överens med flödena som fanns i den ursprungliga dagvattenmodellen i Mike Urban. Ändringarna som har gjorts för anpassning till ytavrinningsmodellen beskrivs i rubriker 3.2.1 till 3.2.4.

3.2.1 Brunnar

Noder i modellen som var beskrivna som brunnar vid koppling mellan ledning och dike har ändrats till utlopp för att ha en bättre koppling mellan ytavrinningsmodell och ledningsnätmodellen. Vissa av dessa utlopp har bibehållits som brunn för att minska instabiliteter i skyfallsmodellen.

3.2.2 Ledningar

Dammar och diken som fanns beskrivna i den ursprungliga dagvattenmodellen som *CRS* har tagits bort. Dessa beskrivs istället i höjdmodellen som är grund till ytavrinningsmodellen.

För områden utanför VA-verksamhetsområde har det inte tillhandahållits något underlag för möjliga kulvertar under vägar och andra hinder för vattenavrinningen. Där det syns tydligt i höjdmodellen att det finns avrinningsvägar i form av dike eller bäckar har kulvertar skapats i modellen. Dessa antagna kulvertar har fått en dimension på 800 mm.

Alla ledningar har tilldelats formeln *Manning Implicite* för att minska instabiliteten i den kopplade modellen.

3.2.3 Avrinningsområden

De avrinningsområden som hade kalibrerats uppströms brunn DNB31021 hade en reduktionsfaktor på 1,07 i den ursprungliga Mike Urban modellen. Dessa har ändrats till 1 och *imperviousness* ökats istället då Mike+ inte tillåter reduktionsfaktorer över 1.

3.2.4 Utlopp

En stor del av utloppen till Väsbyån hade ingen vattengång i kommunens GIS underlag. För modellområde 3 för Väsbyån har utloppen flyttats så att de hamnar in i å-fåran och ändrats så att de får bottennivån på ån som vattengång.

3.3 Ytavrinningsmodell

Ytavrinningsmodellen har byggts upp i verktyget Mike 21 FM. Modellen behöver underlag i form av höjdmodell, markens råhet, infiltration samt regnbelastning. Dessa beskrivs under rubrik 3.3.1 till 3.3.4 samt 3.4.2.

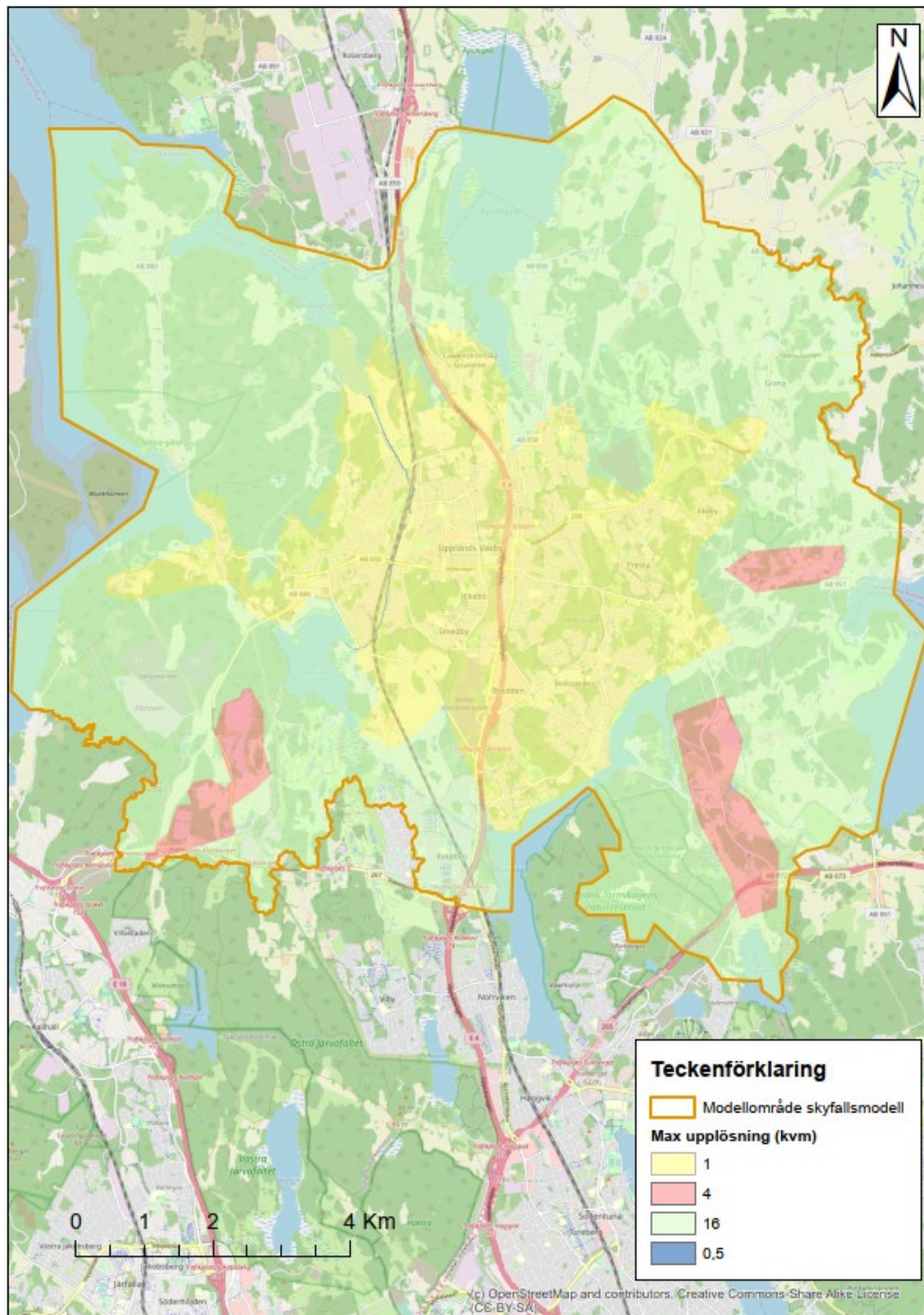
3.3.1 Höjdmodell/mesh

Höjdmodellerna som använts för de olika modellområde baseras på Lantmäteriet laserscanning som kan laddats ned från GIS verktyget Scalgo. Ursprungliga underlaget har en upplösning på 1x1 meter. Höjdmodellen har hydrologiskt anpassats för att kunna beskriva ytlig avrinning. Detta innebär att broar, eller vägsträckor över gångtunnlar, har tagits bort i höjdmodellen och markhöjderna under broarna och gångtunnlarna har interpolerats från omkringliggande höjder.

Fyra olika höjdmodeller i form av ett triangulärt beräkningsnät (*mesh*) har tagits fram för varje modellområde (se Figur 3). För att kunna ha snabbare modellberäkningar har beräkningsnätet tilldelats olika upplösningar beroende på markanvändning och om området ingår i VA-verksamhetsområdet. Maximal storlek för varje triangel i beräkningsnätet redovisas i Tabell 3 och den spatials variationen över hela studieområdet redovisas i Figur 4.

Tidigare utförda inmätningar av bottennivåer i Väsbyån har använts för att skapa en högupplöst höjdmodell som underlag till beräkningsnätet för modellområde 3 som innehåller Väsbyån. Detta gjordes för att ha en bättre beskrivning av hydrauliken i Väsbyån då Väsbyåns kapacitet har en stor inverkan i översvämningrisker vid skyfall för modellområde 3.

Bottennivån på sjöar har antagits ligga 2 meter under vattenytan. Nivåerna på vattenytan regleras av randvillkor för sjöarna som beskrivs under 3.3.4.



Figur 4 Rumsfördelning av max storlek i m² för triangel i beräkningsnät för höjdmodellen

Tabell 3 Maximal storlek på trianglar i beräkningsnät för varje modellområde

Område	Område inom VA-verksamhetsområden	Bebyggelse utanför VA-verksamhetsområden	Väsbyåns å-fåra	Övriga obebyggda områden
Modellområde 1	1 m ²	4 m ²	-	16 m ²
Modellområde 2	1 m ²	4 m ²	-	16 m ²
Modellområde 3	1 m ²	-	0,5 m ²	1 m ²
Modellområde 4	1 m ²	4 m ²	-	16 m ²

3.3.2 Markens råhet

Markens råhet beskriver hur snabbt vattnet kan rinna på markytan.

Hårdgjorda ytor som vägar innebär snabba avrinningsförlopp då vattnet rinner snabbare över hårdgjorda ytor än exempelvis naturmark. I modellen beskriver parametern Mannings tal markens råhet. Parametern styr vattnets hastighet och kan påverka både vattendjup och översvänningsutbredning samt flödet som rinner vid olika punkter. Värdet för Mannings tal anges i Tabell 4. Bilaga 1 visar Mannings tal inom modellområdet.

Tabell 4 Mannings tal för olika markanvändning.

Typ av yta	Mannings tal (M)
Lutning i höjdmodell ≥ 30 grader	2
Naturmark	5
Vattendrag	25
Villor, radhus, flerbostadshus, industri	40
Vägar och övriga hårdgjorda ytor	50
Vatten	70

Instabilitet kan uppstå i modellen på grund av stora höjdskillnader. Områden där lutningen är större än 30 grader har fått ett lägre Manning tal för att hantera möjliga instabilitetsproblem.

3.3.3 Infiltration

För att kunna uppskatta markens infiltrationsförmåga för de icke hårdgjorda ytorna har en infiltrationsmodul använts i skyfallsmodellen.

Infiltrationsmodulen beräknar hur stor del av nederbörden som infiltrerar i marken och hur stor del som rinner av på ytan .

Inom avrinningsområdet finns det 17 olika typer av jordklasser enligt SGUs jordartskarta. Dessa har klassats enligt Tabell 5. Områden som överlagras med vägar, hus eller annan hårdgjord yta får ingen infiltrationskapacitet. Tabell 6 sammanställer fördelningen mellan jordarterna och de hårdgjorda ytorna inom modellområdena. I de hårdgjorda ytorna ingår även Vatten. Bilaga 2 visar fördelningen av hårdgjorda ytor och jordarterna inom modellområdet.

Tabell 5 Jordklassning från SGUs jordartskarta översatt till klassning i skyfallsmodellen.

Jordklassning i SGUs jordartskarta	Klassning i skyfallsmodellen
Fyllning	Fyllning
Glacial lera	Lera, silt, torv
Gyttjelera	Lera, silt, torv
Isälvs sediment	Sand, grus, morän
Isälvs sediment, sand	Sand, grus, morän
Klapper	Sand, grus, morän
Kärrtorv	Lera, silt, torv
Mossetorv	Lera, silt, torv
Postglacial finlera	Lera, silt, torv
Postglacial finsand	Sand, grus, morän
Postglacial lera	Lera, silt, torv
Postglacial sand	Sand, grus, morän
Sandig morän	Sand, grus, morän
Grus	Sand, grus, morän
Urberg	Urberg
Torv	Lera, silt, torv
Vatten	Vatten

Tabell 6 Jordartsindelning och hårdgjorda ytor inom alla fyra modellområden

Klassning i skyfallsmodellen	Area (ha)	Procent (%)
Sand, grus, morän	2833	24 %
Lera, silt, torv	4022	34 %
Urberg	1536	13 %
Fyllning	164	1 %
Hårdgjord yta	3319	28 %

Det översta jordlagret för alla grönytor antas vara matjord med en mäktighet på 0,3 meter och infiltrationskapaciteten 36 mm/h. Det underliggande lagret

baseras på SGU:s jordartskarta. Dessa lager får en infiltrationshastighet och initialt vatteninnehåll enligt Tabell 7. Initialt vatteninnehåll för det underliggande jordlagret är antaget utifrån att det är en solig sommardag.

Skyfall brukar inträffa under sommarperioden där det är varmt i atmosfären. Initialt vatteninnehåll i marken är antaget utifrån att det finns en period utan regn med varma väderförhållande innan skyfallet.

Tabell 7 Parametervärden ansatta i infiltrationsmodullen uppdelat i markanvändning och underliggande jordarter baserade på SGI:s föreskrifter (SGI, 2008) och enligt metodiken från Stockholms stads skyfallskartering (WSP, 2018)

	Grönytor		Hårdgjorda ytor	
Infiltrationshastighet (mm/h)	36		0	
Porositet (%)	40		0	
Mäktighet (m)	0,3		0	
	Sand, grus, morän	Fyllning	Lera, silt, torv	Urberg
Läckagehastighet (mm/h)	360	36	0,36	0
Initialt vatteninnehåll (%)	20	30	45	30

3.3.4 Randvillkor

Ett randvillkor är ett krav som man lägger på modellen som modellen använder för att kunna beräkna sina resultat. Randvillkor brukar placeras vid utkanterna av modellområde (ränder) i form av flöde eller vattennivåer.

Skyfall brukar inträffa under sommarperioden där det är varmt i atmosfären. Under sommar är vattenföringen i vattendrag samt vattennivåer i sjöarna i normal fall under sina årliga medelvärden. Det är därför inte berättigad att beräkna översvämningsrisker vid skyfall i samband med höga vattennivåer i sjöarna och vattendrag.

Randvillkor för inflöde för avrinningsområde (medelvattenföring) uppströms modellområdet beräknas enligt Trafikverkets infrastrukturregelverk för avvattning, dimensionering och utformning av dagvattenanläggningar (Trafikverket, 2020). Dessa sammanställs i Tabell 8. Hargsån och övriga diken belastar modellområde 1 från området öster om Upplands Väsby inom Sigtuna och Vallentuna kommun. Vibyån och

Damnagsån belastar modellområde 4 från området söder om Upplands Väsby inom Järfälla och Sollentuna kommun.

Medelvattenföring i Väsbyån i modellområde 3 baseras på beräkningar från SMHI som utfördes i samband med dimensionering av nya tråget inom detaljplan för Väsby Entré (SMHI, 2019). SMHI:s beräkningar visar att medelvattenföringen i Väsbyån är 0,83 m³/s vilket även används i modellen.

Tabell 8 Inflöde från naturmarkområdena till modellområde 1, 3 och 4.

Modellområde	Avrinningsområde	Area (ha)	Medelvattenföring MQ (l/s)
1	Dike 1	1473	147
1	Hargsån (Dike 2)	2408	241
1	Dike 3	2518	252
1	Dike 4	470	47
3	Edssjön till Väsbyån	-	830
4	Vibyån	1208	121
4	Damnagsån	731	73

För utflöde från modellområdena har randvillkor för konstanta vattennivåer placerats vid sjöarna, se Tabell 9. Med dessa antas att sjöarna är tillräckligt stora för att upprätthålla en konstant vattennivå vid en händelse av skyfall som varar under 6 timmar.

För Mälaren har medelvattenstånd i Mälaren använts som randvillkor (SMHI, 2022b). Samma nivå har även använts för Oxundasjön då Oxundasjön ligger i direkt anslutning till Mälaren och enligt tidigare utförda modeller för Oxundaån (MSB, 2013) är Oxundasjön inte reglerat.

För övriga sjöar finns det ingen statistik för vattenstånd. Nivåerna som fanns i den ursprungliga höjdmodellen har därför använts som randvillkor.

Tabell 9 Randvillkor i form av konstant vattennivå vid sjöarna

Modellområde	Sjö	Vattennivå
1	Fysingen	+2,61
2	Vallentunasjön	+8,14
2	Norrviken	+4,30
3	Oxundasjön	+0,86
4	Mälaren	+0,86

3.4 Kopplad modell

För en kopplad modell behövs det en anpassning av höjdmodell och ledningsnätsmodell till varandra. Det är viktigt att ytliga anläggningar såsom dammar eller diken inte beskrivs i båda modellerna för att inte överskatta kapaciteten i systemet. Därför beskrivs dammar och diken bara i höjdmodellen som används till ytavrinningsmodellen.

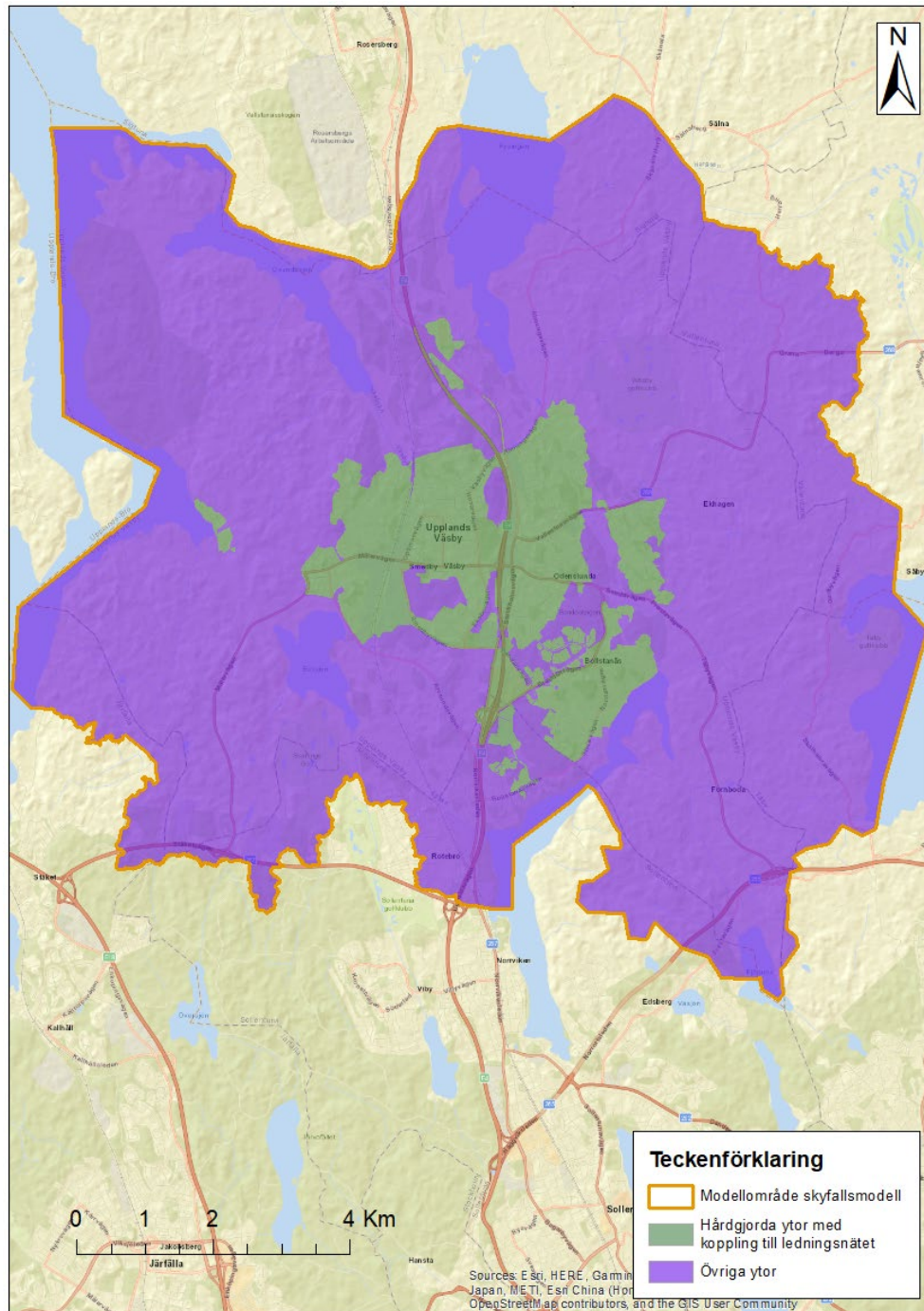
3.4.1 Kopplingar mellan ledningsnätsmodell och ytavrinningsmodell

För en kopplad Mike Flood modell krävs att höjdmodellen och ledningsnätsmodellen kopplas på vissa punkter. Då rännstensbrunnar inte har inkluderats i ledningsnätsmodellen har alla nedstigningsbrunnar och tillsynsbrunnar kopplats till höjdmodellen som *manhole*. Alla utlopp eller inlopp från ledningsnätsmodellen har kopplats till höjdmodellen som *outlet*. I vissa fall där höjdmodellen ligger mycket högre än vattengång på utlopp har utlopp ändrats till en vanlig brunn i ledningsnätsmodellen för att säkerställa modellens stabilitet.

3.4.2 Regnbelastning

Vid en kopplad modell är hårdgjorda ytor inom de områden där ledningsnät finns utbyggt kopplade direkt till ledningsnätsmodellen. Regnbelastningen på hårdgjorda ytor beskrivs i ledningsnätsmodellens avrinningsmodull men vid kraftiga skyfall är det dock inte rimligt att låta hela regnet verka på de hårdgjorda ytor som är kopplade till ledningsnätsmodellen. Hängrännor, stuprör och rännstensbrunnar är en kapacitetsbegränsning som inte kan antas avbörda ett skyfall. Därför delas regnet på hårdgjorda ytor som är kopplade till ledningsnätet upp i två delar, en del som antas kunna ta sig in i ledningsnätet (och belasta ledningsmodellen direkt) och resterande del (den

mest extrema skyfallstoppen) läggs på hårdgjorda ytor i markavrinningsmodellen (MSB, 2017). Den spatiala fördelningen av regnen inom modellområdet visas i Figur 5. De gröna områdena är hårdgjorda ytor med koppling till ledningsnätet och de lila områdena är övriga ytor utan koppling till ledningsnätet.

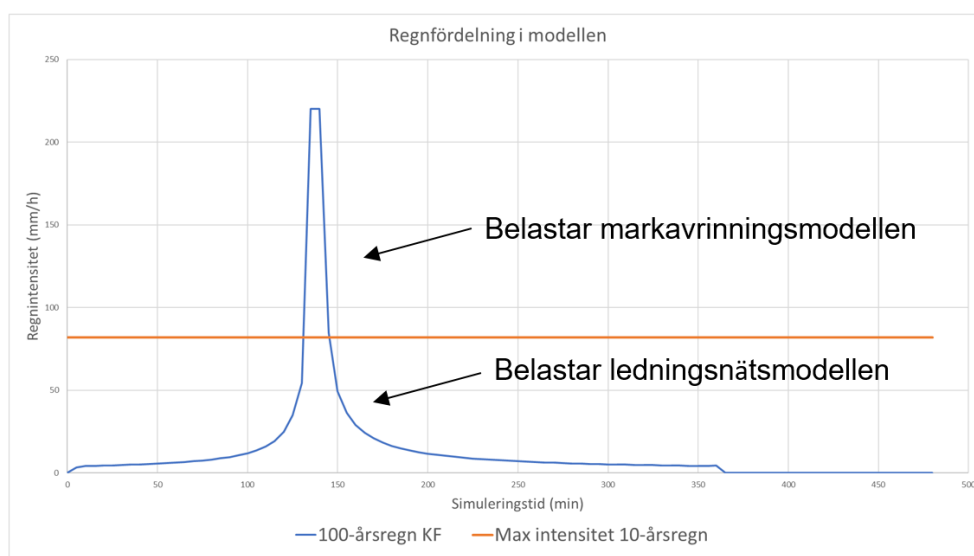


Figur 5 Fördelning av regn inom modellområdet. Källa bakgrundskarta: Esri

Modellen har körts för 2 regnscenarion, ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 och ett regn enligt beräknad värsta situation (Enligt Trafikverkets riktlinjer för avvattnings) även kallat Köpenhamnsregn. Varaktighet för regnen har valts till 6 timmar och efter regnens slut så körs modellen i ytterligare 2 timmar för att vattnet efter skyfallet ska hinna rinna till lågpunkter inom området.

100-årsregn med klimatfaktor

Figur 6 visar regnfördelningen mellan ledningsnät och markavrinningsmodellen. Den orangea linjen representerar max intensitet för ett 10-årsregn med 10 minuters varaktighet. Volymen under max intensitet belastar ledningsnätmodellen och volymen över belastar markavrinningsmodellen.

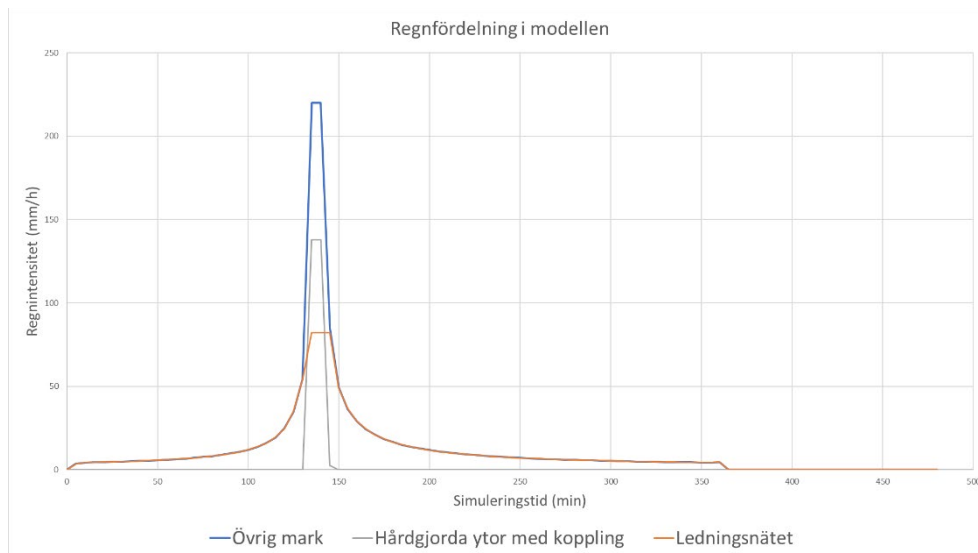


Figur 6 Den blåa linjen representerar ett CDS 100-årsregn med klimatfaktor med centralblock på 10 minuter. Den orangea linjen representerar max intensiteten för ett 10-årsregn. Volymen under max intensiteten belastar ledningsnätmodellen och volymen över belastar ytavrinningsmodellens hårdgjorda ytor.

Modellen belastas totalt med 3 olika regnserier, se Figur 7, i olika områden av modellen. Figur 5 visar den spatiala fördelningen, det lila området belastas med regn 1a och det gröna området med regn 2a i markavrinningsmodellen och regn 3a i ledningsnätmodellen.

- Regn 1a: Markytor som inte är kopplade till dagsvattennätet i markavrinningsmodellen belastas med ett CDS 100-årsregnet med klimatfaktor 1,25 och varaktighet på 6 timmar som har en totalvolym på 106 mm.
- Regn 2a: Hårdgjorda ytor i markavrinningsmodellen med koppling till ledningsnätet belastas med ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 med avdrag motsvarande ett 10-årsregn och har en totalvolym på 23 mm.

- Regn 3a: belastning av ledningsnätsmodellen. Belastas med ett regn som har motsvarande max intensitet för 10-årsregn och har en totalvolym på 82 mm.



Figur 7 Regnbelastningen i modellen. Regn 1a – Markytor utan koppling till dagvattennät (blå). Regn 2a – Hårdgjorda ytor med koppling till ledningsnätet, belastning i ytavrigningsmodellen (grå). Regn 3a - Hårdgjorda ytor som kopplas till ledningsnätsmodellen, belastning i ledningsnätsmodellen (orange).

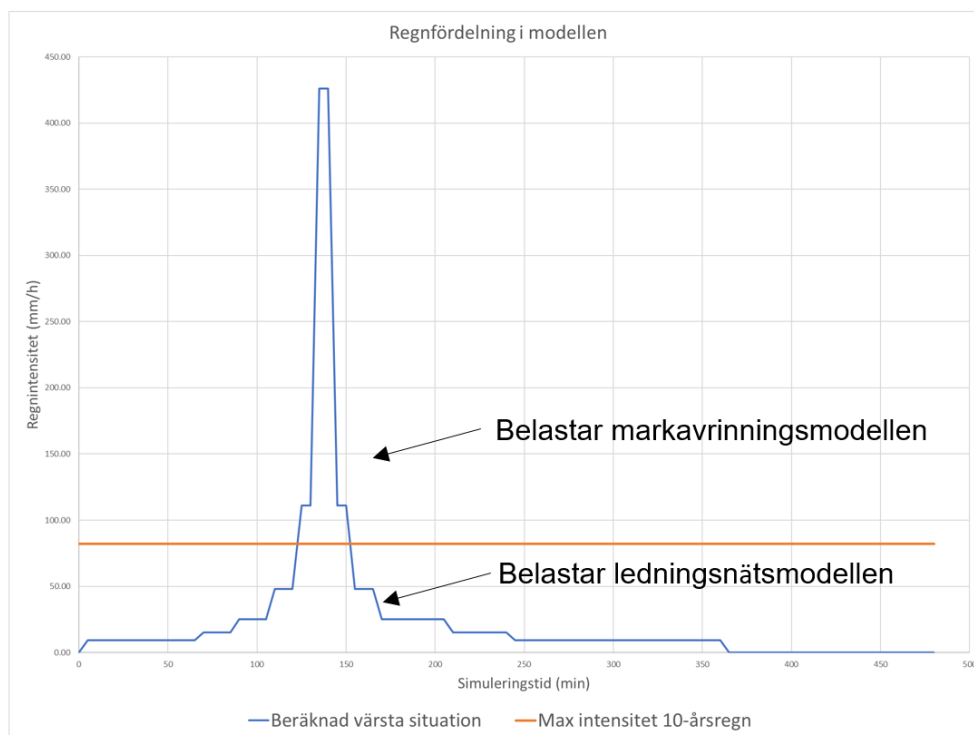
Beräknad värsta situation (BVS)

Enligt Trafikverkets styrdokument TRV Infra 00231 ska en regnbelastning vid beräknat värsta scenario användas för dimensionering av anläggningar med säkerhetsklass 3. Denna regnbelastning baseras på de mest intensiva regnhändelserna som har mätts i Sverige för olika varaktigheter. En sammanställning av dessa visas i Tabell 10.

Tabell 10 Regnmängd för olika varaktigheter för beräknat värsta scenario (Källa: Trafikverket, TRVInfra 00231, ver.2)

Block	Regnmängd (mm)	Regnintensitet (mm/h)
10 min	71	426
30 min	108	216
60 min	132	132
2 timmar	157	79
3 timmar	172	57
6 timmar	200	33

Regnbelastning för en beräknad värsta situation som redovisas i Tabell 10 har konverterats till ett CDS-regn med 6 timmars varaktighet för att ha en likadan beskrivning som det 100-årsregnet som används. Formen på regnet redovisas i Figur 8. Regnbelastning har ett 10-minuters centralblock med 71 mm och en total regnbelastning på 200 mm.

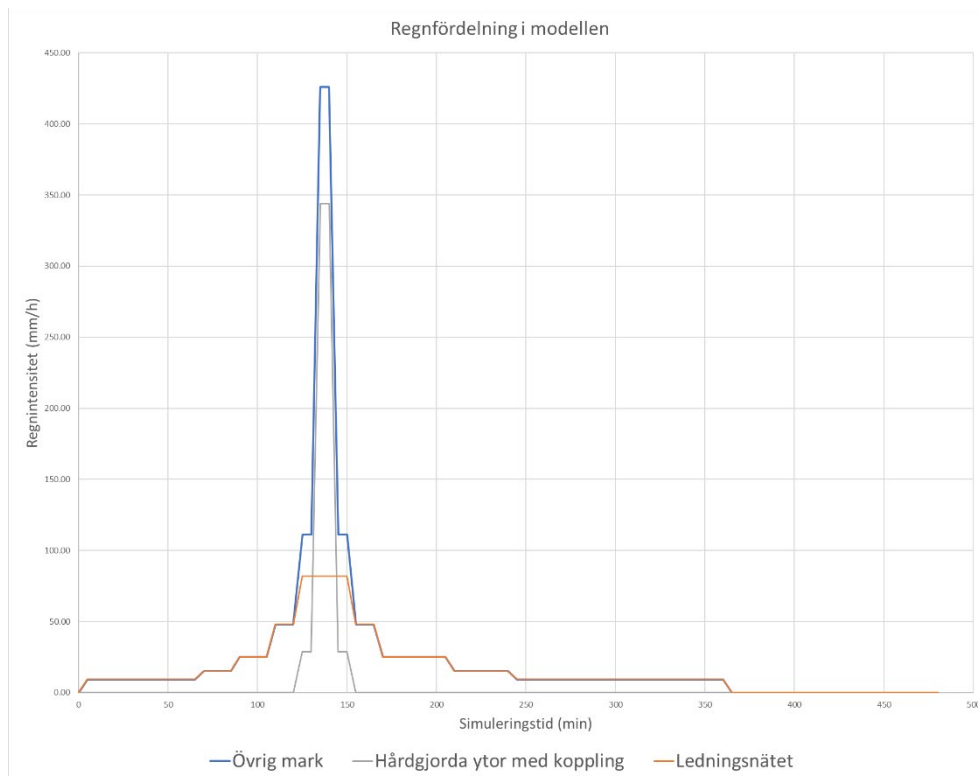


Figur 8 Den blå linjen visar utformning av regnbelastning för regnklass 3 regnet som ett CDS-regn. Den orangea linjen representerar max intensiteten för ett 10-årsregn. Volymen under max intensiteten belastar ledningsnätmodellen och volymen över belastar ytavrinningsmodellen

På liknande sätt som för 100-årsregnet har det s.k. beräknad värsta situation delats upp i två delar, en del som belastar ledningsnätet och en del som belastar de hårdgjorda ytorna där ledningsnät finns i markavrinningsmodellen. Modellen belastas därför på liknande sätt som innan med 3 regnserier, se Figur 9, i olika områden av modellen. Figur 5 visar den spatiala fördelningen, det lila området belastas med regn 1b och det gröna området med regn 2b i markavrinningsmodellen och regn 3b i ledningsnätmodellen.

- Regn 1b: Markytor som inte är kopplade till dagsvattennätet i markavrinningsmodellen belastas med hela BVS regnet som har en totalvolym på 200 mm.
- Regn 2b: Hårdgjorda ytor i markavrinningsmodellen med koppling till ledningsnätet belastas med ett BVS regn med avdrag av ett 10-årsregn och har en totalvolym på 67 mm.

- Regn 3b: belastning av ledningsnätsmodellen. Belastas med ett regn som har motsvarande max intensitet för 10-årsregn och har en totalvolym på 132 mm.



Figur 9 Regnbelastningen i modellen vid beräknad värsta situation. Regn 1b – Markytor utan koppling till dagvattennät (blå). Regn 2b – Hårdgjorda ytor med koppling till ledningsnätet, belastning i ytavrinningsmodellen (grå). Regn 3b - Hårdgjorda ytor som kopplas till ledningsnätsmodellen, belastning i ledningsnätsmodellen (orange).

3.5 Osäkerheter i skyfallsmodellen

Höjdmodellerna byggs under antaganden att dörrar till byggnader och garageportar är stängda under hela simuleringstiden. Resultat från modellen baseras på att allt vattnet stannar ute på ytan och inte tränger in i byggnader. I verkligheten skulle många av de garagedarterna och byggnaderna inom avrinningsområdet svämmas över vid ett skyfall och det skulle finnas mindre vatten på ytan.

Olika indelningar av regnbelastning på ytavrinningsmodellen och ledningsnätsmodellen kan ge olika resultat för skyfallsmodellen. För skyfallsmodellen för Upplands Väsby har det bestämts i samråd med Upplands Väsby kommun att gränsdragning bör ligga på maximal intensitet vid ett 10-årsregn (se Figur 6 och Figur 8).

4. Resultat

Resultatet från skyfallskarteringen redovisas i form av kartor med maximalt vattendjup, maximalt flöde och varaktighet för översvämningssytorna. Bilagornas numrering och innehåll presenteras i Tabell 11. Resultatet presenteras som raster underlag (rutnät) med en upplösning på 1x1 m.

Det är viktigt att poängtera att maximalt vattendjup och flöde kan inträffa vid olika tidpunkter under simuleringens tidsförlopp. Notera att resultatet för vattendjup mindre än 10 cm inte presenteras i figurerna för att vattensamlingar mindre än 10 cm inte anses orsaka någon olägenhet eller skada enligt riktvärdena under rubrik 1.5.

Maximalt flöde ger en indikation om hur avrinningsvägarna ser ut vid skyfall och hur mycket vatten som rinner längs avrinningsvägen. Vid flacka område och lågpunkter blir avrinningsvägar breddare än vid område med hög lutning och detta kan ses i flödesresultat som en övergång från höga flöde för varje pixel till lägre flöde. Resultat för maximalt vattenflöde kompletteras med flödespilar för en tidpunkt under simuleringstiden. Tidpunkten är vald när det är ett maximalt flöde för en stor del av området. Maximalt flöde kan inträffa vid olika tidpunkter inom området men inträffar ofta en kort tid efter den intensivaste delen av regnet. Underlaget för flödespilar levereras som en separat shapefil och kan används som en hjälp för att bättre förstå avrinningsvägarna.

Varaktigheten beräknas genom att summera alla tidsstegen då vattendjup är över 0,3 meter.

Resultaten levereras också som rasterfiler över hela kommunen med vattendjup, vattenflöde och varaktighet. Dessa levereras tillsammans med .lyr filer som är döpta till '*maximalt_vattendjup*', '*maximalt_vattenflöde*' och '*varaktighet*'.

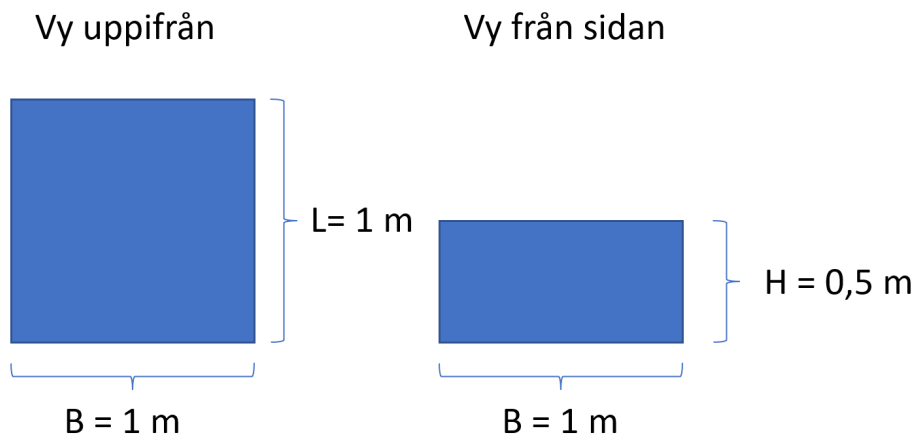
Ingen bedömning av översvämningrisker görs i denna rapport utan görs i kommande rapport arbete med risk- och konsekvensanalys, skyfallsplan och kostnadsnyttoanalys för åtgärder.

Tabell 11 Bilagor med resultat från skyfallskarteringen

Scenario	Bilaga	Modellområde	Innehåll	
100-årsregn med klimatfaktor 1,25	3	1	Maximalt vattendjup (m)	
	4	1	Maximalt vattenflöde (l/s/m)	
	5	1	Varaktighet för översvänningsytorna (h)	
	6	2	Maximalt vattendjup (m)	
	7	2	Maximalt vattenflöde (l/s/m)	
	8	2	Varaktighet för översvänningsytorna (h)	
	9	3	Maximalt vattendjup (m)	
	10	3	Maximalt vattenflöde (l/s/m)	
	11	3	Varaktighet för översvänningsytorna (h)	
	12	4	Maximalt vattendjup (m)	
	13	4	Maximalt vattenflöde (l/s/m)	
	14	4	Varaktighet för översvänningsytorna (h)	
	Beräknad värsta situation (Köpenhamnsregn)	15	1	Maximalt vattendjup (m)
		16	1	Maximalt vattenflöde (l/s/m)
17		1	Varaktighet för översvänningsytorna (h)	
18		2	Maximalt vattendjup (m)	
19		2	Maximalt vattenflöde (l/s/m)	
20		2	Varaktighet för översvänningsytorna (h)	
21		3	Maximalt vattendjup (m)	
22		3	Maximalt vattenflöde (l/s/m)	
23		3	Varaktighet för översvänningsytorna (h)	
24		4	Maximalt vattendjup (m)	
25		4	Maximalt vattenflöde (l/s/m)	
26		4	Varaktighet för översvänningsytorna (h)	

4.1 Resultat för vattenflöde

Resultatet i skyfallskarteringen är framtaget som ett raster med upplösning 1x1 meter. Det innebär att för varje cell på 1x1 meter finns ett värde för vattendjup och hastighet. Vattenflödet fås genom att multiplicera vattendjup med hastighet och hänvisas till som enheten l/s/m vilket med en enhetsomvandling motsvarar m^2/s ($1 m^2/s = 1000 l/s/m$). Flödet beskriver hur stor volym vatten som passerar över en sektion per tidsenhet och anges i enheten m^3/s ($1 l/s = 1 dm^3/s = 1000 m^3/s$), det vill säga tvärsnittsarea (1 m gånger vattendjupet) gånger hastigheten. Vattenflödet som presenteras är i enheten l/s/m för att visa hur stort flödet är i en cell med en bredd på 1 m. Figur 10 visar förhållandet mellan bredd, längd och vattendjup.



Figur 10. Cell på 1x1 meter i vy uppifrån och i vy från sidan. (B = bredd, L = längd, H = vattendjup)

4.2 Ladbrokulverten

Ladbrokulvertens vattengångar och dimensioner feltolkades från Trafikverkets ritning och de resultat som presenteras i tidigare versioner av rapporten innefattar den tolkningen.

Påverkan av detta prövades genom att göra en simulering med korrekta ledningsnivåer och dimensioner för Ladbrokulverten. Eftersom Ladbrokulverten är belägen inom modellområde 3 är det endast resultat från det modellområdet som kan påverkas. Bilaga 27 visar skillnad mellan maximala vattendjupet för de olika beskrivningarna för kulverten, före och efter korrigerat av nivåerna. Den visar att skillnaden är liten och förekommer endast i en liten del av Väsbyån precis uppströms Ladbrokulverten där skillnaden i maximalt vattendjup är mellan 0,05–0,1

meter. Eftersom skillnaden är liten för både maximalt vattendjup och vattenflödet bedöms att inga nya körningar behövs.

5. Diskussion och användningsområde för resultatet

Skyfallskarteringen är utförd över hela kommunen och även delar utanför kommungränsen för att säkerställa resultatets tillförlitlighet. Resultaten från modellen ger en bra bild av översvämningsriskerna över hela kommunen, såväl för urbana områden som obebyggda områden med åkermark och skog.

Skyfallskarteringen togs fram i syfte att ta fram en risk- och konsekvensanalys och en skyfallsplan för Upplands Väsby kommun. Resultatet från skyfallskarteringen har också andra användningsområden. Det kan användas som underlag till översiktsplanering, beredskapsplanering, vattentjänstplan samt lokaliseringsstudier för verksamheter. Fastighetsägare kan också använda resultat från skyfallskarteringen för att få en bild av hur mycket vatten kan komma att samlas vid deras fastighet vid skyfall för planering av lokala skyfallsåtgärder inom deras fastigheter.

De framtagna skyfallsmodellerna kan även användas vid framtida arbete med detaljplanering inom kommunen. Vid dessa utredningar rekommenderas att indatafilerna för skyfallsmodellen bearbetas för att spegla framtida förhållande.

6. Referenser

IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press

Länsstyrelsen (Stockholms och Västra Götalands län), 2018. Rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall.

MSB, 2013. Översvämningskartering utmed Oxundaån. Rapport nr: 2, reviderat 2013-07-02

MSB, 2017. Vägledning för skyfallskartering – Tips för genomförande och exempel på användning. Publikationsnummer MSB1121

SGI, 2008. Statens Geotekniska Institut - Jords egenskaper, Information 1.

SMHI 2017, Skyfall och rotblöta, <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/rotblota-1.17339>

SMHI, 2018. Extremregn i nuvarande och framtida klimat – Analyser av observationer och framtidsscenarier. Klimatologi nr 47

SMHI, 2019. Dimensioneringsunderlag och känslighet för klimatförändring för Oxundaån, 2019-10-07

SMHI, 2022a. Klimatinformation som stöd för samhällets klimatanpassningsarbete. Klimatologi Nr 64, 2022

SMHI, 2022b. Fakta om Mälaren, <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/de-stora-sjoarna/fakta-om-malaren-1.5089>

Svenskt Vatten 2016. Avledning av dag-, drän- och spillvatten. Publikation P110.

Sweco, 2014. Klimat- och sårbarhetsutredning för Upplands Väsby kommun. 2014-09-02

Trafikverket 2020, Trafikverkets infrastrukturregelverk TRVINFRA-00231 Avvattning, Dimensionering och utformning.

Upplands Väsby kommun, 2022. Mike Urban modell av Upplands Väsby dagvattensystem, modelldokumentation. 2022-05-24

WSP 2018, Skyfallsmodellering Stockholms stad, 2018-06-13