

Värmdö kommun

Utredning av skogsavverkningens påverkan

Stockholm 2021-12-31
Reviderad 2022-04-08

Utredning av skogsavverkningens påverkan

PM

Datum 2021-12-31
Reviderad 2022-04-08

Uppdragsnummer 1320056739
Utgåva/Status Slutversion

Stephanie The
Uppdragsledare

Kenechukwo Okali
Handläggare

Johanna Ardlund Bojvall
Granskare

Sara Karlsson
Uppdragsledare revidering

Caroline Boström
Handläggare revidering

Innehållsförteckning

1.	Inledning	1
1.1	Uppdragsbeskrivning.....	1
1.2	Underlag.....	1
2.	Litteraturstudie	2
2.1	Slutavverkning.....	2
2.2	Avrinning och flöden	2
2.3	Vattenkvalitet	5
2.4	Osäkerheter	7
2.5	Utdikning och kulvertering	7
2.6	Åtgärder	8
3.	Case: Hemmesta 10:316	8
3.1	Skogsavverkning historiskt i området.....	9
3.2	Analys	10
3.3	Slutsats	12

Utredning av skogsavverkningens påverkan PM

1. Inledning

Varje år slutavverkas cirka 200 000 hektar skog i Sverige vilket motsvarar omkring en procent av den produktiva skogsarealen, (Skogskunskap 2016). Under de senaste decennierna pekar trenderna på att skogsavverkningen har ökat globalt. I en studie, som varit föremål för Vetenskapens världs serie "Slaget om skogen", har forskarna upptäckt att skogsavverkningen inom EU ökat med 49 procent mellan 2016 och 2018 jämfört med 2011 och 2015. Enligt samma studie är Sverige det land där avverkningen varit störst och står för 27 procent av all avverkning inom Europa. De senaste 20 åren har andelen skogsmark som avverkats inom Sverige ökat med 36 procent, (Ceccherini et al. 2020). Under perioden har både arealen skogsmark ökat, antalet och andelen äldre träd ökat. Avverkningen bör sättas i relation till att virkesförrådet, det vill säga hur mycket vuxna träd det finns, i svenska skogar ökat med över 100 procent de senaste 90 åren (Skogsdata, 2020).

Slutavverkning kan ge upphov till flertal miljöeffekter så som:

- Lokalt ökad avrinning och högre flöden
- Utlakning av näringsämnen och ökad sediment- och föroreningstransport
- Påverkan på den biologiska mångfalden
- Ökade utsläpp av växthusgaser

1.1 Uppdragsbeskrivning

Ramboll Sweden AB har fått i uppdrag av Värmdö kommun att utreda de miljöeffekter som uppstår till följd av avverkning med fokus på avrinningen och föroreningstransporten.

I ett första steg ingår att ge en översiktlig kunskapsöversikt i form av litteraturstudie inom ämnet. Med bakgrund till detta är även målet med utredningen att klargöra ifall fastigheten Hemmesta 10:316 kan vara en del av orsaken till de ökade översvämningproblemen nedströms fastigheten.

1.2 Underlag

Inom ramen för utredningen har följande underlag använts:

- GIS-lager med genomförd och planerad skogsavverkning
- Historiska ortofoton
- Mailkonversation med skogsforskare

2. Litteraturstudie

2.1 Slutavverkning

Det finns i huvudsak tre typer av slutavverkning; föryngringsavverkning, fröträdsställning och skärmställning.

Föryngringsavverkning är den vanligaste formen av slutavverkning och innebär att alla träd inom samma bestånd avverkas vid ett och samma tillfälle, med undantag för naturvärdesträd, evighetsträd, trädgrupper och skyddszoner. Fröträdsställning går ut på att ett antal träd sparas (tillämpas nästan bara vid tallskog), med syfte att samtliga träd ska beså marken med frön. Oftast sparas ca 50-150 träd per hektar. I samband med skärmställning glesas skogen ut normalt i två eller fler etapper innan den slutligen avvecklas helt (Skogsstyrelsen, 2014.) I följande utredning berörs främst effekterna av formen föryngringsavverkning.

2.2 Avrinning och flöden

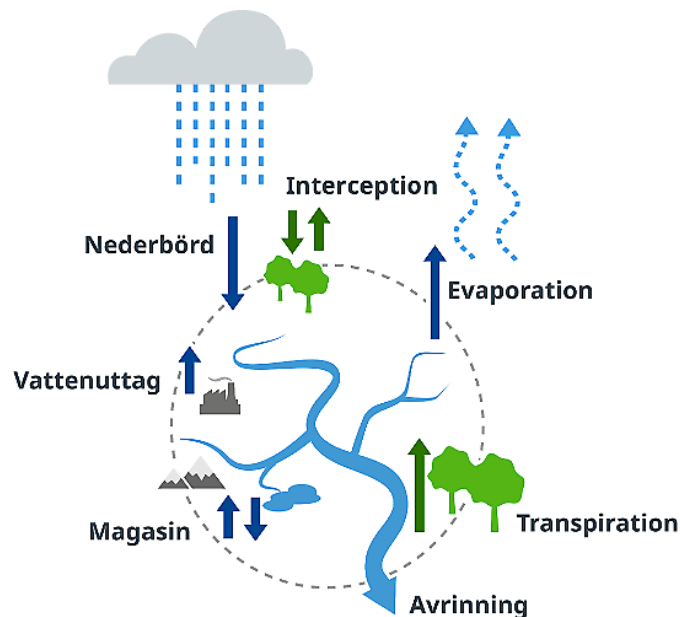
Redan under 80-talet väcktes debatten i Sverige om skogsavverkningens påverkan på avrinningen, efter en tid med förhöjda flöden som gett upphov till kraftiga översvämningar. Idag är det allmänt känt att avverkning och skogsdikning leder till en rad hydrologiska förändringar, medförande att tidsförloppen av vattenutflödet (avbördningen) från påverkade områden ändras (Bjerketorp & Johnson 1986). Framför allt skogsdikning kan påverka genom att flödet ut från ett skogsområde går snabbare än utan dikning. Skogsavverkning räknas som en av de största faktorerna som påverkar den hydrologiska vattencykeln vid förändring av markanvändning, där även dränering av våtmarker, urbanisering och jordbruk räknas in (Selling, 2015).

Vattenbalansen

Den hydrologiska vattenbalansen beskriver vattenmängdsförhållandena för ett visst område under en viss tidsperiod och kan förenklat beskrivas med vattenbalansekvationen:

$$Q = P - E \pm \Delta S$$

Där Q = Avrinningen vattenmängd
P = Nederbördsmängd
E = Avdunstning och växters transpiration
 ΔS = Magasinsförändring (i snö, sjöar, mark- och grundvatten)



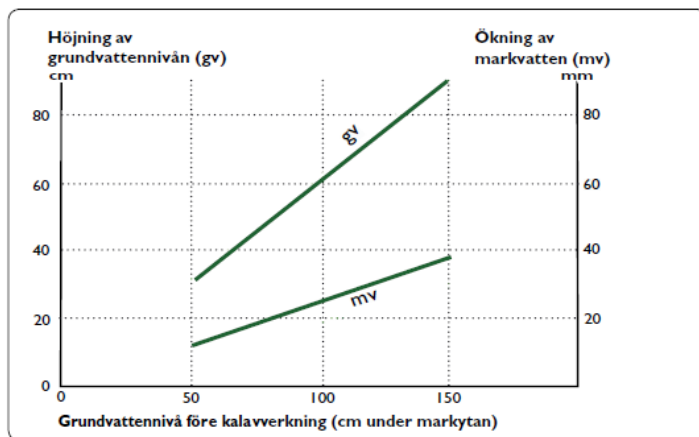
Figur 1. Förenklad schematisk bild av vattenbalansens beståndsdelar, SMHI 2021.

Störning av den hydrologiska vattencykeln

Alla tre former av slutavverkning leder till en störning i avrinningen och lokalt ändrade flödesvägar (Skogskunskap, 2016; Länsstyrelsen Västra Götaland, 2018; Skogsstyrelsen, 2015; Bishop & Eklöf, 2010; Kunskapsdirekt, 2016). När träden tas bort ökar avrinningen främst på grund av att avdunstningen och transpirationen till luften minskar (Skogskunskap, 2016), men även på grund av att områdets förmåga till magasinering ändras. Vid avskogning når en större andel av regnvattnet marken, vilket kan resultera i att vattenhalten i marken och grundvattennivån ökar (marken blir mer mättad). En del av markens förmåga till magasinering försvinner med ökad grundvattennivå, varpå en större ytvavrinning på marken kan ske efter långvariga regn. Förhöjda grundvattennivåer kan bli problematiska för de lägre delarna av en sluttande föryngringsyta, då det försvårar etableringen av trädbeståndet vilket i sin tur avstannar processen för återställning av effekterna, det vill säga föryngringen av skogen och planteringen av nya träd (Skogsstyrelsen, 2015). Infiltrationskapaciteten och magasineringsförutsättningarna inom ett avrinningsområde styrs främst av lutningsförhållandena, jordartsfördelningen och markfysikaliska egenskaper samt vegetationens typ och slutenhet (hur tätt träden står) (Bjerketorp & Johnson, 1986).

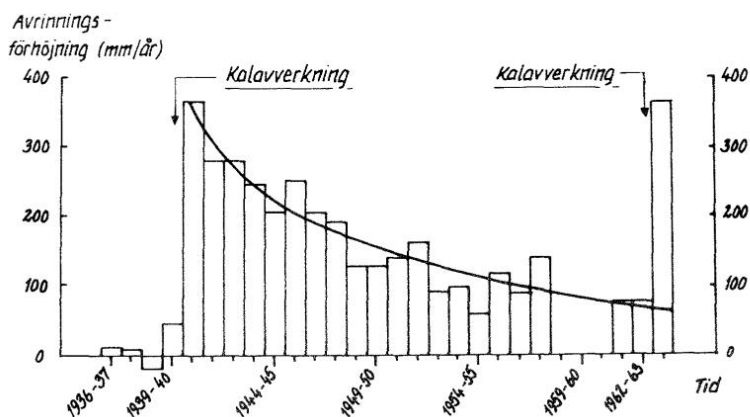
En annan faktor som påverkas är markens albedo, som beskriver markytans benägenhet att reflektera solens strålar. Markens albedo styr bland annat hur mycket snö som lägger sig på marken samt när den smälter vilket främst påverkar avrinningen i samband med vårfloden (Selling, 2015). Vilken typ av skog som avverkas har också betydelse, där störst effekter påvisas efter avverkning av granskog. Granar har en högre interceptionsförmåga, det vill säga att en större

mängd vatten fastnar i träden, än lövträd. För granar kan interceptionsförmågan vara kring 25 till 45 procent, medan den för lövträd ofta är mellan 10 och 25 procent. (Calder et al., 2003)



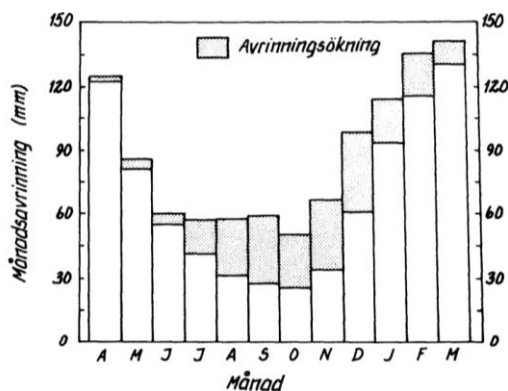
Figur 2. Förändring av grundvattennivån och vattenhalten i marken. (Skogsstyrelsen 2015)

Det finns många litteraturuppgifter om hur mycket avrinningsmängden ökar vid avverkning och spannet varierar mellan 10 procent och över 100 procent, (Bjerketorp & Johnson, 1986; Skogsstyrelsen, 2015). Avrinningsmängderna minskar dock (Bjerketorp & Johnson, 1986) i takt med att vegetationen och träd återetablerar sig (Skogsstyrelsen, 2015), se Figur 3. Grafen är hämtad från en studie där lövskog avverkades i ett område i North Carolina, USA och visar att skogen för detta område skulle ha återhämtat sig efter omkring 40 år (Bjerketorp & Johnson, 1986). I svenska förhållanden gäller att effekterna på avrinningen varar upp till cirka 10 år efter att skogen avverkats (Skogskunskap, 2016). När träden blir äldre minskar deras vattenupptagande förmåga och kan påverka med en ökning i avrinningen på uppemot 10 till 15 procent. (Hudson et al., 1997)



Figur 3. Tidsförloppet av avrinningshöjningen efter en avverkning i ett lövträdsbestånd i North Carolina, USA. Avrinningshöjningen är given som avvikelser från en fyraårig kalibreringsperiods regressions samband mellan tid och avrinning (Bjerketorp och Johnson 1986)

Avrinningsökningens variation under årets naturliga fluktuation tycks också vara stor, där en tydlig ökning påvisas främst under sensommar tidig höst och i samband med vårflood, se Figur 4.



Figur 4. Avrinningsökning under årets naturliga fluktuation månadsvis, efter att avverkning genomförts (Bjerketorp och Johnson 1986).

2.3

Vattenkvalitet

Ring et al. (2008) anger att slutavverkning utgör den fas i en skogsgeneration som ger störst påverkan på vattenkvaliteten i små skogsbäckar. Vid avverkning skapas en obalans i markvattenkemin, växternas näringsupptag minskar kraftigt, samt vattenförhållandena ändras vilket kan ge upphov till en förhöjd grundvattenyta samt ökad ytavrinning. Dessa faktorer kan ha stor påverkan på läckage av näring, kvicksilver, organiska ämnen samt hur grumligt vattnet är. Ökade näringsämneshalter (N och P), sedimenttransport och försurning i samband med ökad utlakning av nitrat, är några av effekterna på vattenkvaliteten som rubbas. En bieffekt vid avverkning, såväl som vid gallring, är körskador på marken

som om de uppstår kan medföra ökad avrinning och sedimenttransport till ytvatten (Skogskunskap 2016).

Kväveutlakning

Enligt undersökningar som utförts både i Sverige och andra länder uppträder nästan alltid förhöjd utlakning av kväve (N) oavsett kvädepositionens storlek. I Sverige motsvarar den naturliga utlakningen av kväve ca 0,5-2 kg per hektar och år, där mängden är starkt kopplad till förekomsten av nitratkväve. Den årliga utlakningen kan efter avverkning fördubblas till storleksordningen 2-4 kg N per ha och år. Beroende på lokala markförhållanden kan hög utlakning av nitratkväve resultera i antingen utlakning av baskatjoner, som har en viktig buffrande funktion mot försurning i marken, eller förhöjd transport av vätejoner, som leder till försurning av vatten. Ökningen sker främst på grund av att trädens tidigare upptag försvinner, i kombination med att transporten av löst organiskt material ökar i samband med att avrinningen ökar. Vid omfattande nitratbildning blir effekterna mer påtagliga (Skogsstyrelsen, 2015). Omfattningen av nitratläckage till grund- och ytvatten styrs av avrinningsområdets egenskaper samt hänsyn till kantzoner vid fuktiga marker och vattendrag (Hellström et al., 2021). I samband med att vegetationen på platsen växer upp och växterna klarar att ta upp det tillgängliga kvävet i oorganisk form igen, minskar utlakningen av näringsämnen. Tiden för återställning av vegetationen varierar inom landet, där det tar mellan 3-6 år inom södra Sverige och ibland över 10 år i norra Sverige, innan skogen återställs och klarar att ta upp tillgängligt kväve som tidigare (Löfgren & Westling, 2002; Skogsstyrelsen, 2015; Länsstyrelserna, 2012). Utlakningens omfattning beror sannolikt på mängden upplagrat kväve i skogsmarkens övre skikt (Löfgren & Westling, 2002).

Brunifiering av sjöar och vattendrag

Ökad utlakning av organiskt material (DOC) och järn kan skapa brunifiering av vatten, vilket studier visar sker främst vid avverkning av barrskog. Förändring av vattenfärgen kan få ekologiska konsekvenser på vattenlevande organismer samt på dricksvattenproduktionen både med avseende på vattenkvaliteten och kostnader för rening av vattnet (Hellström et al., 2021).

Utlakning av kvicksilver

I marken finns även tungmetaller som deponerats över längre tid och är mer benägna att lakas ut till vatten vid sura förhållanden, en av dem är kvicksilver. Den giftigaste formen är metylkvicksilver (MeHg). Avverkning kan leda till en ökning både i bildningen av MeHg och uttransporten av MeHg och totalkvicksilver (Hg-tot) till ytvatten. När grundvattenytan stiger skapas syrefria miljöer vilket bidrar till gynnsamma förhållanden för de bakterier som producerar MeHg. Uttransporten gynnas av att både MeHg och Hg-tot binder till DOC. Vid ökade flöden och terrängkörning transporteras större mängder DOC ut och därmed även kvicksilver (Hellström et al., 2021). Högre halter bidrar till metylering vilket leder till att syrefria miljöer skapas. Kviksilver är skadligt för levande organismer, där

ackumulering av höga halter i fiskar idag räknas som ett stort miljöproblem (Bishop & Eklöf, 2010).

2.4 Osäkerheter

Att kvantifiera förändringarna som uppstår till följd av skogsavverkningen, har visat sig vara svårt och resultaten från olika studier är ibland tvetydiga (Selling 2015). En slutsats i flertal studier är att det är svårt att särskilja om problematiken uppstår som en direkt följd av själva aktiviteten slutavverkning eller på grund av vattenkemins naturliga variation, geologiska förutsättningar eller andra säsongsbetonade parametrar (Länsstyrelserna, 2012). Hur stora effekterna efter avverkning blir beror bland annat på; andelen föryngringsavverkad skog i förhållande till avrinningsområdet, vädret efter avverkning, hur snabbt området återbeskogas (Ring, 2021), markens bördighet, klimatet och hur skyddszonerna med hänsyn till vatten hanteras inom skogsbruket (Länsstyrelserna, 2012).

Förhöjda högvattenflöden förekommer oftare i mindre vattendrag än stora, där en förklaring kan vara att andelen föryngringsavverkad skog inom avrinningsområdet är relativt liten (Skogskunskap, 2016). Ring et al. (2008) har även studerat hur andelen föryngringsytor i avrinningsområdet påverkar kväveutlakningen, som visade att åtminstone 20 procent av avrinningsområdet måste ha avverkats för att en märkbar förändring ska kunna särskiljas från den naturliga variationen.

2.5 Utdikning och kulvertering

Utdikning och kulvertering är andra typer av mänsklig aktivitet som bidrar till ökade flöden, som kan få till följd att ökade koncentrationer av kvicksilver, partiklar och löst organiskt material transporteras från marken till vatten (Bishop & Eklöf, 2010). Olika studier tycks visa på att skogsdikning kan påverka vattenföringen på olika sätt, men det de alla tycks ha gemensamt är att avrinningen ökar åtminstone något eller några år efter genomförd utdikning. En förklaring till varför vattenföringen tycks minska över tid är att diken inte underhålls samt att transporten av jordpartiklar under den första tiden efter dikningen är hög, vilka torde sedimentera längre nedströms och därmed även dämpa flödena. Störst utslag på vattenföringen, i samband med dikning syns efter häftiga regn, dvs. förändrade avrinningsförlopp och flöden (Bjerketop & Johnson, 1986). All form av markavvattning påverkar vattenkvaliteten och ökar slamtransporten, där högre utlakning av kväve och fosfor, minskade humushalter och högre pH-värden registreras i det avrinnande vattnet (Skogskunskap, 2021). Täckdikning och annan avvattning inom jordbruket kan påverka avrinningen i vattendrag eller vid utläppspunkt genom att stora områden dräneras snabbt och bildar flödestoppar. Förändringar i flödestoppar kan bli än mer markanta efter att ny täckdikning skett, eller spolning av äldre täckdiken genomförts. En markägare är dock skyldig att underhålla sina diken, och diken som mottager vatten ska vara dimensionerade för att ta emot vattnet.

2.6

Åtgärder

Studier pekar på att det finns en stor variation i hur olika skogsmarker påverkas vid skogsbruk och bör därför planeras med hänsyn till markens känslighet. Slutavverkning av stora skogsarealer bör undvikas i känsliga områden och bör alltid genomföras på ett sådant sätt den inte orsakar skada på miljön och den biologiska mångfalden samt att den inte skapar olägenheter för andra områden (Kunskapsdirekt, 2016). Den enskilda föryngringsytans storlek, närhet till vatten samt den sammanlagda föryngringsavverkade arealen i ett avrinningsområde har stor betydelse för avrinning och utlakning. Även begränsad och välplanerad terrängtransport är viktigt för att minska konsekvenserna. I anslutning till fuktiga marker och vattenförekomster ska skyddszoner bibehållas i form av antingen träd eller buskar (Skogskunskap 2017).

Länsstyrelsen i Västra Götaland har tillsammans med Skogsstyrelsen tagit fram en rapport för att hjälpa kommunerna i sitt arbete med att minska risken för översvämning på ett naturanpassat sätt. Åtgärder som föreslås är:

- anläggning av våtmarker
- fördämningar i diken
- åtgärder i svämplan
- återmeandring av diken
- uppsamling av ytavrinning

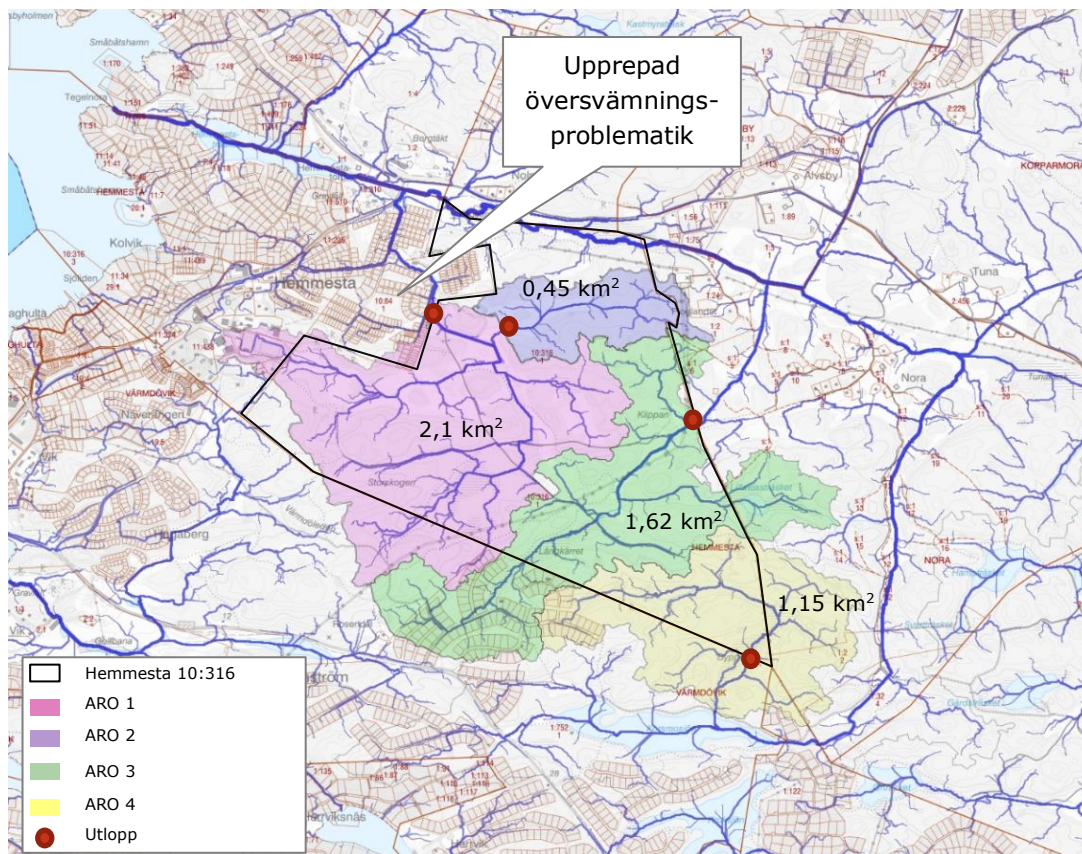
Rapporten lyfter även att det kan vara bättre att införa flera men små åtgärder för att dämpa flödestoppen från ett område än en jättestor åtgärd i slutet av avrinningsområdet (Länsstyrelsen Västra Götalands län 2018). Vare sig det rör sig om nydikning, dikesresning eller skyddsdikning ska den göras med hänsyn till vattenpåverkan. Ett dike ska aldrig avslutas direkt mot en vattenförekomst. För att minska slamtransporten bör någon form av åtgärd i form av sedimentationsbassänger, slamgropar, filter eller översilning göras (Skogskunskap 2021).

3.

Case: Hemmesta 10:316

Sedan en längre tid tillbaka har jordbruk och skogsbruk bedrivits inom fastigheten Hemmesta 10:316, där bland annat skogsavverkning, kulvertering och dikning genomförts som åtgärder för att öka produktiviteten i området. Huvuddelen av skogen i området kan vid en översiktlig flygbildstolkning beskrivas som dominerad av äldre barrskog. Bostadsområdet nedströms fastigheten har under det senaste decenniet haft upprepade kraftigare översvämningar, som skapat olägenheter för de boende i området. I Figur 5 visas de större delavrinningsområdena (ARO) inom fastigheten och dess utloppspunkter, ytliga rinnvägar samt vart översvämningarna registrerats. ARO 1 (och ARO 2 vid stora flöden) är det avrinningsområde inom fastigheten som rinner till utredningsområdet och den problematik som uppstår inom bostadsområdet bedöms således främst bero på den verksamhet som bedrivs inom just ARO 1. Delavrinningsområdena har tagits fram utifrån den ytliga

markavrinningen. Ramboll reserverar sig för att det kan finnas kulvertar som förbinder flera avrinningsområden med varandra, varpå avrinningen kan se annorlunda ut. Framför allt tros ARO 2 och ARO 1 vara sammankopplade via en kulvert.

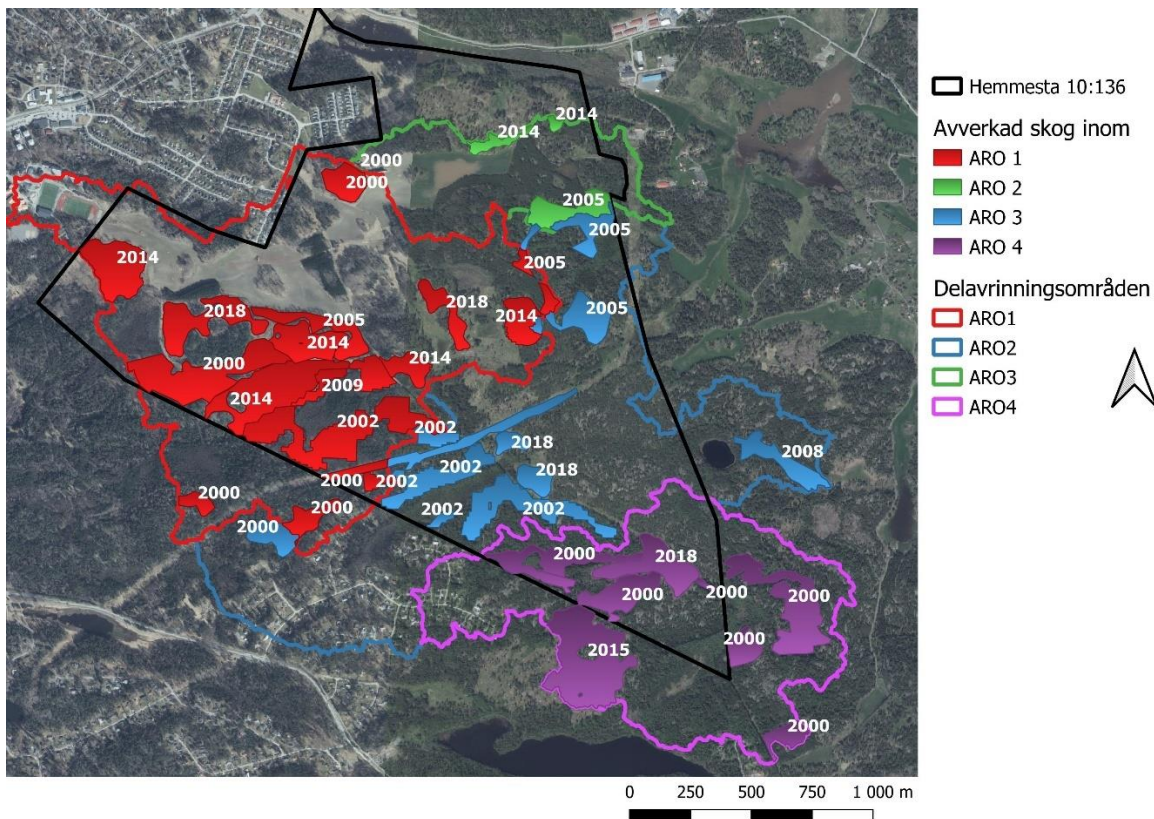


Figur 5. Större delavrinningsområden (ARO) inom fastigheten har markerats med tillhörande utloppspunkter, samt översiktliga ytliga rinnvägar. ARO 1 (och ARO 2 vid stora flöden) rinner till bostadsområdet där upprepade översvämnningar ägt rum.

3.1

Skogsavverkning historiskt i området

Under de senaste decennierna har skogen avverkats ett antal gånger. I Figur 6 visas de skogspartier som avverkats olika år inom ett visst delavrinningsområde. Skogsavverkningen har genomförts relativt regelbundet och utspritt över hela fastigheten. I Tabell 1 visas även den totalt avverkade arealen per år och avrinningsområde.



Figur 6. Avverkad skog per år och avrinningsområde inom fastigheten.

Tabell 1. Total avverkad skog per år och avrinningsområde. Då endast ARO 1 och ARO 2 bedöms påverka utredningsområdet visas ingen data för övriga ARO.

	ARO 1 (ha)	ARO 2 (ha)
2000	13	-
2002	8	-
2005	4	3
2008	-	-
2009	3	-
2014	20	1
2015	-	-
2018	6	-
Totalt	56	4

3.2

Analys

Utifrån litteraturstudien framgår det att effekterna av skogsavverkning inom Sverige inte varar längre än ca 10 år, varpå de mest intensiva 10-årsperioder av skogsavverkning studerats, se Tabell 2. Den totala skogsarealen som avverkats under varje 10-årsperiod har summerats och ställts i relation till hur stor andel av hela avrinningsområdet som avverkats.

Tabell 2. Totalt avverkad skog inom respektive avrinningsområde som rinner till utredningsområdet under de mest intensiva 10-årsperioderna, samt hur stor procent den avverkade skogen är i förhållande till avrinningsområdet.

Period	ARO 1		ARO 2	
	Avverkad area (ha)	I relation till hela ARO	Avverkad area (ha)	I relation till hela ARO
2000–2010	30	14%	3	7%
2004–2014	27	13%	4	9%
2005–2015	27	13%	4	9%
2008–2018	29	14%	1	2%

Procentuellt är den totala avverkningen för ARO 1 i förhållande till avrinningsområdet ungefär densamma cirka 13–14 procent, för alla 10-årsperioder. Det kan dock tänkas att den sista perioden (2008–2018) kan ha inneburit en större störning då merparten av skogen avverkats under samma år, se Tabell 1. För ett avrinningsområde med naturmarksavrinning av ARO 1 storlek (2,1 km²), beräknas den ungefärliga naturmarksavrinningen enligt Svenskt Vattens publikation P110, vid 10-årsregn till 4 l/s ha vilket förenklat ger ca 840 l/s vid utloppet. Efter avverkning visar studier på att avrinningen kan öka mellan 10–100 procent, vilket ger ett flöde någonstans mellan 924–1680 l/s. I P110 lyfts även att efter avverkning och avrinning från naturmark, kan vid höga flöden stora mängder löv och kvistar täppa igen dagvattenbrunnar. Dagvattensystemen är dessutom inte dimensionerade för att hantera avrinning från naturmark och vid tillfälliga höga tillflöden kan därför dagvattensystemet bli överbelastat, vilket kan resultera i översvämning.

Enligt Ring et al (2008) bör åtminstone ca 20 procent av skogen avverkas för att man ska kunna avfärda säsons- och klimatvariationer. Utifrån de resultat som erhållits går det därför inte med säkerhet att säga att avverkningen är orsaken till problematiken. För att kunna avgöra det, krävs fördjupade studier i form av modellering och helst inmätningar i området, då effekten är starkt sammankopplat till lokala förhållanden.

Detta är dock om uteslutande avverkning genomförts som skogsåtgärd. Inom fastigheten Hemmesta 10:316 bedrivs även jordbruk där utdikning och kulvertering skett i området, vilket talar för att den sammanlagda effekten kan vara en del av orsaken till problematiken som sker nedströms. Det kan därför vara lämpligt att införa åtgärder som motverkar denna försämring i form av fördröjning och rening.

3.3

Slutsats

Med utgångspunkt i att det inte under någon av tioårsperioderna varit avverkat över de 20 procent av ytan som skulle kunna ge något synligt utslag i avrinningen i området, bör avverkning inte vara en del av orsaken till flödestopparna som uppmätts. Att skogen i området avverkats kan möjligtvis vara en lokal orsak till toppar i diken eller mindre skogsvattendrag, men kommer att vara tidsbegränsat till de perioder föryngringen av avverkningsytorna sker.

Det är troligt att problematiken i utloppspunkten uppstår som ett resultat av flera samverkande faktorer. Rensning av jordbrukets täckdiken kan ha genomförts och kan medföra snabba flödestoppar nedanför utloppspunkt. Diken som mottager vatten från jordbrukets dränering ska däremot vara dimensionerade för att ta emot detta vatten, varför en eventuell översvämning nedan en sådan utloppspunkt i så fall i hög grad bör handla om att diket som tar emot vatten inte är tillräckligt underhållet, eller på annat vis påverkats till en mindre kapacitet än den nödvändiga.

En delorsak kan också vara att skogen i området blivit gammal på grund av låg nivå av avverkning. Äldre träd tar upp mindre vatten, varför ett högre utflöde bör vara aktuellt från stora områden med äldre skog. Det kan också vara en delorsak att skogsskötseln i området ändrats till en mer modern sådan med mindre andel monokulturer av barrträd och större andel lövinslag, vilket potentiellt skulle kunna bidra till att större mängder vatten når markytan i och med lövträdens lägre interceptionsförmåga.

Med utgångspunkt i ovanstående kan det inte sägas att de i området utförda avverkningarna har någon del i ökade flöden, men i stället att skogsbruket möjligen kan ha påverkat utflödet genom en ökning i skogens ålder och en ökad naturhänsyn och lövträdsinblandning.

Referenser

- Bishop, K. och Eklöf k. (2010). *Export av kvicksilver till akvatiska miljöer - Skogsbrukets påverkan*, Fakta skog, Nr 7, SLU
https://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskkn/popvet-dok/faktaskog/faktaskog10/faktaskog_07_2010.pdf
- Bjerketorp A. & Johnson L. (1986). Kalhuggningen och Skogsdikningens inflytande på vattendragens flöden – En kortfattad kunskapsöversikt, Institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala
https://pub.epsilon.slu.se/5141/1/bjerketorp_a_et_al_100922.pdf
- Calder, I. R., Reid, I., Nisbet, T. and Green, J. C. (2003). Impact of lowland forests in England on water resources – application of the HYLUC model. *Water Resources Research* 39, 1319–1328.
- Ceccherini, G., Duveiller, G., Grassi, G., Lemoine, G., Avitabile, V., Pilli, R och Cescatti A. (2020). Abrupt increase in harvested forest area over Europe after 2015, *Nature*
<https://www.nature.com/articles/s41586-020-2438-y>
- Hellsten, S., Karlsson, P. E., Karlsson, G. P., Akselson, C. (2021). Hur påverkas mark-, grund och ytvatten vid skogsavverkning, IVL Svenska Miljöinstitutet och Lunds Universitet
<https://www.ivl.se/download/18.2f05652c1775c6085c01c8/1612275525859/C570.pdf>
- Hudson, J. A., Crane, S. B. and Blackie, J. R. (1997). The Plynlimon water balance 1969–1995: the impact of forest and moorland vegetation on evaporation and streamflow in upland catchments. *Hydrology and Earth System Sciences* 1, 409–427.
- Kunskap direkt. (2016) Kunskap direkt skogsbruk och vatten utskrifter,
https://www.skogskunskap.se/contentassets/d7f8c00573ef4f71b395aa132a8298d8/kunskap_direkt_vatten_original.pdf
- Länsstyrelsen Västra Götalands län. (2018). Naturanpassade åtgärder mot översvämning - Ett verktyg för klimatanpassning. Rapport 2018:13
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.5776ebef1633fba4a9732ef/1526460469394/2018-13.pdf>
- Länsstyrelserna i Västra Götaland, Halland och Jönköpings län. (2012). Regional övervakning av avrinningen från brukad skogsmark i Västra Götalands, Hallands och Jönköpings län – Utvärdering av perioden 1996-2009 och förslag till framtida utformning.
<http://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:759682/FULLTEXT01.pdf>
- Löfgren S. & Westling O. (2002). Modell för att beräkna kväveförluster från växande skog och hyggen i Sydsverige. Rapport 2002:1, SLU, Institution för miljöanalys, Uppsala
<http://webstar.vatten.slu.se/IMA/Publikationer/internserie/2002-01.pdf>
- Ring E., Löfgren S., Sandin L., Högbom L. och Goedkoop W. (2008). *Skogsbruk och vatten – en kunskapsöversikt*. Redogörelse från Skogforsk. 3:2008, Gävle, 2008, pp. 64

https://www.skogforsk.se/cd_20190114161804/contentassets/afb9feb65a1f4e8dbd749fec1d62c886/redogorelse-3-2008-low.pdf

Selling B. (2015). Modelling Hydrological Impacts of Forest Clearcutting through Parameter Regionalization, Uppsala Universitet, UPTEC W 15043, ISSN 1401-5765
<http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:873031/FULLTEXT01.pdf>

Skogsdata (2020), Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från SLU Riksskogstaxeringen, Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU Umeå, Sveriges officiella statistik

Skogskunskap. (2017). Slutavverkning – åtgärder.
<https://www.skogskunskap.se/hansyn/vatten-och-mark/praktiska-rad-for-hansyn-till-vatten/slutavverkning---atgarder/> [2021-12-03]

Skogskunskap. (2016). Slutavverkning – problem.
<https://www.skogskunskap.se/hansyn/vatten-och-mark/praktiska-rad-for-hansyn-till-vatten/slutavverkning/> [2021-12-03]

Skogsstyrelsen (2015). Skogsbruk – mark och vatten, Skogsskötselserien, nr 13
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-13-skogsbruk-mark-och--vatten.pdf>

Skogsstyrelsen. Lundqvist. L., Lindroos, O. och Hallsby G. (2014). *Slutavverkning*. Skogsskötselserien nr 20
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-20-slutavverkning.pdf>

SMHI (2021). Vattenbalans, SMHI
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/vattnets-kretslopp/vattenbalans-1.124695> [202-12-14]

Svenskt Vatten AB (2016). Publikation P110 – Avledning av dag-, drän- och spillvatten