

Skyfallsutredning Regemente A9 Kristinehamn

Underlagsrapport Fördjupad inplacering A9
Kristinehamn

Version 3

Sweco Sverige AB
Uppdrag
Uppdragsnummer
Kund
Upprättad av
Datum
Version

RegNo 556767-9849
Fördjupad inplacering I13 Falun
30038835
Fortifikationsverket
Elin Olsson
2024-07-04
3 - Slutversion

Innehållsförteckning

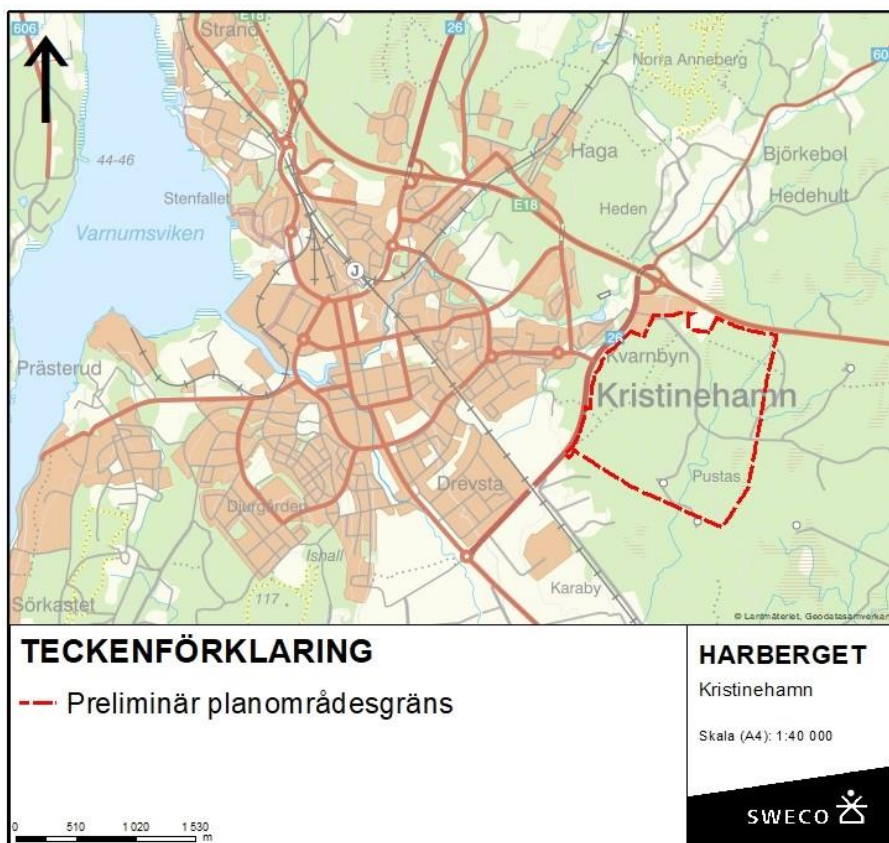
1.	Introduktion.....	4
1.1	Bakgrund och syfte	4
1.2	Ansvar och riktlinjer för skyfallshantering vid fysisk planering	4
1.3	Avgränsningar	5
2.	Metod och underlag.....	5
2.1	Skyfallsanalys.....	5
2.2	Regnbelastning	5
2.2.1	Bruttoregnets volym och varaktighet	6
2.2.2	Infiltration	6
2.2.3	Nettoregnets volym och varaktighet	7
2.3	Ökad avrinning vid skyfall	7
3.	Områdesbeskrivning.....	7
4.	Nulägesbeskrivning	10
4.1	Avrinningsområden	10
4.2	Lågpunkter och flödesvägar	11
4.3	Befintliga riskområden.....	11
4.3.1	Inom planområdet	11
4.3.2	Nedströms planområdet	12
5.	Framtida exploatering och påverkan	14
5.1	Planerad utbyggnad	14
5.2	Avrinning och flödesvägar	16
5.3	Risker	18
6.	Föreslagen princip för skyfallshantering.....	23
6.1	Påverkan på nedströms områden med föreslagen skyfallshantering	25
6.2	Exempel på skyfallsytor	25
6.3	Rekommendationer till höjdsättning	28
7.	Slutsatser.....	29
	Referenser	30

1. Introduktion

1.1 Bakgrund och syfte

Försvarmakten är under tillväxt. Enligt regeringsbeslut 17 december 2020 ska Försvarmakten inrätta ett antal nya regementen, vilka Fortifikationsverket har till uppgift att planera för och anlägga. Ett av de nya regementena är Bergslagens artilleriregemente A9 i Kristinehamn. Den beslutade placeringen av regementet är på Harberget i sydöstra Kristinehamn, se Figur 1. Fortifikationsverket har med stöd av Sweco 2022–2024 genomfört en fördjupad inplaceringsstudie, vilket utgör grund för en ny detaljplan.

Denna utredning avseende skyfall utgör ett av underlagen till detaljplanen. Syftet med föreliggande utredning är att analysera översvämningsrisker kopplat till skyfall inom och i anslutning till området, samt att i ett tidigt skede i planeringen ge rekommendationer till hur skyfall kan hanteras inom området.



Figur 1. Lokalisering av planområdet, A9 Regemente, öster om Kristinehamn tätort (bakgrundskarta: Lantmäteriet, geodatasamverkan).

1.2 Ansvar och riktlinjer för skyfallshantering vid fysisk planering

För ny bebyggelse regleras ansvaret kopplat till översvämning huvudsakligen i plan - och bygglagen (PBL). Där framgår det att ny bebyggelse i detaljplan ska lokaliseras till lämplig mark utifrån risken för översvämning (PBL 2 kap 5§).

Kommunen har utredningsskyldighet för att kartlägga om marken är lämplig. Länsstyrelsen har ett tillsynsansvar för kommunens planläggning, och kan upphäva beslut om en plan om den bedöms olämplig med hänvisning till risken för olyckor, översvämning och erosion (PBL 11 kap 10,11 §§)

Boverket har tagit fram en tillsynsvägledning för översvänningsrisker riktad till Länsstyrelserna (Boverket, 2022). I denna anges att ny sammanhållen bebyggelse bör lokalisera till områden som inte hotas av översvämning. Som grundregel bör byggnader säkras för ett klimatkompenserat regn med återkomsttid på minst 100 år. Utöver risken för skador på bebyggelse behöver även framkomligheten och tillgängligheten beaktas, byggnader behöver kunna utrymmas och räddningstjänst måste kunna ta sig till byggnaderna, varför vägar inom såväl som utanför området behöver beaktas. Det behöver även säkerställas att exploateringen inte förvärrar översvänningsrisken för omkringliggande områden.

1.3 Avgränsningar

Utredningen innefattar beräkningar och analyser för ett klimatkompenserat skyfall (100-årsregn). Utredningen berör inte dagvattenhantering då en separat dagvattenutredning för området kommer att tas fram.

2. Metod och underlag

2.1 Skyfallsanalys

Analysen är genomförd med verktyget SCALGO Live. SCALGO Live används för att analysera höjddata ur ett ytvattenperspektiv. I analysen används både terrängdata och vattenvolymer för att identifiera vilka områden som översvämmas vid en given vattenvolym. Analysen är kopplat till mängden vatten som genereras vid olika regnhändelser, och kan därför användas för att identifiera riskutsatta områden vid givna händelser. Metoden är dock statisk, vilket innebär att den inte kan användas för att analysera de dynamiska aspekterna av en översvämning, så som flöden, vattenhastigheter, effekter av dämning eller brädflöden samt översvänningsvaraktighet. För övergripande syftet, så som att förstå ytavrinning i ett område eller att i tidiga skeden identifiera områden med översvänningsrisk är SCALGO Live en bra och effektiv metod.

2.2 Regnbelastning

SCALGO Live beräknar hur vatten ställer sig i terrängen då vatten avrinner på ytan. För att en kartering i SCALGO Live ska ge en bra beskrivning av vilka områden som kan översvämmas vid ett skyfall behöver modellen belastas med ett *nettoregn*. Nettoregnet är den vattenvolym som finns kvar när ett avdrag har gjorts för markens infiltrerande förmåga och ledningsnätets avledande kapacitet:

$$\text{Nettoregn} = \text{Bruttoregn} - \text{Ledningsnät} - \text{Infiltration}$$

Alla delar av modellen belastas med samma regnvolum, vilket innebär att ett generellt avdrag måste göras för hela området.

2.2.1 Bruttoregnetts volym och varaktighet

Utredningen utgår från ett regn med en statistisk återkomsttid på 100 år i enlighet med Boverkets rekommendationer. Blockregnsvolymerna för ett 100-årsregn med olika varaktigheter har beräknats med Dahlströms formel (Dahlström, 2010). För att ta hänsyn till klimatförändringarnas effekt på nederbörden i framtiden tillämpas en klimatkfaktor, vilket är ett mått på hur mycket kraftigare skyfallen förväntas bli i ett förändrat klimat. I rapporten *”Extremregn i nuvarande och framtida klimat – Analyser av observationer och framtidsscenarioer”* (SMHI, 2017) redovisas en beräkning av framtida förändringar av extrem korttidsnederbörd i klimatscenarier. Resultaten visar att ett högre utsläppsscenario går mot cirka 40% ökning av extrem nederbörd. En klimatkfaktor på 1,4 används därför i beräkningar i denna rapport. Beräknade regnintensiteter och -volymerna visas i Tabell 1.

Regnhändelser med en lång varaktighet har en lägre regnintensitet, men större totalvolym än regnhändelser med en kort varaktighet. Då SCALGO Live nyttjar volym och inte intensitet i beräkningar kommer antagande som resulterar i en längre varaktighet ge mer konservativa resultat. Sett till syftet med skyfallsutredningen, att analysera risker kopplat till skyfall för området, bör antagande som leder till konservativa resultat göras. Om en allt för lång varaktighet väljs däremot kommer resultaten att bli missvisande.

Tabell 1. Bruttoregnsvolymerna för ett 100-årsregn med och utan klimatkfaktor 1,4, enligt Dahlström (2010).

Varaktighet	Intensitet	Total regnvolym	Total regnvolym med klimatkfaktor
30 min	90 mm/h	45 mm	62 mm
60 min	55 mm/h	55 mm	76 mm
120 min	33 mm/h	66 mm	91 mm

2.2.2 Infiltration

Hur mycket vatten som avrinner på markytan vid ett skyfall beror på markens infiltrationsförmåga och ledningsnätets kapacitet. Området utgörs idag av naturmark, vilket innebär att en viss del av skyfallet kommer att tas upp var växtligheten och infiltrera.

Infiltrationskapaciteten i marken styrs av den underliggande jordartens effektiva kornstorlek och permeabilitet, men även initial mätnad och temperatur vid regnhändelsen. Marken inom området består till stor del av sandig morän, men även torv, berg i dagen, sand och lera förekommer. Infiltrationskapaciteten i dessa jordarter kan variera stort, i beräkning av ett nettoregn att belasta SCALGO Live med har en infiltrationskapacitet på 18 mm/h använts, vilket motsvarar sandig morän och inslag av lera, silt och torv (Larsson, 2008).

Inom området finns idag inget dagvattenledningsnät. En separat dagvattenutredning för planområdet har tagits fram av Sweco (2024). Inget avdrag har gjorts för framtida ledningsnät-

2.2.3 Nettoregnets volym och varaktighet

I Tabell 2 presenteras nettoregnsvolymerna med olika varaktigheter och avdrag för infiltration. Av tabellen framgår att ett bruttoregn med 60 minuters varaktighet ger upphov till den största nettoregnsvolymen.

Tabell 2. Nettoregnsvolymerna i mm (med och utan klimatfaktor (kf)) med olika varaktigheter. En regnhändelse med 60 min varaktighet ger störst nettoregnsvolym (fetmarkerad i tabellen).

	Varaktighet					
	30 min		60 min		120 min	
	<i>kf = 1,0</i>	<i>kf = 1,4</i>	<i>kf = 1,0</i>	<i>kf = 1,4</i>	<i>kf = 1,0</i>	<i>kf = 1,4</i>
Volym bruttoregn	44 mm	62 mm	55 mm	76 mm	66 mm	91 mm
Infiltration	9 mm	9 mm	18 mm	18 mm	36 mm	36 mm
Volym nettoregn	35 mm	53 mm	37 mm	58 mm	30 mm	55 mm

2.3 Ökad avrinning vid skyfall

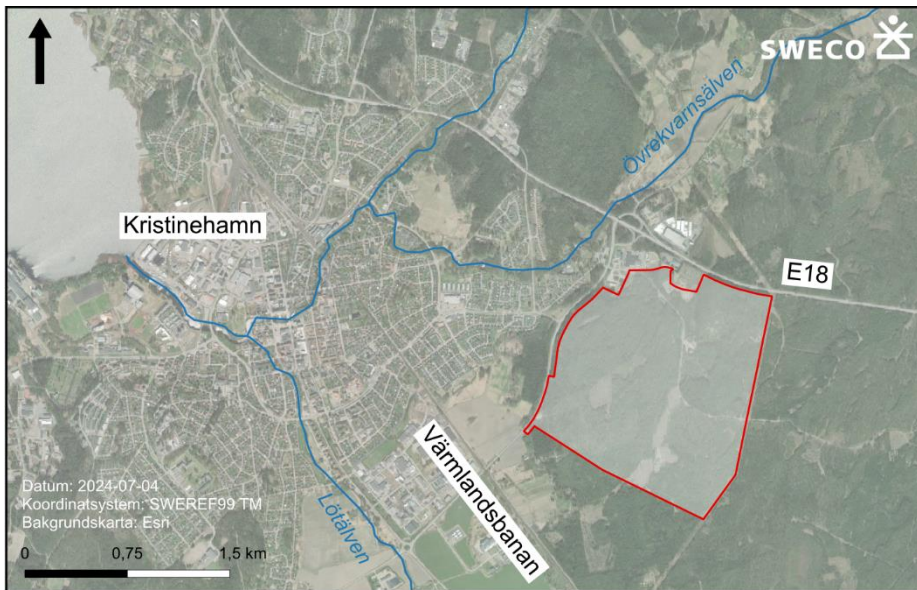
Utbyggnaden av regementet kommer medföra att en del av området hårdgörs, vilket i sin tur innebär att den ytliga avrinningen vid skyfall ökar jämfört med dagsläget. I tillägg kommer mer vatten att avrinna om befintliga lågpunkter inom området byggs bort. Hur stor den totala ökningen blir beror på den slutgiltiga hårdgöringsgraden samt till vilken grad befintliga lågpunkter inom området behålls.

Ökad avrinning till följd av att ytor hårdgörs beräknas i denna rapport genom att estimeras hur arean av infiltrerbara ytor minskar med exploateringen. Beräkningen utgår från ett bruttoregn med statistisk återkomsttid 100 år och varaktighet 60 min, motsvarande 55 mm nederbörd, en klimatfaktor på 1,4 och en infiltrationskapacitet på 18 mm/h. Se vidare under avsnitt 5.3.

3. Områdesbeskrivning

Området där det nya regementet A9 planeras ligger öster om Kristinehamn, se Figur 2. Området som omfattas av den preliminära plangränsen är cirka 211 hektar stort, varav cirka 80 hektar innefattar det planerade regementet (område innanför perimeterskydd samt utomliggande parkeringar).

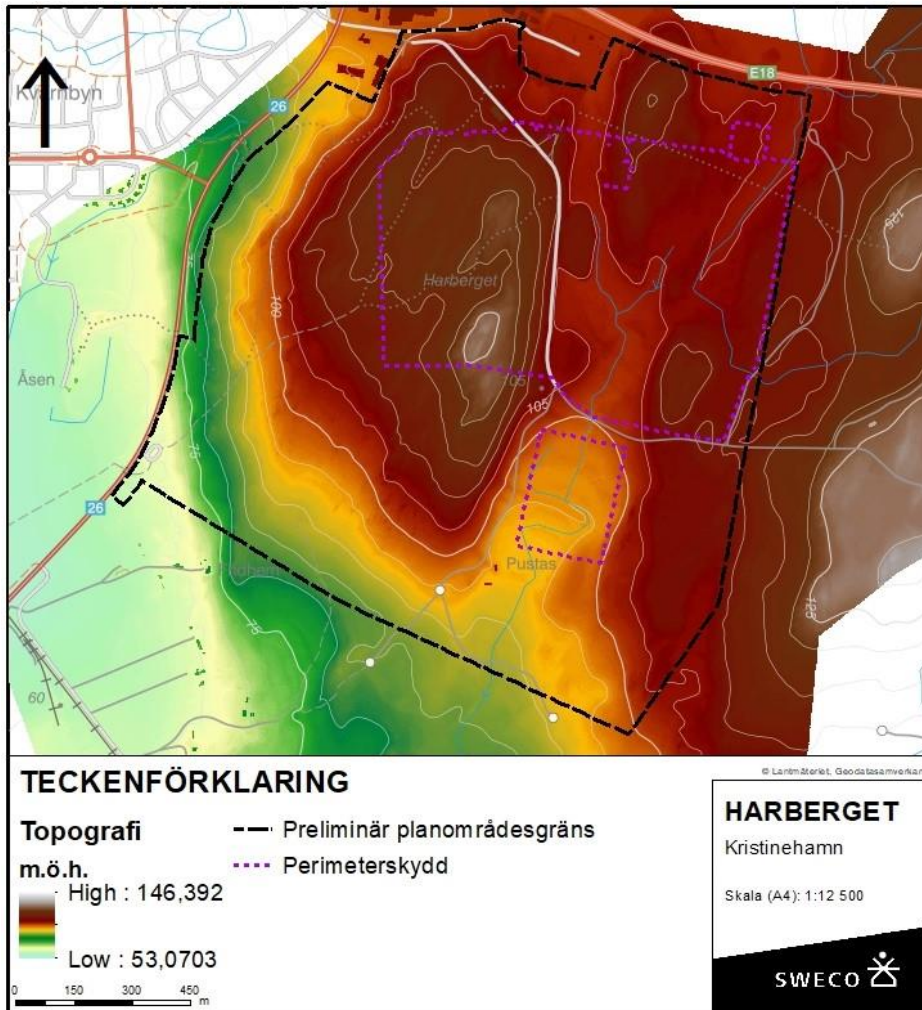
Befintligt område är idag ett kuperat, upphöjt skogsområde med vandringsstråk. Området avgränsas i norr av E18 samt ett mindre detaljhandelsområde. Väster om utredningsområdet ligger väg 26. Söder om utredningsområdet utbreder sig vandringsområdet Harberget som sträcker sig ner mot Värmlandsbanan, järnvägssträckan mellan Laxå och den norska gränsen vid Charlottenberg. Även denna mark utgörs av ett kuperat skogslandskap, liksom marken öster om utredningsområdet. Strax nordväst om planområdet rinner Övrekvarnsälven ner mot Kristinehamn, och söder om planområdet löper Lötälven från öst in mot Kristinehamn.



Figur 2. Föreslaget område för nytt regemente är markerat med röd ring. Området ligger strax öster om Kristinehamn.

Marken inom planområdet utgörs till stor del av sandig morän, med inslag av berg i dagen, postglacial finsand, torv och svallsediment (SGU, u.å.).

Utredningsområdet består idag av kuperad skog och är placerat högt i landskapet, se Figur 3. Höjderna inom den preliminära planområdesgränsen varierar mellan cirka +75 och +125 meter över havet enligt Lantmäteriets nationella höjdmödel (1x1m, RH2000).



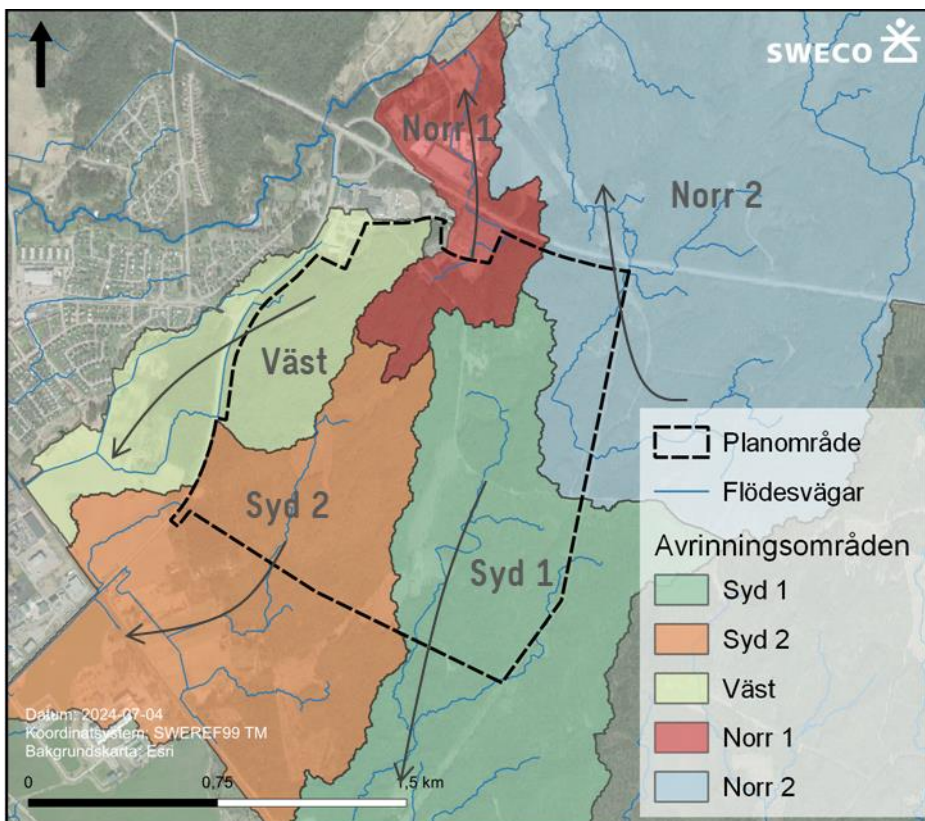
Figur 3. Höjdkarta med konturlinjer (5 m) (höjddata: Lantmäteriet, geodatasamverkan via SCALGO Live).

4. Nulägesbeskrivning

I detta avsnitt beskrivs den befintliga avrinningsituationen i området samt befintliga riskområden inom och i anslutning till området.

4.1 Avrinningsområden

Området ligger på en höjd och avrinner åt olika riktningar. Generellt sker avrinningen åt norr, väst och söder via olika avrinningsområden. Se Figur 4 för avrinningsområden och avrinningsriktning.



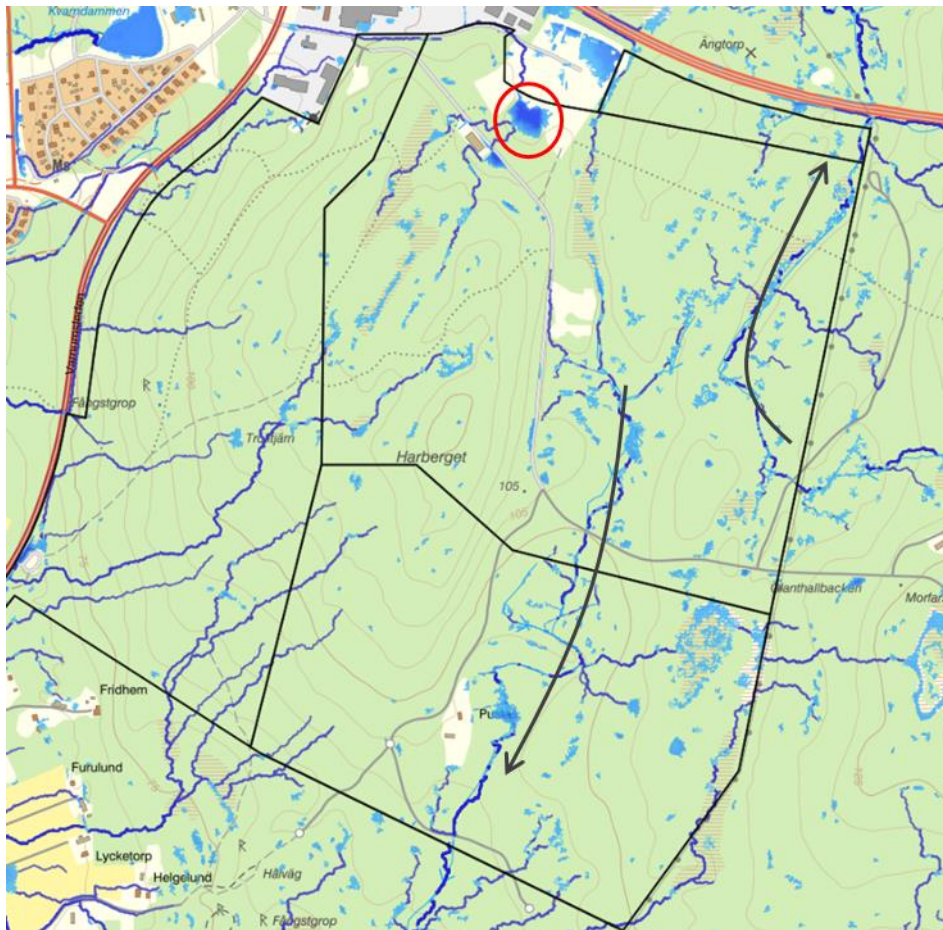
Figur 4: Avrinningsområden (hämtade från SCALGO Live) och ungefärlig placering av regementet (markerad med svart). Avrinningsriktning visas med svarta pilar. Område Norr 1 och Norr 2 avrinner mot norr/väster till Övrekvarksälven, medan område Syd 1, Syd 2 och Väst avrinner söderut mot Lötälven.

Avrinningsområde Norr 1 avrinner norrut under E18 i en trumma och passera en verksamhet innan det når Övrekvarksälven. Även område Norr 2 avrinner norrut via ett mindre vattendrag som passerar E18 innan avrinningen når Övrekvarksälven. Avrinningsområde Syd 1, Syd 2 och Väst avrinner alla söderut mot Lötälven. Innan vattnet når Lötälven passerar avrinningen under Värmlandsbanan via olika trummor. Avrinning från Väst sker genom handelsområdet Drevsta innan det når Lötälven.

Utredningsområdet ligger längst uppströms i avrinningsområdena och tar i princip inte emot avrinning från uppströms områden, med undantag för avrinningsområde Norr 2. I detta område rinner ett mindre vattendrag förbi de östra delarna av det planerade motorområdet.

4.2 Lågpunkter och flödesvägar

Inom utredningsområdet finns en större lågpunkt. Eftersom planområdet är beläget uppströms i avrinningsområdena saknas större flödesvägar från uppströms områden. Några huvudstråk för avrinningen kan dock ses i analysen, se Figur 5 för lågpunkt och huvudavrinningsstråk.



Figur 5. Planområdet för regementen och lågpunkter och rinnvägar. Svarta pilar markerar huvudstråk i avrinningsmönstret. Röd markeringar visar större lågpunkter. Källa: SCALGO Live.

Lågpunkten ligger i den norra delen av planområdet (markerad med röd cirkel i figuren). Lågpunkten rymmer ca 2 500 m³. Maximalt vattendjup överstiger 1 m.

De större rinnvägarna genom området går söderut, precis öster om själva Harberget och norrut (se svarta pilar).

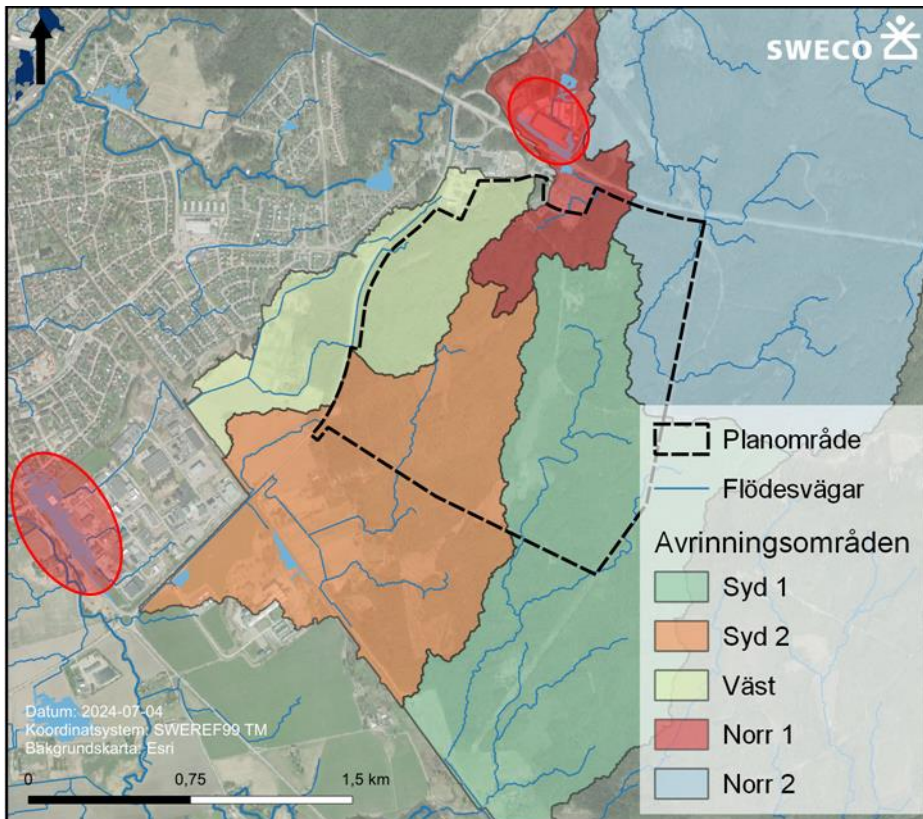
4.3 Befintliga riskområden

4.3.1 Inom planområdet

Då få stora lågpunkter eller rinnvägar finns inom området, och området är beläget på en höjd finns få riskområden vid skyfall i dagsläget. Det kan dock i nuläget föreligga översvämningrisk intill de huvudavrinningsstråk som går från eller via området.

4.3.2 Nedströms planområdet

Nedströms utredningsområdet finns två områden där risk för översvämningar i anslutning till bebyggelse i dagsläget. Se Figur 6.



Figur 6. Nedströms riskområden i förhållande till utredningsområdet. Riskområdena är markerade med röda fält.

Nedströms i **avrinningsområde Norr 1** ställer sig vatten i en lågpunkt på fastigheten norr om E18 innan det rinner vidare norrut via diken till Övrekvarnsälven (markering 1 i Figur 7). På fastigheten finns en större industribyggnad. De största vattendjupen (>50 cm) uppstår mellan E18 och byggnaden.



Figur 7. Översvämningsutbredning nedströms i avrinningsområde 1. Källa: SCALGO Live

Nedströms **avrinningsområde Väst** sker avrinningen via naturmark/diken den första sträckan ner till järnvägen. Vid järnvägen tas vattnet in i dagvattenssystemet och leds i ledning. Vid ett 100-årsregn kommer sannolikt dagvattenssystemet att vara överbelastat och vattnet avrinner då ytligt till en större lågpunkt i sydvästra delen av handelsområdet Drevsta (markerad med rött i Figur 8). Vattendjupet i lågpunkten kan uppgå till ca 50 cm. Störst vattendjup fås i de västra delarna av lågpunkten och vägen och byggnader översvämmas.

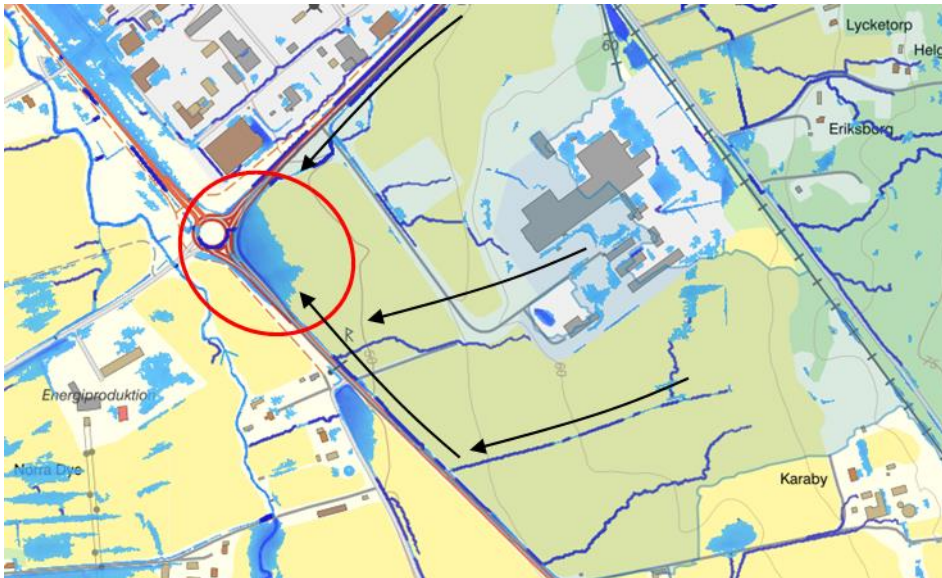


Figur 8. Riskområde nedströms utredningsområdet i avrinningsområde 4. Vattnet avrinner till en större lågpunkt i området Drevsta. Källa: SCALGO Live

Avrinningsområde Syd 1 och 2 avrinner söderut, först genom skogsmark och sedan över åkermark till Lötälven. Områden kring Lötälven är redan idag drabbade av översvämningsproblematik enligt Kristinehamns kommun.

Översvämning från Lötälven ligger utanför denna utrednings ramar, men vid utformning av skyfallsåtgärder för regementet behöver fokus ligga på uppströms åtgärder, för att inte förvärra situationen nedströms i Lötälven vid skyfall.

I nedre delen av **avrinningsområde Syd 2** sker avrinningen över åkermark innan den fångas upp av väg 26 och rinner längs vägen till cirkulationsplatsen, se Figur 9. Vid cirkulationsplatsen samlas vattnet i en lågpunkt precis nordöst om rondellen, innan vattnet rinner över cirkulationsplatsen och vidare till Lötälven.



Figur 9. Riskområde nedströms utredningsområdet i avrinningsområde 5. Vattnet avrinner till en lågpunkt vid cirkulationsplatsen vid väg 26. Källa: SCALGO Live

5. Framtida exploatering och påverkan

Föreliggande kapitel beskriver den planerade exploateringen och utvärdering av risker kopplat till extrem nederbörd. I kapitel 6 ges därefter ett förslag på principlösning för skyfallshantering för att hantera identifierade risker.

5.1 Planerad utbyggnad

Föreliggande utredning utgår från inplaceringsförslag av Sweco, maj 2024 (Figur 10).

Utbyggnaden av regementet kan delas in i ett motorområde, ett kasernområde och en körplan. Vid exploateringen av området kommer en stor del av marken få en förändrad användning och höjdsättning. Förändringen i markanvändning innebär att en stor del skogs- och naturmark övergår till hårdgjord yta med byggnader, vilket i sin tur påverkar mängden ytlig avrinning vid ett skyfall.

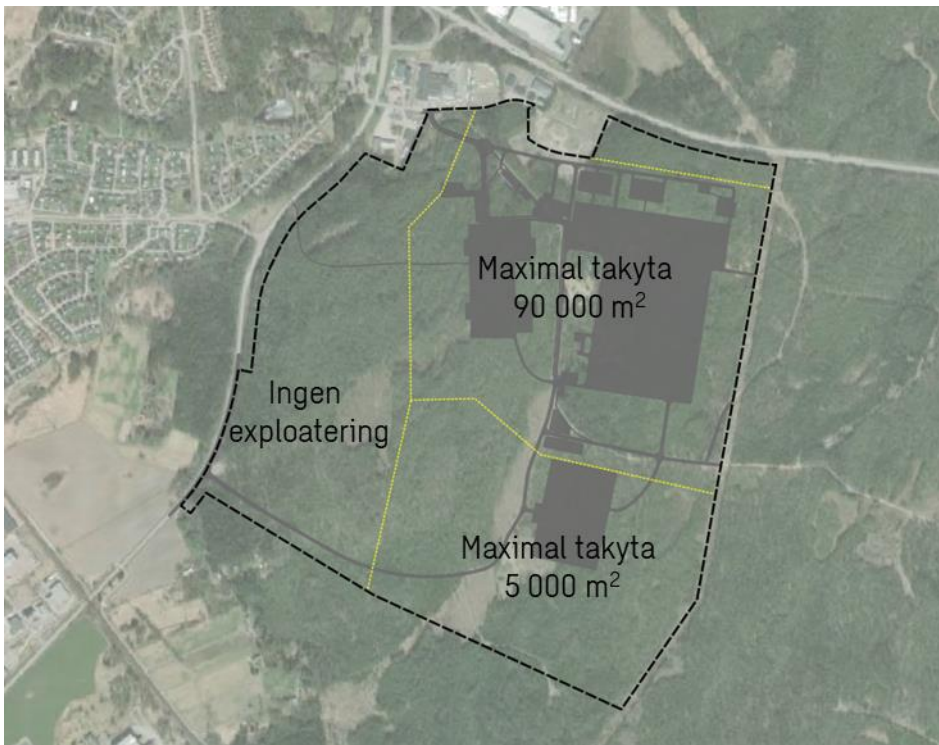
I samband med exploateringen kommer även de befintliga höjderna förändras inom etableringsområdet, vilket förändrar de befintliga avrinningsområdena. En övergripande höjdsättning har tagits fram av Sweco (2024b), som är framtagen i samverkan mellan dagvatten, skyfall och höjdsättning/massbalans.



Figur 10. Förslag på utformning av regementet (daterat 2024-06-20). Ett kasernområde planeras i de västra delarna och motorområde i de östra delarna.

Planområdet i sin helhet omfattar cirka 211 hektar mark, varav exploatering tillåts inom en avgränsning på cirka 150 hektar. För motorområdet och kasernområdet tillåts en maximal takyta på 9 hektar, och för området med körplan tillåts 0,5 hektar takyta. Totala ytan som får en förändrad markanvändning enligt inplaceringen uppgår till ca 38 ha, resterande utgörs av naturmark eller grönytor.

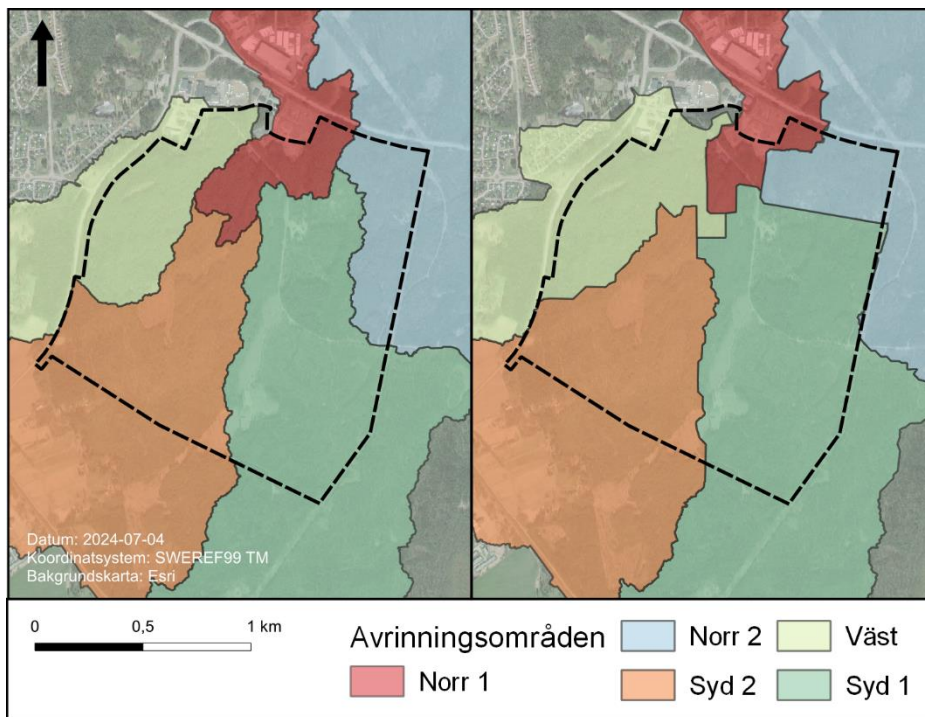
För planområdesgräns, användningsområdesgränser samt planerad yta för exploatering se Figur 11.



Figur 11. Inplaceringsförslag (maj 2024) i grått samt plangräns och användningsområdesgränser. Tillåten takyta ryms inom de grå områdena.

5.2 Avrinning och flödesvägar

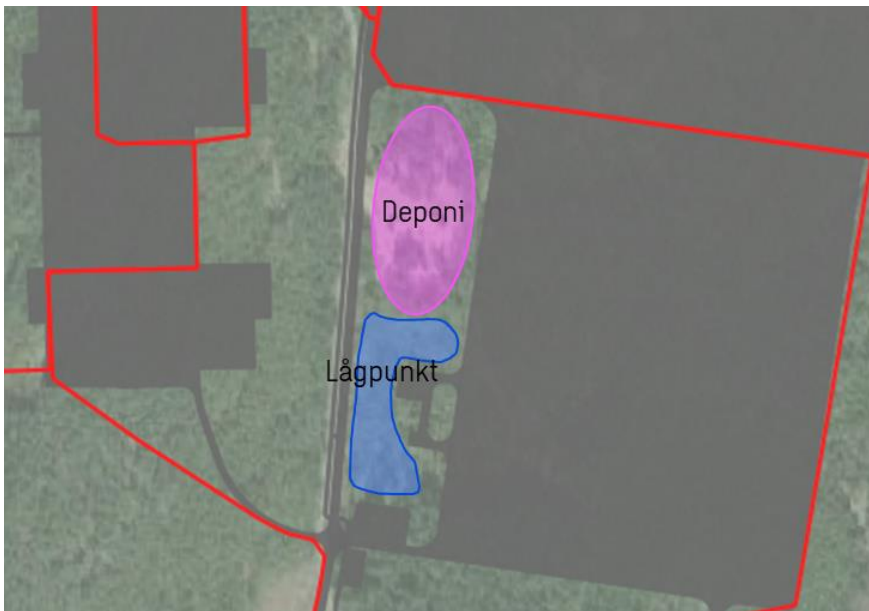
Planerad exploatering innebär en förändring av befintliga höjder av området. Höjdsättningen anpassad för att i största möjliga mån möjliggöra ett avrinningsmönster som liknar dagens situation. Baserat på framtagna höjdsättning och inplaceringen kan exploateringsområdet delas upp i 4 olika delområden som avrinner åt olika riktningar. Avrinningsområdena före och efter visas i Figur 12.



Figur 12. Jämförelse av befintliga avrinningsområdesgränser (till vänster) och nya avrinningsområdesgränser till följd av ny höjdsättning av området (till höger). Ortofoto: Lantmäteriet, geodatasamverkan.

Analysen av den översiktliga höjdsättningen visar att inga instängda områden skapas där byggnader eller kritiska vägar riskerar att översvämmas vid kraftig nederbörd. Höjdsättningen möjliggör att vägar kan fungera som stråk där avrinning kan ske vid skyfall.

I anslutning till den befintliga deponin skapas en lågpunkt, direkt söder om deponin och vägen/motorområdet Figur 13. Avrinning från delar av motorområdet och kasernområdet sker till lågpunkten, men då byggnader och vägar ligger högre än lågpunktens tröskelnivå bedöms lågpunkten inte medföra någon översvämningsrisk. Även i området mellan motorområdet och körplanen skapas indirekt en lågpunkt, dit delar av motorområdet avrinner.



Figur 13. Ungefärlig placering av deponin och lågpunkten inom avrinningsområde 2.

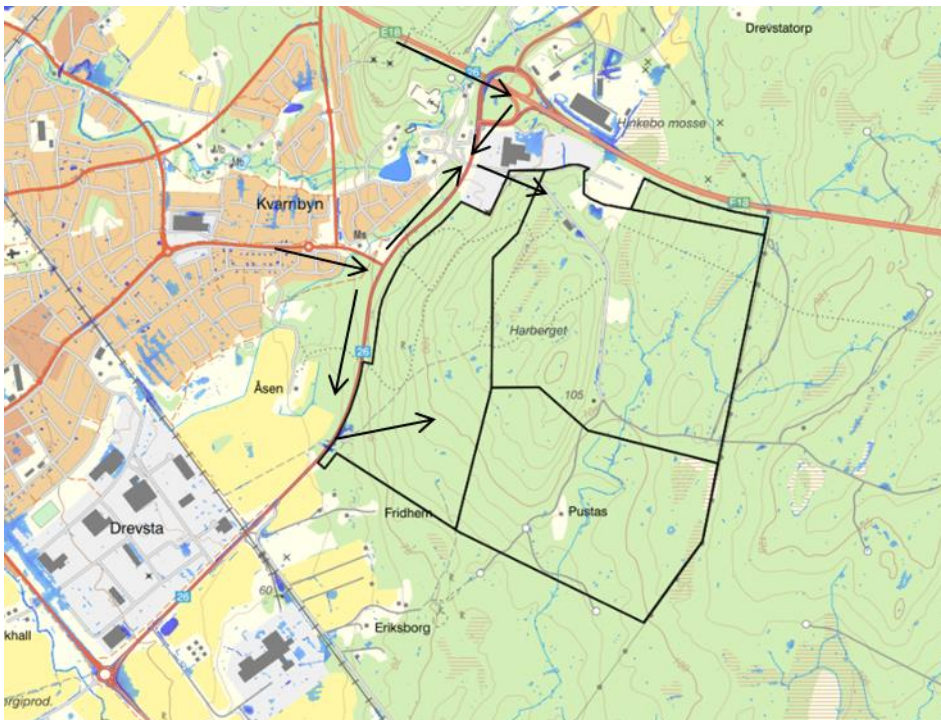
5.3 Risker

Risk för skador på ny bebyggelse

Efter planerad exploatering med framtagen höjdsättning påverkas inga byggnader inom exploateringsområdet av översvämningar vid skyfall enligt analysen. Dock är höjdsättningen översiktlig och framtagen i ett tidigt skede av arbetet med etableringen. I kommande arbete och detaljprojektering är det viktigt att säkerställa att principerna för avrinning inom etableringsområdet behålls. Byggnader bör anläggas med fall från fasad för att undvika att vatten blir stående mot byggnaden och vid utformning av gator bör plats för vägdiken säkerställas, för att hantera avrinningen. Finns det inte plats kan gator utformas för att fungera som skyfallsleder.

Tillgänglighet och framkomlighet

Planområdet kan nås via två infarter från väg 26 på sträckan mellan cirkulationsplatsen Varumsleden/väg 26. Vid cirkulationsplatsen ställer sig vatten i en lågpunkt. Analysen visar att själva vägbanan inte översvämmas i någon större utsträckning, utan vattnet bräddar vidare förbi cirkulationsplatsen. Dock kan flödeshastigheter och utbredning på flödesvägar inte analyseras i SCALGO Live, då analysmetoden saknar en dynamisk aspekt. Dock är inte passage av cirkulationsplatsen kritiskt för att nå planområdet, då angöring kan ske från andra riktningar, se Figur 14.



Figur 14. Möjliga tillfartsvägar till planområdet om cirkulationsplatsen i söder skulle vara blockerad.

De nya vägarna som anläggs från väg 26 till regementet bedöms inte påverkas av översvämning, förutsatt att avrinningen från naturmark kan passera vägdikroppen och att vägarna utformas med vägdiken.

Påverkan på nedströms områden

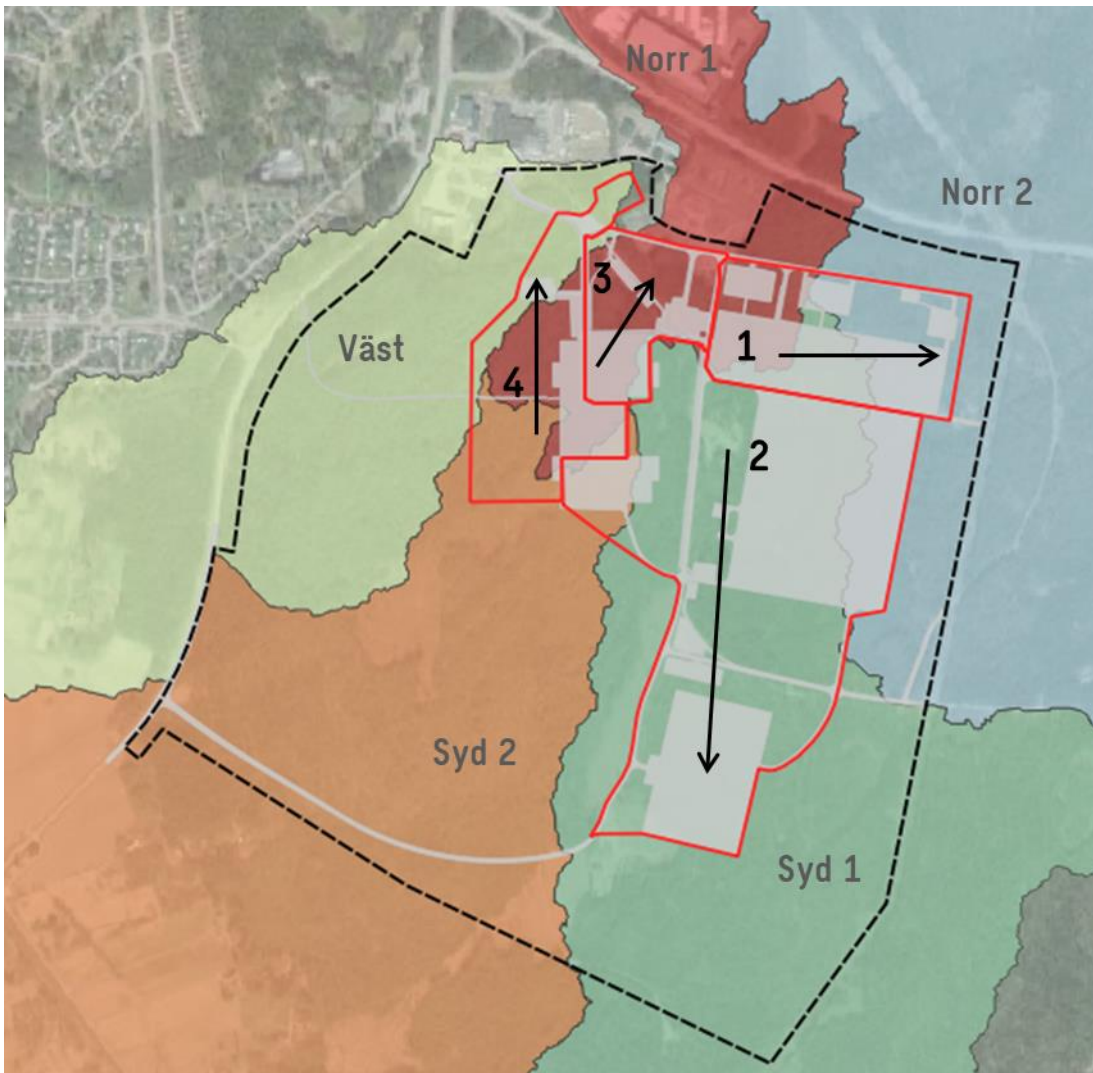
Utbyggnaden av regementet kommer innebära att en större del av området hårdgörs, vilket i sin tur innebär att en större mängd vatten avrinner vid skyfall jämfört med dagsläget. Det finns således en risk att exploateringen försämrar skyfallssituationen för nedströms områden. För att säkerställa att en försämring inte sker för nedström områden är det rekommenderat att skyfallsytor i form av lågpunkter skapas inom området.

Ökad hårdgöringsgrad

En större andel hårdgjorda ytor innebär att mer vatten avrinner på markytan vid regnhändelser. För att avgöra hur mycket avrinningen ökar med exploateringen har beräkningar utgått från hur stor del av marken som hårdgörs. Markanvändningen har hämtats från dagvattenutredningen för området (Sweco, 2024), och baseras på inplaceringsförslag från maj 2024.

För beräkningar av hur mycket avrinningen kan förväntas öka med exploateringen i ett framtida klimat har regementetsområdet delats in i fyra mindre delområden baserat på framtagna höjdsättningar. Indelningen motsvarar samma indelning av området som återfinns i dagvattenutredningen (Sweco, 2024).

Delområdena inom regementet visas i Figur 15 tillsammans med befintliga avrinningsområden för hela området. En sammanställning av förändringen av markanvändning ses i Tabell 3.



Figur 15. Delområden för beräkningar av avrinning efter exploatering (markerade med rött) samt överlapp med befintliga avrinningsområden i dagsläget.

Tabell 3. Storlek av ytor som får en ökad hårdgöringsgrad i samband med exploatering inom respektive delområde

Markanvändning efter (ha)	Delområde				Totalt
	1	2	3	4	
Tak (full exploateringsgrad)	2,1	4,5	0,6	2,2	9,5
Asfalt/väg	6,7	13,0	1,4	0,6	21,7
GC-väg	0,0	0,2	0,2	0,1	0,4
Körplan	0,0	6,0	0,0	0,0	6,0
Total area	8,8	23,6	2,2	2,9	37,5

Sammanlagt får ca 38 ha naturmark en förändrad markanvändning med ökad hårdgöringsgrad, och därmed minskad infiltrationskapacitet. I beräkningar av ökningen av avrinning har ett antagande gjorts att körplanen är helt hårdgjord. Volymförändringen i avrinning har estimerats enligt:

$Volym\ som\ faller\ över\ området\ befintligt = 55\ mm * områdetets\ storlek$

$Volym\ som\ faller\ över\ området\ efter\ exploatering = 55\ mm * klimatfaktor\ 1,4 * områdetets\ storlek$

$Volym\ som\ infiltrerar = områdetets\ storlek * andel\ infiltrationsytor * infiltrationskapacitet$

$Volym\ som\ avrinner = Volym\ som\ faller\ över\ planområdet - Volym\ som\ infiltrerar$

I beräkningarna för volym som avrinner efter exploatering har klimatfaktor 1,4 använts. Resultaten presenteras i Tabell 4, tillsammans med ökningen efter exploateringen jämfört med nuläge

Tabell 4. Ökning i avrinning efter exploatering jämfört med ett nuläge. I beräkningarna för efter exploatering har en klimatfaktor motsvarande 1,4 använts för att beräkna volymen nederbörd som faller över området.

	Befintligt	Efter totalt	Ökning
Volym som infiltrerar (m ³)	6 800	0	-
Volym som avrinner (m ³)	13 900	28 900	15 000

Som framgår av Tabell 4 kan avrinningen förväntas öka med ca **15 000 m³** vid ett 100-årsregn med 1 h varaktighet till följd av exploateringen. Notera att en del av ökningen (ca 6 800 m³) kommer från att en klimatfaktor läggs på i beräkningar för "efter exploatering" men inte "befintligt". En ökning i avrinning är att förvänta oavsett om området exploateras eller inte.

Fördelningen av volymökning inom de olika delområdena ses i Tabell 5.

Tabell 5. Fördelning av volymökning från olika områden inom utredningsområdet, med konservativt antagande att ingen infiltration sker på grusytor

Delområde	Ökning volym (m ³)
1	3 500
2	9 450
3	850
4	1 200

Lågpunkter

I tillägg till volymökningen från förändrad hårdgöringsgrad kommer även avrinningen öka om lågpunkter inom området fylls igen, då den magasinierande kapaciteten i dessa försvinner. I utredningen har det antagits att den större lågpunkten i den nora delen av planområdet kommer fyllas igen, Ökning i volym ut från området till följd av minskning av lågpunkternas magasinierande kapacitet motsvarar lågpunktens volym, ca 2 500 m³, vilket krävs inom avrinningsområdet för delområde 3.

Inom delområde 2 (söder) tillskapas indirekt två nya lågpunkter, en i anslutning till deponin och en mellan motorområdet och körplanan. Lågpunkten vid deponin bedöms rymma cirka 3 000 m³ och den söder om motorområdet ca 2 100 m³.

Magasineringsbehov för detaljplan

För att minska risken att exploateringen försämrar skyfallssituationen för nedströms områden är det rekommenderat att tillskapa skyfallsytor inom planområdet, motsvarande den totala ökning i avrinning som exploateringen kan förväntas medföra.

Den sammanlagda ökningen i avrinning (både av ökad hårdgöringsgrad och igenfyllnad/tillskapande av lågpunkter):

- Delområde 1 – **3 500 m³**
- Delområde 2 – **9 450 m³** (varav 5 550 m³ kan rymmas i lågpunkterna i anslutning till motorområdet¹).
- Delområde 3 – **3 350 m³**
- Delområde 4 – **1 200 m³**

¹ Enligt den övergripande höjdsättningen som tagits fram rinner vattnet till båda lågpunkterna. I kommande detaljprojektering och höjdsättningen bör det säkerställas att så är fallet. Exempelvis kan styrning av skyfallet krävas.

6. Föreslagen princip för skyfallshantering

För att hantera ett skyfall inom området samt säkerställa att skyfallssituationen i nedströms områden inte försämras av exploateringen rekommenderas åtgärder i form av en genomtänkt höjdsättning, styrning av avrinning inom området och ytor för magasinering av vatten under skyfall. Principen som föreslås för skyfallshanteringen inom området kan sammanfattas med:

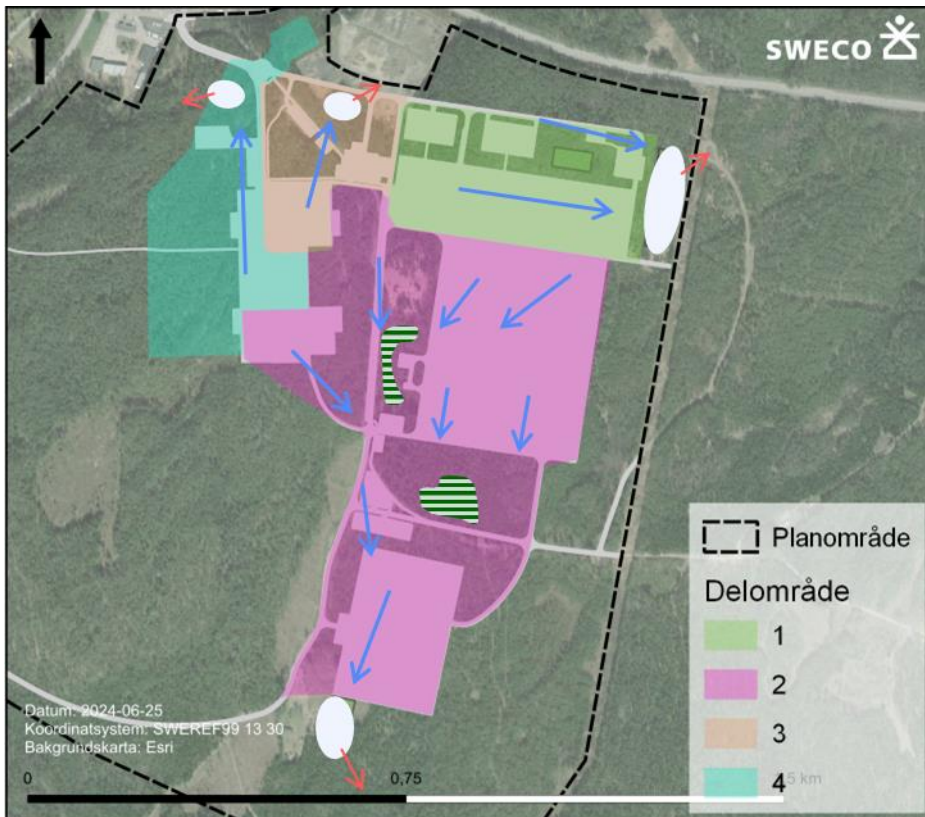
- Området ska även i kommande detaljprojektering höjdsättas så att instängda områden som medför översvämningsrisk för byggnader och kritiska vägar undvikas.
- Avrinning från hårdgjorda ytor och byggnader styrs till nedsänkta skyfallsytor för att minska belastningen på nedströms områden.
- Fria ytliga avrinningsvägar inom området behöver säkras i projekteringskedet.
- Byggnader anläggs med fall från fasad för att undvika översvämningsrisker mot fasad.

Nedan presenteras förslag på hur skyfall kan hanteras inom området.

Förslagets syfte är att visa principen för hur skyfall kan hanteras inom området och visa ett översiktligt åtgärdsförslag för skyfallshantering. Förslaget baseras på inplaceringsförslaget för regementet från maj 2024. I version 3 av rapporten har volymer och princip justerats efter det senaste inplaceringsförslaget (maj 2024). Förslagsvis kan ytor som krävs för fördröjning av dagvatten också nyttjas vid skyfall för att optimera markanspråket av ytor. Principen visas i Figur 16 och förklaras i mer detalj nedan.

För ytterligare detaljer gällande dagvattenhantering, se *Dagvattenutredning - A9 Harberget, Kristinehamn* (Sweco, 2024). Avtappning till recipient föreslås i dagvattenutredningen ske via ledning med begränsat utflöde till närmsta befintliga dike. Skyfallsytorna bör således även utformas med en ytlig bräddväg till närbelägen flödesväg, för att kontrollerat kunna avleda vatten vid händelser som överstiger anläggningarnas kapacitet.

Genom att sänka ner grönytor och skapa "torrdammar" kan fördröjningsvolym skapas. Exempelvis krävs ca 1200 m² exklusive slänter om marken sänks 1 m för att uppnå tillräcklig fördröjningsvolym inom område 4. Ytorna kan med fördel vara multifunktionella, det vill säga att ytorna kan användas till andra ändamål majoriteten av tiden, men vid kraftiga regn fylls fördröjningsytorna upp med vatten.



Figur 16. Principskiss på förslag hur skyfallshanteringen kan lösas inom området. Ljusblå ytor markerar placering av ytor för skyfallshandling och grönstreckade indikerar på var lågpunkter indirekt skapas i samband med höjdsättningen. Röda pilar visar ytliga bräddvägar. Ytanspråket är inte exakt, utan schematiskt utplaceras. Det bedöms att plats finns för att skapa erforderliga skyfallsvolymer.

Delavrinningsområde 1

Fördröjningsbehovet inom delavrinningsområde 1 uppgår till 3 500 m³ (se Tabell 5). Området föreslås att avvattnas mot en fördröjningsyta i den nordöstra delen av området, precis utanför motorområdet.

Delavrinningsområde 2

Fördröjningsbehovet inom delavrinningsområde uppgår till 9 450 m³ (se Tabell 5), varav ca 3 000 m³ bedöms rymmas i den lågpunkt som skapas kring den befintliga deponin och 2 500 m³ i lågpunkten mellan motorområdet och körplanen. Övriga delar av området föreslås att avvattnas mot en fördröjningsyta söder om körplanen.

Vid kommande projektering av körplanen behöver det säkerställas att avrinning sker mot den föreslagna fördröjningsytan söder om körplanen. För att hantera naturmarksavrinning, framförallt från områden öster om körplanen, som tidigare rann i stråk där körplanen nu är placerad kan avledande diken anläggas längs med kanterna av körplanen till fördröjningsytan.

Delavrinningsområde 3 och 4

Fördröjningsbehovet inom delavrinningsområde 3 och 4 uppgår till 3 350 m³ respektive 1 200 m³. Båda områdena föreslås avvattnas mot två ytor i den norra delen av respektive område. I kommande detaljprojektering av området behöver

det utformas så att avrinningen från hårdgjorda ytor och byggnader kan styras till ytorna. I inplaceringen och den generella höjdsättningen har plats gjorts för diken längs med vägar för att avleda vatten. Krävs med plats kan även vägarna inom området tillämpas som skyfallsleder och vattnet styras med till exempel kantsten.

Genom att sänka ner grönytor och skapa "torrdammar" kan fördröjningsvolym skapas. Exempelvis krävs ca 1200 m² exklusive slänter om marken sänks 1 m för att uppnå tillräcklig fördröjningsvolym inom område 4.

Ytorna kan med fördel vara multifunktionella, det vill säga att ytorna kan användas till andra ändamål majoriteten av tiden, men vid kraftiga regn fylls fördröjningsytorna upp med vatten.

6.1 Påverkan på nedströms områden med föreslagen skyfallshantering

För att säkerställa att den planerade exploateringen inte förvärrar situationen vid skyfall för nedströms områden bör avrinning från exploateringen fördröjas motsvarande volymer som presenteras i ovan avsnitt. De föreslagna volymerna kompenserar för den ökade hårdgöringsgraden samt tar höjd för en framtida ökad nederbörd.

Sammanfattningsvis bedöms inte översvämningssituationen för nedströms områden försämrats, då erforderliga fördröjningsvolymerna för skyfall kan tillskapas inom regementessområdet och belastningen nedströms således inte ökar. I tillägg har en klimatfaktor om 1,4 använts. Ingen hänsyn tas till att avrinning kommer att öka från utredningsområdet i framtiden även om ingen exploatering sker.

6.2 Exempel på skyfallsytor

Nedan ges några exempel på hur skyfallsytor kan utformas. Fördröjningsytorna kan utformas som multifunktionella, det vill säga att de kan användas till annat majoriteten av tiden men fungera som en fördröjningsyta vid skyfall (se Figur 17), eller utformas för att efterlikna en naturlig lågpunkt. Viktigt i båda fallen är att säkra en yttlig bräddavledning om ytan fylls vid kraftigare regn större än den dimensionerande händelsen.

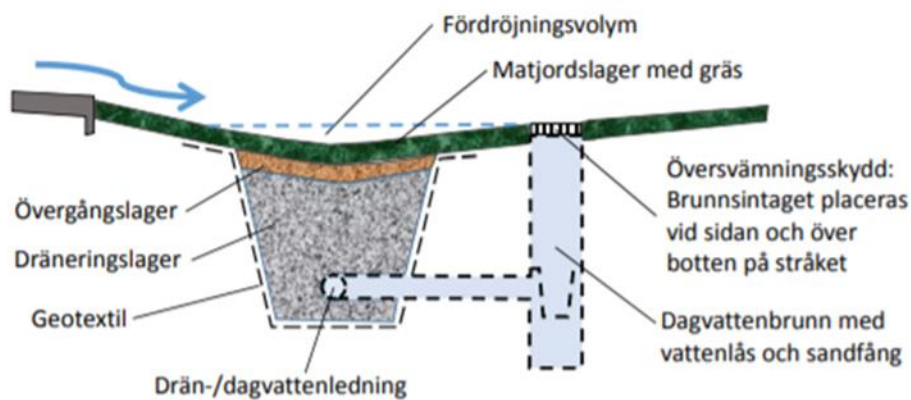
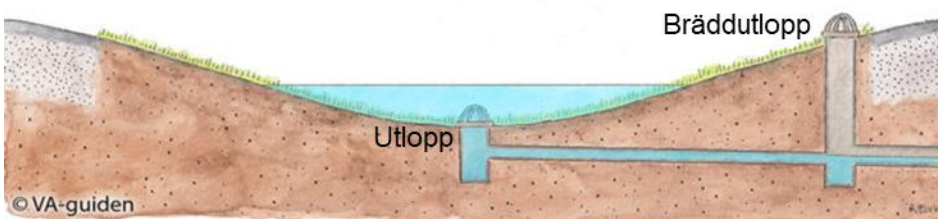


Figur 17. Exempel på större skyfallsyta i Falun som kan nyttjas till rekreation största delen av tiden (foto: Elin Olsson)

Hur fördröjningsytorna utformas och avtappas beror på vad marken ska nyttjas till i "normalfall", det vill säga när de inte fungerar som fördröjningsytor för skyfall. Om ytan har en annan funktion, till exempel att hinderbanan placeras i en nedsänkt yta, kan ytan utformas med ett dränerande lager och dräneringsledning i botten, alternativt med en kupolbrunn till dagvattensystemet, för att ytan ska ha en relativt kort tömningstid efter skyfall samt säkerställa att ytan inte har vatten ståendes vid mindre regnhändelser (se Figur 18).

Om ytan däremot kan tillåtas ha vatten stående en längre period efter ett skyfall samt vid mindre regn kan man eftersträva en så naturlig lösning som möjligt; vattnet får långsamt infiltrera ner i marken om förutsättning för infiltration finns på platsen. Det finns därmed inget behov av en brunn eller dräneringsledning i botten som belastar dagvattensystemet eller kräver underhåll. Dock kan en upphöjd kupolsil kan oavsett vara bra för att få en viss avtappning under långa blöta perioder

Vid utformning av fördröjningsytorna behöver hänsyn också tas till markens jordarter på den specifika platsen, möjligheten att infiltrera vattnet beror av jordartens infiltrationskapacitet. Sandiga jordarter har till exempel högre infiltrationskapacitet jämfört med finkorniga material som lera och silt.



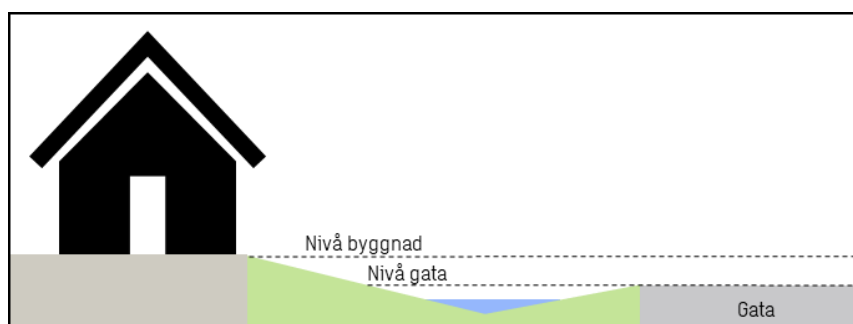
Figur 18. Övre: Exempel på fördröjningsyta med kupolbrunn i botten (foto: Sweco). Mitt: Illustration av avledning från en fördröjningsyta med kupolbrunn i botten (illustration: VA-guiden). Nedre: Illustration av fördröjningsyta utan brunn, där endast infiltration sker. Beroende på jordarten kan ytan utformas med eller utan dräneringslager, geotextil och dräneringslager (Illustration: Stockholm Vatten och Avfall. Bräddutloppet behöver inte kopplas till dagvattennätet, utan kan vara en yttlig flödesväg.

6.3 Rekommendationer till höjdsättning

En övergripande höjdsättning har tagits fram av Sweco (XX). Denna har legat till grund för principen av indelning i delavrinningsområden inom etableringsområdet och översiktligt kontrollerats i Scalgo Live. Den övergripande höjdsättningen visar att det inte skapas några instängda områden som kan skapa problem vid kraftig nederbörd, samt att gator inom kasernområdet fungerar som avrinningsvägar vid nederbörd.

Inför mer detaljerad höjdsättning är det viktigt att säkerställa principerna för skyfallshanteringen inom etableringsområdet:

- Instängda områden där vatten kan ansamlas och utgöra en risk för etableringen ska undvikas.
- Byggnader bör anläggas med fall från fasad mot närmsta gata eller annan yta som fungerar som flödesväg vid skyfall. För att få ett tillräckligt skydd rekommenderas att byggnader ligger minst 30 cm högre än intilliggande lågpunkter. Enligt Svenskt vatten P105 (2011) bör marken luta minst 5% (1:20) de första 3 metrarna. En flackare lutning på 1-2% (1:50 – 1:100) kan tillämpas efter 3 m. Det är inte alltid möjligt eller lämpligt att utforma marken med ovan lutning (Boverket, 2023), exempelvis vid entréer eller gångbanor i anslutning till fasad finns andra tillgänglighetskrav att ta hänsyn till, varför marken vid dessa platser måste utformas med en flackare lutning (se *Övergripande massbalansering och höjdsättning* – Sweco (2024b))
- Flödesvägar förbi planerade vägar till mottagande diken/vattendrag behöver studeras vidare i kommande detaljprojektering för att säkerställa att utformningen möjliggör avledningen, även vid stora nederbördsmängder.
- Gatusektionen bör utformas för att avleda yttlig avrinning. Om vägdiken anläggs längs med gator bör gatorna utformas för att möjliggöra avrinning längs dessa när diken går fulla, se Figur 19 för princip.



Figur 19. Schematisk skiss över princip för att höjdsättning av gata.

7. Slutsatser

Inom området för nya regementet i Kristinehamn finns idag få riskområden för översvämning vid skyfall; området saknar stora instängda områden och tar inte emot betydande avrinning från uppströms områden. Det finns dock riskutsatta områden nedströms som drabbas av översvämning vid skyfall i dagsläget.

Vid utbyggnad av regementet bedöms risken för att ny bebyggelse inom området tar skada vid skyfall som låg, då det finns goda möjligheter att hantera den ytliga avrinningen som genereras inom området. Utbyggnaden kommer dock leda till en ökad belastning på nedströms områden på grund av en ökad hårdgöringsgrad och ökad framtida nederbörd. Avrinningen beräknas öka med **cirka 15 000 m³**. Således krävs det att vatten kan magasineras inom området vid skyfall för att inte försämra situationen för nedströms områden.

Generellt bedöms förutsättningarna för skyfallshantering inom området som goda. Det finns ytor för att skapa skyfallsåtgärder i anslutning till hårdgjorda ytor och utredningsområdet tar inte emot avrinning från uppströms områden, med undantag för vattendraget som i nuläget passerar den östra delen av området. Det rekommenderas att leda om vattendragen utanför planområdet, se *Dagvattenutredning A9 Harberget* (Sweco, 2024) för mer detaljer. Den övergripande höjdsättningen visar att det inte skapas några instängda områden som kan skapa problem vid kraftig nederbörd, samt att gator inom kasernområdet fungerar som avrinningsvägar vid nederbörd.

Huvudprincipen för skyfallshanteringen innebär att befintliga avrinningsområde i den mån det är möjligt bevaras, för att inte orsaka en försämring nedströms.

I vidare arbete med höjdsättningen måste det säkerställas att avrinningsprincipen behållas, så att vattnet kan rinna ytligt mot samtliga föreslagna skyfallsåtgärder.

Principlösningen innebär att avrinning från hårdgjorda ytor och byggnader styrs mot kombinerade dagvatten- och skyfallsytor. Ytorna behöver utformas med en kontrollerad ytlig bräddväg. Baserat på den översiktliga höjdsättningen kan det planerade regementesområdet delas in i 4 olika delområden. Område 1 och 3 avrinner norrut, mot Övrekvarnsälven, och område 2 och 4 söderut mot Lötälven.

Avrinningen behöver kunna rinna ytligt till fördörjningsytorna, varför gator och diken med fördel kan nyttjas som skyfallsleder. På gator kan exempelvis kantsten användas för att styra vattnet. Det är viktigt att gatorna höjdsätts så att de leds till skyfallsytorna och inte ut från området. Det kan således ex. krävas lokala lågpunkter i gatorna för att säkerställa bräddning över vägar och få vattnet att svänga mot skyfallsytorna.

Genom att styra avrinningen till och magasinera vattnet i skyfallsytorna minskar risken att översvämningar uppstår inne på området och minskar även risken för att nedströms områden påverkas negativt av exploateringen.

Referenser

- Boverket. (2022). *Tillsynsvägledning naturolyckor*. Hämtat från https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/lansstyrelsens-tillsyn/tillsynsvagledning_naturolyckor/
- Dahlström, B. (2010). *Regnintensitet - en molnfysikalisk betraktelse, rapport nr 2019-05*. Svenskt Vatten.
- Larsson, R. (2008). *Jords egenskaper*. Linköping: SGI.
- SGU. (u.å.). *Kartvisare - Jordarter 1:25000 - 1:100000*.
- SMHI. (2017). *Extremregn i nuvarande och framtida klimat - Analyser av observationer och framtidsscenarier*. SMHI.
- Svenskt Vatten. (2011). *P105: Hållbar dag- och dränvattenhantering - råd vid planering och utformning*.
- Sweco. (2023a). *Inplaceringsstudie A9 Kristinehamn 2023-05-26*.
- Sweco. (2024). *Dagvattenutredning - A9 Harberget, Kristinehamn*.