

VSD- och klimatanpassningsutredning för detaljplan Koholmen etapp 2 och 3

Granskningsrapport – uppdragsnummer
30031302 – Tjörns kommun



Ändringsförteckning

Ver:	Datum:	Ändringsbeskrivning	Granskad	Godkänt av

Uppdrag: sweco.name
Uppdragsnummer: sweco.projectId
Kund: sweco.mainCustomer.name
Ver: 1
Datum: 2022-01-05
Upprättad av: David Hirdman
Dokumentreferens: p:\21331\30031302_tjorn_koholmen_vsd_klima
t\000_tjorn_koholmen_vsd_klimat\18
granskning\30031302_koholmen_etapp_2_3_v
sd_klimatanpassningutredning_rapport_2022-
04-14.docx

Innehållsförteckning

Ändringsförteckning	2
1 Inledning	6
1.1 Bakgrund och syfte.....	6
1.2 Orientering.....	6
1.3 Underlag och källor.....	7
1.4 Topografi	7
1.5 Geotekniska och marktekniska förhållanden	7
2. Förutsättningar för analys av stigande hav	9
2.1 Rekommendationer för stigande hav	9
2.2 Klimatanpassning mot ett stigande hav	9
2.2.1 Förslag till kriterier för stigande vatten	10
2.3 Beräkningar av högvattennivåer vid Koholmen.....	11
2.4 Beskrivning av översvämningsutbredningen.....	16
2.4.1 Norra planområdet:	16
2.4.2 Södra planområdet:.....	19
2.5 Förslag på åtgärder	21
2.5.1 Förslag på åtgärder i närtid:	21
2.5.2 Förslag på åtgärder som bör vara på plats senast 2070.	21
3. Förutsättningar för analys av skyfall.....	23
3.1 Rekommendationer för skyfall.....	23
3.2 Allmänt om klimatanpassning för skyfall	23
3.3 Skyfallsstudie.....	24
3.3.1 Skyfallsstudie norra området.....	26
3.3.2 Skyfallsstudie södra området	27
4. Vatten, avlopp och dricksvatten	28
4.1 Befintlig VA-försörjning.....	28
4.1.1 Dricksvattenförsörjning.....	28
4.2 Befintlig avrinning av dagvatten	33
4.3 Befintlig markanvändning	35
4.4 Planerad markanvändning	36
4.5 Recipienter	37
4.6 Status och miljö kvalitetsnormer.....	38
4.7 Förorenad mark	39
4.8 Befintliga VA-anläggningar	Fel! Bokmärket är inte definierat.
4.9 Befintlig dricksvattenförsörjning.....	Fel! Bokmärket är inte definierat.
4.10 Befintlig spillvattenavledning	Fel! Bokmärket är inte definierat.
5. Dagvatten	40
5.1 Befintlig dagvattenhantering.....	40
5.2 Metod.....	40
5.3 Beräkningar av föroreningar i dagvatten	41

5.4	Dagvattenflöden	42
5.5	Föroreningar i dagvattnet	43
5.6	Föreslagen dagvattenhantering.....	44
5.7	Föroreningar efter reningsåtgärd.....	46
5.8	Bedömning av planens påverkan på MKN.....	46
5.9	Rening av dagvatten - rekommendationer	47
6.	Slutsatser.....	48
7.	Referenser.....	50
Appendix 1	51

Sammanfattning

På uppdrag av Tjörns kommun har Sweco tagit fram föreliggande klimatanpassningsplan och dagvattenutredning inför detaljplan för Koholmen södra och norra. Utredningen innefattar studie samt riskskenario kring höjda havsnivåer och tillämpliga lösningar för att undvika framtida problem.

Utredningen kring klimatanpassning för skyfall och höga havsnivåer visar att det är viktigt att ta båda dessa utmaningar i beaktande samtidigt för att inte skapa ny eller förvärrad översvämningssproblematik för den ena utmaningen i samband med att man löser den andra. Utredningen visar samtidigt att det går att lösa båda dessa utmaningar och samtidigt värna om befintlig kulturmiljö genom en kombination av genomtänkt gestaltning av fasta och mobila skydd som kompletterar ett fokuserat arbete där det säkerställs att befintliga byggnader klarar av perioder av översvämningar upp mot byggnadernas fasad i samband med högvattensituationer utan att ta skada så att dessa kan vara en del av det övergripande högvattenskyddet på Koholmen.

Studier av befintliga VA-system pekar på att man innan exploatering tillåts måste gå igenom befintliga system och se om de kan användas för anslutning av tillkommande bebyggelse. Befintliga system är till stora delar sannolikt utbyggda på 60-talet och till stora delar i dålig kondition med låg kapacitet beträffande dricksvattensystemet och dåliga möjligheter till brandvattenförsörjning.

Spillvattensystemet är belastat med viss nederbördsberoende påverkan och även inläckage av havsvatten. Även pumpstationerna behöver ses över, då det förekommer stor risk för bräddningar på grund av låga pumpkapaciteter och klena tryckledningar.

Sweco har tagit fram förslag beträffande undersökningar av VA-systemet i syfte att kontrollera kondition, förslå åtgärder och bedöma möjligheter till framtida anslutning av tillkommande bebyggelse. Sweco anser att man inte bör koppla på någon ny bebyggelse förrän dessa undersökningar/utredningar har utförts och åtgärder genomförts.

Ledningsnätet behöver successivt bytas ut inom en nära förestående framtid och en förnyelseplan måste därför tas fram.

I utredningen ingår studie av den planerade exploaterings påverkan på flödes- och föroreningsituationen i området avseende dagvatten, samt beskriver förslag på systemlösning för dagvatten inom området. Utredningen belyser påverkan på miljö kvalitetsnormer för ytvatten. För att miljö kvalitetsnormerna inte ska påverkas negativt så föreslås anläggande av växtbäddar.

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

På uppdrag av Tjörns kommun har Sweco Environment AB utarbetat föreliggande VA-, skyfalls- och översvämningstudier i samband med detaljplanearbetet Koholmen etapp 2 och 3, Tjörns kommun. Tjörns kommun arbetar med att upprätta två nya detaljplaner för norra respektive södra delen av ön Koholmen. Syftet med detaljplanerna är att se över möjligheterna att utöka och förtäta bebyggelsen. Planerna ska också se över nuvarande verksamheter samt pröva möjligheten till utveckling av nuvarande hotellanläggning på norra Koholmen.

I samråd med Länsstyrelsen uppkom synpunkter på kapacitet i befintligt dricksvatten- och avloppsledningsnät, brandvattentillgång, klimatanpassning utifrån en stigande havsnivå, påverkan på miljö kvalitetsnormer för vatten och dagvattenhantering. Denna utredning syftar till att utreda ovanstående frågor och ge förslag på lösningar.

1.2 Orientering

Planerna är belägna på Koholmen som ligger strax utanför Tjörns i sydväst. Det är 8 km till Skärhamn, huvudorten på Tjörn. Ön Koholmen kallas tillsammans med den mindre ön Klädesholmen, belägen söder om Koholmen, för Klädesholmen. Koholmen och Klädesholmen är förbundna med en bro och det finns också en bro mellan den nordöstra delen av Koholmen och Bleket på Tjörn.



Figur 1-1. Koholmens geografiska läge i Tjörns kommun.



Figur 1-2. Planområdenas läge och avgränsning.

1.3 Underlag och källor

Följande underlag och källor ligger till grund för utredningen:

- Platsbesök, 2021-10-21
- Planbeskrivning. Detaljplan för Koholmen 1:220, 1:208, 1:1 m.fl., norra Koholmen och Rytterholmen, Samrådshandling, 2015-11-27, Tjörns Kommun.
- Planbeskrivning. Detaljplan för Koholmen 1:38, 1:52, 1:1 m.fl., södra Koholmen, Samrådshandling, 2015-11-27, Tjörns Kommun.
- Samrådsredogörelse, 2015-11-27, Tjörns kommun.
- MKB till detaljplan för norra och Södra Koholmen, samrådshandling, Ramböll 2015-11-27.
- Grundkarta för Koholmen norra, Metria, 2017-02-20
- Grundkarta för Koholmen södra, Metria, 2017-02-20
- Plankartor för Norra och södra Koholmen, Samrådshandling, 2015-11-27
- PM Geoteknik Koholmen Norra, Bohusgeo, 2015-05-14 och Koholmen Södra, Bohusgeo, 2015-03-27,

1.4 Topografi

Koholmen är en tämligen kuperad och bergig ö, dock med relativt små höjdskillnader. Marknivåerna varierar mellan 0 och ca +18 m på den norra delen av ön och mellan 0 och ca +10 m på den södra delen av ön.

1.5 Geotekniska och marktekniska förhållanden

Jordlager inom området består tämligen uteslutande av grus- eller sprängstensfyllning direkt på berg eller av berg i dagen. Grundvattennivåer i området bedöms variera med havsnivån.

1.6 Förutsättningar beträffande framtida VA-försörjning

Följande riktlinjer har tagits hänsyn till i samband med utredningen:

- Distribution av dricksvatten, P114 (Svenskt Vatten), samt Boverkets riktlinjer. Dessa riktlinjer har använts för beräkning av dimensionerande dricksvattenförbrukning för planområdet, samt belysande av tryckförhållanden och brandvattenförsörjning
- P110 (Svenskt Vatten) har använts för beräkning av dimensionerande spillvattenflöde för området. P110 och närliggande publikationer av Svenskt Vatten har också använts för bedömning av dimensionerande dagvattenflöden

För beräkningsmetodik hänvisas till ovan nämnda publikationer.

2. Förutsättningar för analys av stigande hav

2.1 Rekommendationer för stigande hav

När det gäller anpassning mot stigande hav ska detta beskrivas, och detaljplaneområdet ska anpassas enligt Länsstyrelsens rapport "*Stigande vatten – en handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden. Faktablad – KUSTEN 2.0*".

Enligt Boverkets allmänna råd för bedömning av risken för översvämning skall markens lämplighet för ett visst ändamål bedömas för varje detaljplan, var för sig. Följande aspekter har betydelse för konsekvenserna av en översvämning och bör enligt Boverket vägas in vid bedömning av översvämningsrisken i den fysiska planeringen:

- Översvämnings utbredning
- Översvämnings varaktighet
- Planområdets sammanhang med omgivande mark- och vattenområden
- Tillgänglighet
- Liv och hälsa
- Skador på funktioner och egendom

Vid klimatanpassning av planområdet mot ett stigande hav har senaste rön från myndigheter beaktats, bl.a. från MSB, Länsstyrelsen i Västra Götaland, SMHI, IPCC (AR6 samt SROCC) samt Göteborgs Stads anvisningar "*Underlag för föreslagna planeringsnivåer vid dimensionerande händelse*", Göteborgs Stad, Stadsbyggnadskontoret, 2019.

2.2 Klimatanpassning mot ett stigande hav

Vid dimensionering av säkerheten för infrastruktur och samhällsbyggande är det lämpligt att tillämpa konsekvensklassning. Vi föreslår att konsekvensklassning ska tillämpas för skydd av planerad bebyggelse vad avser skydd mot höga havsnivåer. Detta innebär att konsekvensklassning ska formuleras och dimensioneringskriterier ska tas fram. Även tidshorizonten ska bestämmas, dvs. när i framtiden måste en verksam skyddsåtgärd vara på plats.

Användandet av översvämningszoner är ett alternativt sätt att differentiera kraven på en skyddsanläggning efter konsekvenserna av en extrem händelse. I rapporten "*Stigande vatten –*

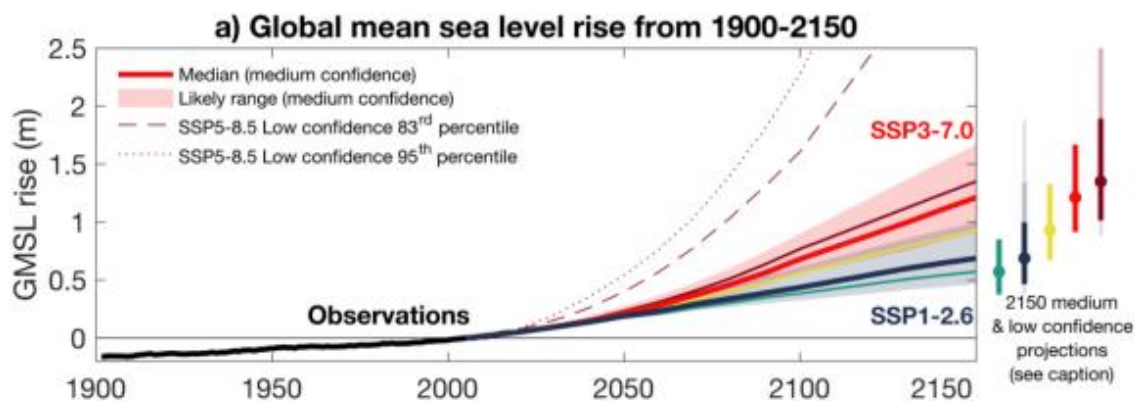
en handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden” utgiven av länsstyrelserna i Västra Götalands och Värmlands län (2011) redovisas hur begreppet översvämningszoner kan tillämpas i den fysiska planeringen. Här framgår exempelvis att man rekommenderar användandet av begreppet beräknat högsta högvattensscenario i kombination med olika säkerhetsmarginaler. Gällande och aktuella planeringsnivåer presenteras i de faktablad som länsstyrelserna tillhandahåller. För tillfället gäller ”Faktablad - KUSTEN (Version 2.0).

Denna utredning har en övergripande nivå med fokus på att åskådliggöra vilka principer av tekniska översvämningskydd, som kan vara aktuella för att klimatanpassa befintliga och planerade byggnader och infrastruktur inom planområdet. Vid val av förstärkt översvämningskydd utmed en riskutsatt fasad med entréer är det viktigt att skydden är väl förberedda inför ett eventuellt kommande högvatten. Det är viktigt att skyddet även är förändringsbart inför framtiden – då kommande klimatprognoser och därmed skyddsnivåer kan komma att justeras i ett förändrat klimat.

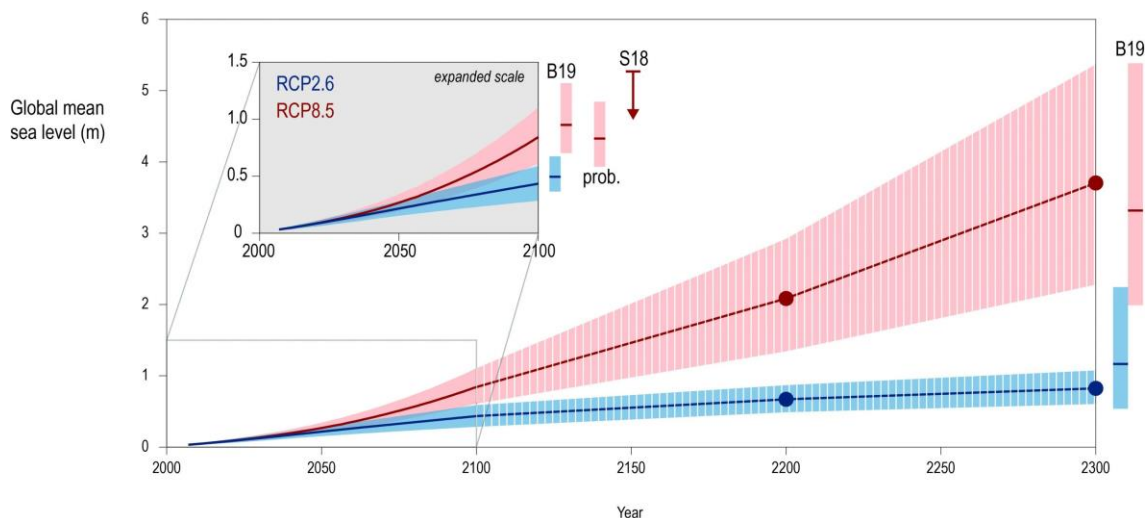
I samband med genomförandet av denna utredning har senaste beräknade havsnivådata från SMHI inhämtats.

2.2.1 Förslag till kriterier för stigande vatten

Vi föreslår att Tjörns kommun tillämpar en skyddsnivå, som planeras för en dimensionerad havsnivå år 2100, vid en 200-årshändelse på den aktuella platsen. Lokala topografiska effekter ska emellertid beaktas för skyddsnivån. Skyddsnivån bör i dagsläget bestämmas med en viss säkerhetsmarginal eftersom det i dagsläget finns en stor osäkerhet, dvs. en stor variation i havsnivåhöjningen på medellång (år 2100) och lång sikt (år 2120-2150). Se Figur 2-1 och 2-2 nedan som är hämtad från IPCCs (FN:s klimatpanel) rapporter AR6 (2021) samt SROCC (2019).



Figur 2-1. Global havsnivåhöjning enligt IPCC AR6 (2021) för olika utsläppsscenarioer.



Figur 2-2. Global havsnivåhöjning enligt IPCCs rapport "SROCC", Särskild rapport om havet och kryosfären i ett föränderligt klimat (2019) för olika utsläppsscenarioer.

I SMHI:s rapport "Osäkerhetsintervaller vid beräkning av återkomsttider" (Dnr. 2018/61/9.5) från 2019 förs följande resonemang för beräkningar av havsvattenstånd med 100 års återkomsttid för Marstrand.

"Erfarenhet från området visar att högvattenstånd vid Marstrand ligger nära eller något under vattenstånden vid Stenungsund, och genom att använda årshögsta vattenstånd från Stenungsund underskattas inte beräknade nivåer för Marstrand."

2.3 Beräkningar av högvattennivåer vid Koholmen

Det finns inte några vattenståndsmätningar på Koholmen men utifrån dess geografiska närhet till så väl Stenungsund som Marstrand samt dess liknande topografiska förutsättningar som Marstrand anser vi att man kan föra ett liknande resonemang för Koholmen som fördes av SMHI rörande Marstrand.

I tabellerna 2-1a till 2-3b redovisas ett utdrag från de senaste beräkningar av framtida extremvattenstånd i Stenungsund, vilket enligt resonemanget ovan bör vara tillämpningsbart även för Koholmen. Beräkningarna använder samma princip som SMHI använt sig av i rapporten "Extremvattenstånd i Stenungsund, dat.2018-11-26." I figuren framgår beräknade återkomstvärden i höjdsystemet RH2000 för år 2100 inklusive landhöjning. Återkomstvärden i centimeter i RH 2000 för återkomstperioden 100 och 200 år, samt ett högsta beräknat vattenstånd för Stenungsund. Konfidensintervallet innehåller det riktiga värdet med sannolikheten 95 %. Högsta beräknade vattenstånd är ett värde definierat utifrån metodik som tagits fram i SMHI:s havsnivåprojekt, kombinerat med värdet för IPCC:s angivna övre percentil för SSP8.5 (AR6).

Tabell 2-1a. Tabell för framtagandet av högvattenstånd med återkomsttid 100 respektive 200 år på kort (år 2070) respektive lång sikt (2120). Avvikelse över medelvattenståndet i cm i RH2000 inklusive landhöjning.

	100 år	200 år	
Återkomstvärde i medelvattenstånd (A)	161 (144-176)	167 (146-184)	SMHI "Extremvattenstånd i Stenungsund" (2018), SMHI "Osäkerhetsintervaller vid beräkning av återkomsttider", (2019)
Medelvattenstånd i RH2000 år 1995 (B)	4	4	SMHI Klimatologi 41 (2017)
Global havsnivåhöjning, 1995-2070 enligt RCP8,5 (C)	43 (33-53)	43 (33-53)	IPCC "SROCC" (2019)
Landhöjningseffekt, 1995-2070 (D)	-24	-24	SMHI "Klimatologi 41" (2017)
Total 2070 (E):	184 (157-209)	190 (159-217)	E = A + B + C + D
Global havsnivåhöjning, 1995-2120 enligt SSP8,5 (F)	104 (80-136)	104 (80-136)	IPCC "AR6" (2021)
Landhöjningseffekt, 1995-2120 (G)	-40	-40	SMHI "Klimatologi 41" (2017)
Total 2120 (H):	229 (188-276)	235 (190-284)	H = A + B + F + G

Tabell 2-1b. Tabell för framtagandet av högvattenstånd med återkomsttid 100 respektive 200 år på kort (år 2070) respektive lång sikt (2120). Avvikelse över medelvattenståndet i cm i RH2000 inklusive landhöjning enligt SMHIs tjänst för framtida medelvattenstånd (<https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/framtida-medelvattenstand-1.165493>).

	100 år	200 år	
Återkomstvärde i medelvattenstånd (A)	161 (144-176)	167 (146-184)	SMHI "Extremvattenstånd i Stenungsund" (2018), SMHI "Osäkerhetsintervaller vid beräkning av återkomsttider", (2019)
Framtida medelvattenstånd för Tjörn år 2070 (enligt SSP5-8,5) (B)	29 (14 - 47)	29 (14 - 47)	https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/framtida-medelvattenstand-1.165493
Total 2070 (C):	190 (158-223)	196 (160-231)	C = A + B
Framtida medelvattenstånd för Tjörn år 2120 (enligt SSP5-8,5) (D)	68 (34 - 113)	68 (34 - 113)	https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/framtida-medelvattenstand-1.165493
Total 2120 (E):	229 (178-289)	235 (180-297)	E = A + D

Tabell 2-2a: Tabell för framtagandet av högsta beräknade högvattenstånd år 2070 respektive 2120. Avvikelse över medelvattenståndet i cm i RH2000 inklusive landhöjning.

Högsta beräknade havsvattenstånd		
Högsta nettohöjning Stenungsund	144 (A)	SMHI "Klimatologi 45" (2017)
Högsta vattenstånd före storm i Skagerack	49 (B)	SMHI "Klimatologi 45" (2017)
Medelvattenstånd i RH2000 år 1995	4 (C)	SMHI "Klimatologi 41" (2017)
Global havsnivåhöjning, 1995-2070 enligt RCP8,5 (övre percentil)	53 (D)	IPCC "SROCC" (2019)
Landhöjningseffekt, 1995-2070	-24 (E)	SMHI "Klimatologi 41" (2017)
Total 2070:	226 (F)	F = A + B + C + D + E
Global havsnivåhöjning, 1995-2120 enligt SSP8,5 (övre percentil)	136 (G)	IPCC "AR6" (2021)
Landhöjningseffekt, 1995-2120	-40 (H)	SMHI "Klimatologi 41" (2017)
Total 2120:	293 (I)	I = A + B + C + G + H

Tabell 2-2b: Tabell för framtagandet av högsta beräknade högvattenstånd år 2070 respektive 2120. Avvikelse över medelvattenståndet i cm i RH2000 inklusive landhöjning enligt SMHIs tjänst för framtida medelvattenstånd (<https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/framtida-medelvattenstand-1.165493>).

Högsta beräknade havsvattenstånd		
Högsta nettohöjning Stenungsund	144 (A)	SMHI "Klimatologi 45" (2017)
Högsta vattenstånd före storm i Skagerack	49 (B)	SMHI "Klimatologi 45" (2017)
Framtida medelvattenstånd för Tjörn år 2070 (övre percentil enligt SSP5-8,5)	47 (C)	https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/framtida-medelvattenstand-1.165493
Total 2070:	240 (D)	D = A + B + C
Framtida medelvattenstånd för Tjörn år 2120 (övre percentil enligt SSP5-8,5)	113 (E)	https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/framtida-medelvattenstand-1.165493
Total 2120:	306 (F)	F = A + B + E

Det ger oss följande högvattenstånd:

Tabell 2-3a: Sammanställning av skattade värden för högvattenstånd i cm över medelvattenståndet i RH2000 med återkomsttiden 100 och 200 år samt ett högsta beräknat högvattenstånd år 2070 respektive år 2120 baserat på SMHIs tjänst för framtida medelvattenstånd (<https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/framtida-medelvattenstand-1.165493>).

	100 år	200 år	Högsta beräknade havsvattenstånd
Skattat värde år 2070	184	190	226
Högsta bedömda sannolika nivå (2070)	209	217	-
Skattat värde år 2120	229	235	293
Högsta bedömda sannolika nivå (2120)	276	284	-

Tabell 2-3b: Sammanställning av skattade värden för högvattenstånd i cm över medelvattenståndet i RH2000 med återkomsttiden 100 och 200 år samt ett högsta beräknat högvattenstånd år 2070 respektive år 2120.

	100 år	200 år	Högsta beräknade havsvattenstånd
Skattat värde år 2070	190	196	240
Högsta bedömda sannolika nivå (2070)	223	231	-
Skattat värde år 2120	229	235	306
Högsta bedömda sannolika nivå (2120)	289	297	-

I figurerna 2-3 till 2-5 visualiseras översvämningsutbredningen för befintlig situation vid en högvattensituation med 200 års återkomsttid i nuvarande (fig. 5) respektive framtida klimat (fig. 6 år 2070 samt 7 för år 2120).



Figur 2-3. Översvämningsutbredning i dagens klimat vid 200-årshändelse (95 percentilen) (+1,85 m).



Figur 2-4. Översvämningsutbredning vid 200-årshändelse för högsta bedömda sannolika nivå (+2,3 m) år 2070.



Figur 2-5. Översvämningsutbredning vid 200-årshändelse för högsta bedömda sannolika nivå (+2,95 m) år 2120.

2.4 Beskrivning av översvämningsutbredningen

2.4.1 Norra planområdet:

2.4.1.1 Nuvarande klimat

Vid högsta beräknade högvatten (+2,0 m) i nuvarande klimat så leder detta extrema högvattenstånd till en begränsad översvämningsutbredning för det norra planområdet. Det är mestadels hamnområdet med dess byggnader och verksamheter som påverkas. Några få av byggnaderna har vattendjup som överstiger 50 cm upp mot fasaden. Huvudvägen som förbinder Koholmen med Tjörn och fastlandet är fortsatt farbar utan begränsningar.



Figur 2-6. Översvämningsutbredning vid högsta beräknade högvatten i nuvarande klimat (~+2,0 m) Översvämnningen vid brofästet är missvisande då det bygger på ett modellantagande som inte är korrekt. Denna del av bron riskerar inte att översvämmas.

2.4.1.2 År 2070

Vid högsta beräknade högvatten (+2,4 m i RH2000) år 2070 så leder detta extrema högvattenstånd till en mer omfattande översvämningsutbredning för det norra planområdet. Det är fortsatt mestadels hamnområdet med dess byggnader och verksamheter som påverkas. Flertalet byggnader i hamnen har vattendjup som överstiger 50 cm stående mot fasaden. Nu är Huvudvägen som förbinder Koholmen med Tjörn och fastlandet är fortsatt någorlunda farbar men med vissa begränsningar då vattendjupet överstiger 20 cm på delar av vägbanan. Översvämnningen når vid denna utbredning vissa byggnader med teknisk infrastruktur.



Figur 2-7. Översvämningsutbredning vid högsta beräknade högvatten år 2070 (~+2,4 m)
 Översvämnningen vid brofästet är missvisande då det bygger på ett modellantagande som inte är korrekt. Denna del av bron riskerar inte att översvämmas.

2.4.1.3 År 2120

Vid högsta beräknade högvatten (+3,1 m i RH2000) år 2120 så leder detta extrema högvattenstånd till en mycket omfattande översvämningsutbredning för det norra planområdet. Utöver själva hamnområdet med dess byggnader och verksamheter som påverkas nu också flertalet flerbostadshus och fristående villor. Flertalet byggnader i hamnen har vattendjup som överstiger 50 cm stående mot fasaden. Nu är Huvudvägen som förbinder Koholmen med Tjörn och fastlandet är inte längre farbar för vare sig vanliga personbilar eller räddningstjänst då översvämningsdjupet på delar av vägen överstiger 50 cm. Översvämnningen når vid denna utbredning flera byggnader med teknisk infrastruktur.



Figur 2-8. Översvämningsutbredning vid högsta beräknade högvatten år 2120 (~+3,1 m)
 Översvämnningen vid brofästet är missvisande då det bygger på ett modellantagande som inte är korrekt. Denna del av bron riskerar inte att översvämmas.

2.4.2 Södra planområdet:

2.4.2.1 Nuvarande klimat

Vid högsta beräknade högvatten (+2,0 m) i nuvarande klimat så leder detta extrema högvattenstånd till en begränsad översvämningsutbredning för det södra planområdet, främst

utmed södra kuststräcka. Flertalet byggnader som idag inhyser såväl verksamheter som fast boende påverkas. Några få av byggnaderna har vattendjup som överstiger 50 cm upp mot fasaden. Lokala vägar förblir i stort sett opåverkade och byggnader med teknisk infrastruktur är opåverkade.

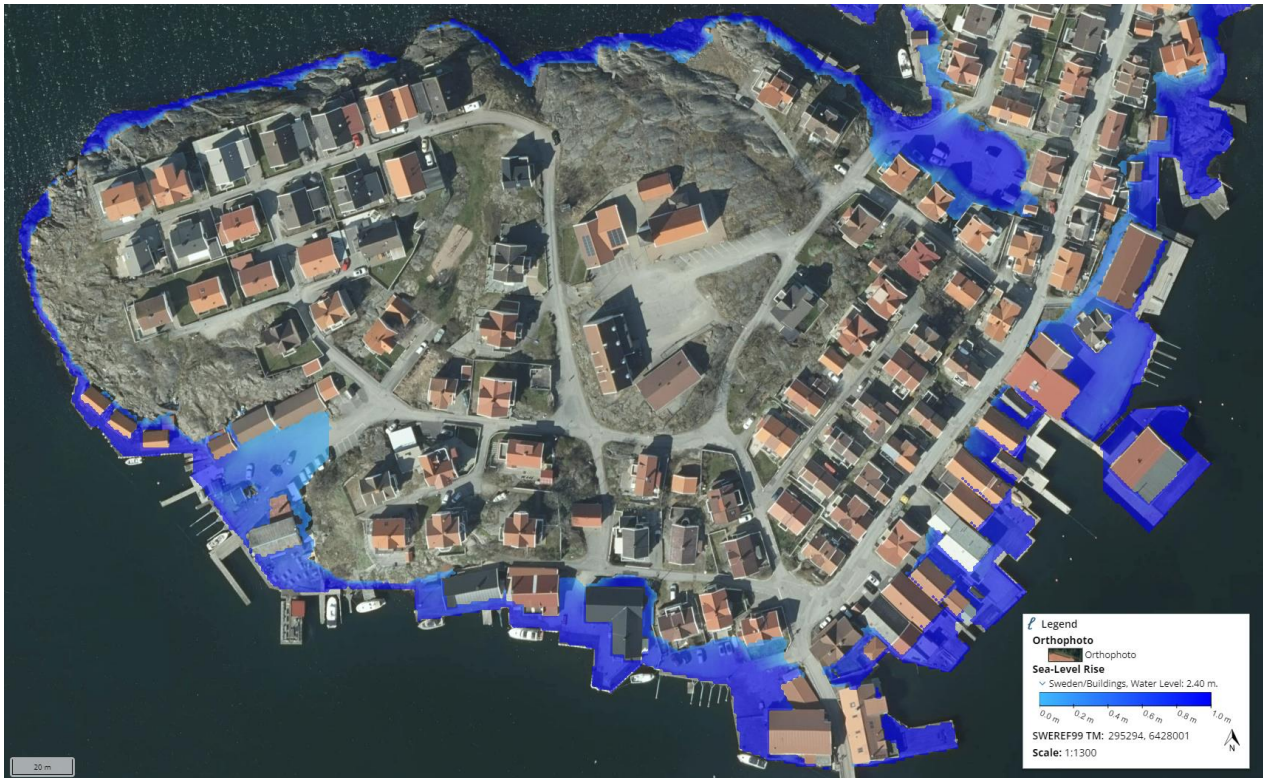


Figur 2-9. Översvämningsutbredning vid högsta beräknade högvatten i nuvarande klimat (~+2,0 m)

2.4.2.2 År 2070

Vid högsta beräknade högvatten (+2,4 m i RH2000) år 2070 så leder detta extrema högvattenstånd till en översvämningsutbredning för det södra planområdet som har stora likheter den för det nuvarande klimatet men med något förvärrade effekter för samma byggnader som redan identifierats som sårbara men med ökad utsatthet. Flertalet byggnader

som idag inhyser såväl verksamheter som fast boende påverkas. Flertalet byggnader som ligger utmed vattenlinjen i söder har vattendjup som överstiger 50 cm upp mot fasaden. Lokala vägar förblir i stort sett opåverkade och byggnader med teknisk infrastruktur är opåverkade.



Figur 2-10. Översvämningsutbredning vid högsta beräknade högvatten år 2070 (~+2,4 m)

2.4.2.3 År 2120

Vid högsta beräknade högvatten (+3,1 m i HR2000) år 2120 så leder detta extrema högvattenstånd till en översvämningsutbredning för det södra planområdet som har stora likheter den för det nuvarande klimatet men med något förvärrade effekter för samma byggnader som redan identifierats som sårbara men med ökad utsatthet. Flertalet byggnader som idag inhyser såväl verksamheter som fast boende påverkas. Flertalet byggnader som ligger utmed vattenlinjen i söder har vattendjup som överstiger 50 cm upp mot fasaden, några av dem har vattendjup som överstiger 100 cm mot fasaden. Lokala vägar förblir i stort sett opåverkade men åtminstone en byggnad med teknisk infrastruktur riskerar att påverkas med ansevära översvämningsdjup upp mot fasad..



Figur 2-11. Översvämningsutbredning vid högsta beräknade högvatten år 2120 (+3,1 m)

Dimensioneringskriteriet för höga havsnivåer föreslås utgå från en åtminstone den bedömt högsta sannolika nivån i samband med en 200-årshändelse i kombination med olika säkerhetsmarginaler beroende på konsekvens. Detta ligger helt i linje med de anvisningar som Länsstyrelsen förespråkar samt från rapporten "Stigande vatten – en handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden".

2.5 Förslag på åtgärder

2.5.1 Förslag på åtgärder i närtid:

Inga bostäder i nedre plan på hus med färdigt golv under + 3 meter.
 I byggnader med bostäder på övre plan där färdigt golv överstiger + 3 meter måste tillgänglighet till bostaden säkras även under perioder av extrema högvattenstånd.
 Fastigheter som påverkas av höga havsvattenstånd behöver tåla att utsättas för periodvisa översvämnningar utan att byggnader tar skada.
 Enligt gällande planförslag för båda dessa detaljplaner så anges att vid: "såväl ny som ombyggnad ska lägsta nivå för färdigt golv vara +3,4 m, alternativt ska åtgärder vidtas. Delar av byggnader som ligger under höjden +3,4 meter får inte inredas för bostadsändamål."
 Detta ställningstagande ger en säkerhetsmarginal på drygt +0,3 meter även till nivån för högsta beräknade högvatten år 2120, alltså nästa 100 år framåt i tiden.

2.5.2 Förslag på åtgärder som bör vara på plats senast 2070.

Utöver de åtgärder som identifieras att införas i närtid tillkommer en kombination av integrerade skydd i byggnader kompletterat med både fasta såväl som mobila skydd för att även

fortsättningsvis säkerställa tekniska infrastruktur samt tillgänglighet till samtliga bostäder vid högvatten.

2.5.2.1 Norra planområdet:



Figur 2-12. Översvämningsutbredning år 2120 i samband med ett högsta beräknade högvatten. Bilden till vänster visar översvämningsutbredningen utan åtgärder och bilden till höger visar översvämningsutbredningen med identifierade åtgärder integrerade. Översvämnningen vid profästet är missvisande då det bygger på ett modellantagande som inte är korrekt. Denna del av bron riskerar inte att översvämmas.

2.5.2.2 Södra planområdet:



Figur 2-13. Översvämningsutbredning år 2120 i samband med ett högsta beräknade högvatten. Bilden till vänster visar översvämningsutbredningen utan åtgärder och bilden till höger visar översvämningsutbredningen med identifierade åtgärder integrerade. Översvämningsdjupen på vägen som förbinder Koholmen med Klädesholmen överstiger inte 10 cm så framkomligheten för persontrafik och utryckningsfordon är säkerställd.

3. Förutsättningar för analys av skyfall

3.1 Rekommendationer för skyfall

Sedan en tid tillbaka tar Länsstyrelsen i Västra Götaland upp risken för översvämning till följd av skyfall i alla planer. Extrem nederbörd eller skyfall är något som kan orsaka problem redan idag och som förväntas bli vanligare och intensivare i framtiden. Konsekvenserna av ett skyfall, minst ett 100-årsregn, behöver därför utredas och beskrivas i en detaljplan. Planens eventuella påverkan på närområdet behöver också ingå i analysen. Det ska även beskrivas hur vattenmängderna kan påverka området, där även dagvattenhanteringen inom området ska beskrivas. Utredningen ska även beskriva hur stora flöden utöver föreslagna dimensionerad dagvattenhantering, ska säkras upp med ytliga sekundära avrinningsvägar vid skyfall.

En beskrivning på hur de tänkta lösningarna inom området ska klara minst ett 100-årsregn ska utformas samt hur skyddsåtgärderna ska underhållas över tid. Detta enligt Länsstyrelsen faktablad 2018:5 "Rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall – stöd i fysisk planering".

3.2 Allmänt om klimatanpassning för skyfall

Enligt Boverkets allmänna råd för bedömning av risken för översvämning skall markens lämplighet för ett visst ändamål bedömas för varje detaljplan, var för sig. Följande aspekter har betydelse för konsekvenserna av en översvämning och bör enligt Boverket vägas in vid bedömning av översvämningens risk i den fysiska planeringen:

- Översvämningens utbredning
- Översvämningens varaktighet
- Planområdets sammanhang med omgivande mark- och vattenområden
- Tillgänglighet
- Liv och hälsa
- Skador på funktioner och egendom

Enligt Länsstyrelsen i Västra Götalands och Stockholms läns faktablad, "Fakta 2018:5, Rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall – stöd i fysisk planering" beskriver de bland annat hur risken för översvämning till följd av skyfall konkret behöver hanteras i enskilda detaljplaner.

Länsstyrelsen rekommenderar bl. a:

- Att ny bebyggelse ska planeras så att den inte tar skada eller orsakar skada vid en översvämning från minst ett 100-årsregn
- Risken för översvämning från ett 100-årsregn ska bedömas i detaljplanen och eventuella skyddsåtgärder ska säkerställas.
- Samhällsviktig verksamhet ska ges en högre säkerhetsnivå och planeras så att funktionen kan upprätthållas vid en översvämning.
- Framkomligheten till och från planområdet ska bedömas och ska vid behov säkerställas.

Hänsyn till dessa rekommendationer ska tas vid planering av all ny bebyggelse, såväl vid lokalisering, som placering och utformning. En skyfallsplanering kan utföras för att t.ex. ingå som del i kommunens risk- och sårbarhetsanalys, ett tematiskt tillägg till den fördjupade översiktsplanen eller som ett fristående dokument i en detaljplan. Nedan följer en kort beskrivning på hur klimatanpassningsarbetet genomförts för detaljplaneområdet.

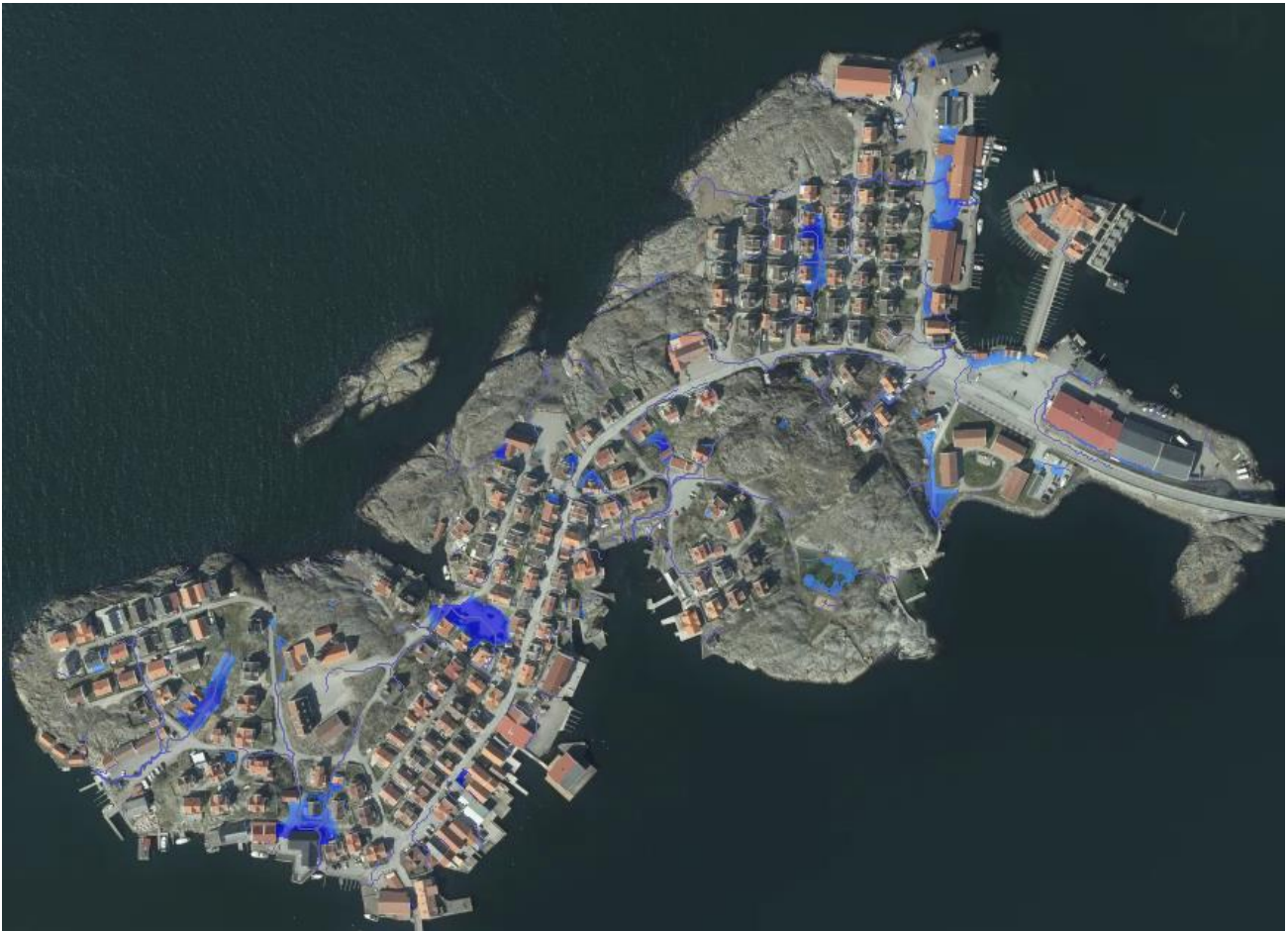
3.3 Skyfallsstudie

Med skyfall avses en större mängd nederbörd som faller på kort tid. SMHI definierar ett skyfall, som "en mycket kraftig regnskur, som ger minst 50 mm på en timme eller minst 1 mm på en minut". I denna studie har emellertid ett kraftigare regn studerats, dvs. ett 100-årsregn som faller under 6 timmar med klimatfaktorn 1,4 i enlighet med rekommendationerna från SMHI (2018) samt Länsstyrelserna (2019).

Följande förutsättningar samt arbetsgång har tillämpats vid beräkningarna;

- Endast ytavrinningsmodellering i Scalgo Live.
- Hela 100-årsregnets belastning har lagts direkt på markytan och får via ytberäkningsmodellen avrinna och avledas genom planområdet.
- Ingen markinfiltration har antagits och regnet som använts är ett klimatanpassat 100-årsregn med klimatfaktorn 1,4 (CDS regn).
- Höjdmodellen som använts i beräkningen för hela avrinningsområdet är från Lantmäteriets höjddatabas, 1x1 m.
- Åtgärder mot stigande havsnivå har genomförts.

Sammanfattat kan sägas att den framtida översvämningsrisken har kartlagts med en beräkningsmodell som representerar avrinning och avledning på markytan. Ett 100-årsregn som faller under 6 timmar med klimatfaktor 1,4 genererar 120 mm regn, se Figur 3-1 nedan.



Figur 3-1. Lågpunkter (blå områden) och skyfallsstråk (blå linjer) vid 100-årsregn enligt RCP8,5. Endast lågpunkter som är djupare än 20 cm visas.

För att inte riskera instängda områden efter att åtgärder genomförts mot stigande havsnivåer, måste öppningar hållas i föreslagna åtgärder. På det sättet kan skyfallsvattnet rinna bort och vid ogynnsam väderlek när havet står högt, kan dessa öppningar stängas genom temporära lösningar.

Framkomligheten för de båda områdena bedöms som god (vattendjup under 20 cm över vägar) om öppningar i föreslagna åtgärder anläggs.

3.3.1 Skyfallsstudie norra området

Som framgår av nedanstående Figur 8 kommer skyfallsvattnet främst att bli stående och dämna upp mitt i bostadsområdet samt i anslutning till inritade åtgärder för stigande havsnivåer, vid ett klimatanpassat 100-årsregn. Öppningar i föreslagna åtgärder måste tillses i skyfallsstråken (markerade med gula pilar i Figur 3-2).



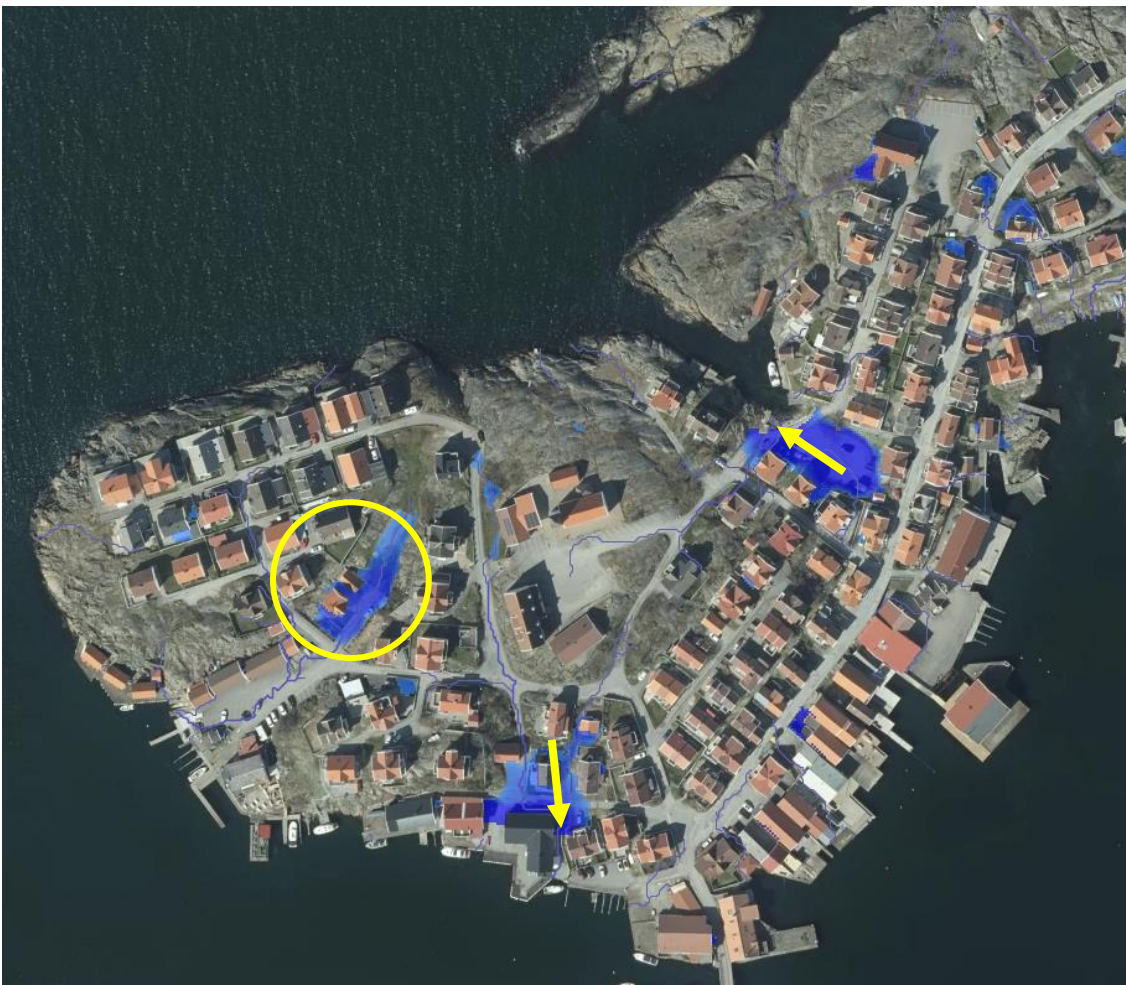
Figur 3-2. Skyfallsstråk (blå linjer) och vattendjup vid ett klimatanpassat 100-årsregn, endast lågpunkter som är djupare än 20 cm visas. Gula pilar indikerar tänkta öppningar där skyfallsvattnet ska kunna rinna igenom åtgärderna som föreslagits mot stigande havsnivåer.

3.3.2 Skyfallsstudie södra området

Skyfallsstudien för södra området visar i huvudsak två områden som stängs in med föreslagna åtgärder mot stigande havsnivåer (se Figur 3-3):

- vid den nordliga viken finns även utan åtgärd risk att vatten blir stående.
- i söder hindras vatten och skapar ett instängt område.

Åt väst föreslås inga åtgärder, men det finns risk att vatten blir stående vid två hus, se inringat område i figur 3-3. Ytlig avrinning bör säkerställas så att skyfall inte medför skador på fastigheterna och att utryckningsfordon kan nå byggnaderna vid större nederbördstillfällen.



Figur 3-3. Skyfallsstråk (blå linjer) och vattendjup vid ett klimatanpassat 100-årsregn, endast lågpunkter som är djupare än 20 cm visas (blå områden). Gula pilar indikerar tänkta öppningar där skyfallsvattnet ska kunna rinna igenom åtgärderna som föreslagits mot stigande havsnivåer. Hus som riskerar att få vatten upp över fasaden i väst har markerats med gul ring.

4. Vatten, avlopp och dricksvatten

4.1 Befintlig VA-försörjning

4.1.1 Dricksvattenförsörjning

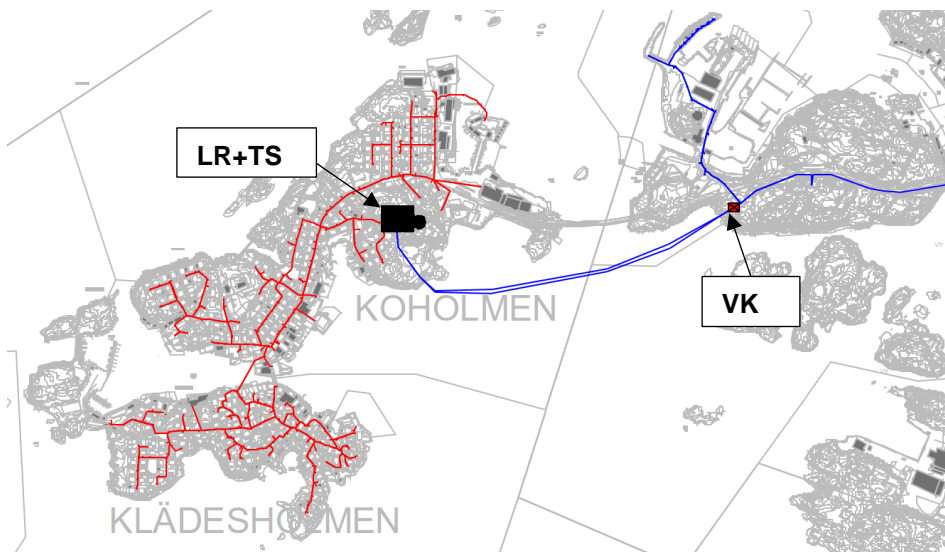
Koholmen och Klädesholmen försörjs med dricksvatten från det kommunala vattenverket i Tolleby, ca 4,5 km nordost om ön. Råvatten tas från 3 st. tjärnar och en mosse i nära anslutning till vattenverket.

Från vattenverket pumpas sedan vattnet ut i nordvästlig och sydvästlig riktning för försörjning av de västra och södra delarna av Tjörn. Det går bl.a. en äldre GJJ 200 mm ledning i sydvästlig riktning till Aröd. Här delar sig ledningen och en ledning går norrut för delförsörjning av Skårhamn, mm och en GJJ 150 mm ledning fortsätter i sydvästlig riktning mot Bleket. Från Bleket går sedan en GJJ 150 mm ledning i sydlig riktning för delförsörjning av Rönnäng och en GJJ 150 mm ledning i västlig riktning för försörjning av Koholmen/Klädesholmen.

På den sydvästra delen av Bockholmen finns en ventilkammare med en motorventil för försörjningen av Koholmen/Bockholmen via dubbla PE 110/90 mm sjöledningar. Motorventilens styrning har varierat under åren med styrs normalt av nivån i en reservoar på den nordöstra delen av Koholmen eller utifrån en önskvärd nivåvariation i reservoaren (en s.k. börkurva), lite beroende av aktuell förbrukningssituation (typ sommar/vinter). Reservoaren har en maximal volym om ca 375 m³, men effektiv arbetsvolym kan variera med årstidsvariationerna för förbrukningen. Reservoarens botten är belägen på nivån ca +17 m och dess högsta nivå är ca +28 m. En normal nivåvariation kan t.ex. ligga mellan ca +23 – 24 m.

Ovanstående nivåer är dock inte tillräckliga för att försörja all bebyggelse på Koholmen/Klädesholmen med erforderliga tryckförhållanden. Dessa skall vara minst 15 mvp ovan högsta tappställe i förbindelsepunkt, men bör kanske vara minst 25 mvp ovan högsta tappställe i förbindelsepunkt för att kunna tillgodose försörjning med modern VVS-utrustning inom fastigheten.

Det finns enstaka fastigheter med tappställen på ca +16 – 17 m, vilka erfordrar en trycknivå om minst ca +32 m, men helst ca +42 m. För att kunna tillgodose erforderliga tryckförhållanden tryckstegras utgående vatten från reservoaren till en trycknivå om ca +35 – 37 m, vilket dock är i lägsta laget.



Figur 4-1. Översikt Koholmen/Klädesholmen dricksvattensystem.

Det har inte funnits tillgång till driftdata beträffande förbrukningen på öarna på grund av trasig flödesmätare, men den har tidigare (2017) beräknats till i årsmedeltal ca 3,1 l/s, varav läckage ca 0,6 l/s. Det finns dock en stor andel sommarboende på öarna och en bedömning är att ca 50 % utgörs av sommarboende, vilket skulle kunna innebära att medelförbrukningen kan öka till upp emot 6 l/s under högsommarperioden.

Huvudledningsnätet på Koholmen/Klädesholmen utgörs främst av äldre gjutjärnsledningar med dimensionerna 150 mm och 100 mm. Det finns också mindre järnledningar med dimensionerna 80 mm och 50 mm. Det finns en stor risk att alla järnledningar på Koholmen/Klädesholmen kan vara delvis igenväxta med järnutfällningar, vilka kan bildas i samverkan mellan dålig vattenkvalitet, låga hastigheter och låg omsättning. Denna påväxt kan sänka kapaciteten betydligt i äldre ledningsnät med järnledningar.

Det är också oklart om pumparna har tillräcklig kapacitet för brandvattenförsörjning. Även ledningsnätets kapacitet för brandvattenförsörjning är ett stort frågetecken. Rent teoretiskt skall man dock kunna få ut ett brandpostflöde om ca 10 l/s i de brandposter som är belägna längst ut i ledningsnätet på Koholmen, t.ex. vid Hästeviksvägens pumpstation och vid Industrivägen 7. Det är dock tveksamt om man kan få ut 10 l/s i brandposterna vid Fiskhamnsvägen och Ångbåtsvägen på Klädesholmen.

Tidigare utförda beräkningar har visat på en medelvattenålder om ca 2,5 dygn i Klädesholmenreservoaren under lågsäsong. Medelvattenåldern i ledningsnätet kan sedan öka med ytterligare ett dygn.

4.1.2 Spillvattenavledning

Spillvattenavledningen från Koholmen och Klädesholmen är idag separerad. Avledning på Koholmen sker till största delen via seriepumpning i nordlig riktning längs en kedja med 5 st. avloppspumpstationer; Hästevik, Sparbanken, Karishamn, Västanvindsvägen och Idrottsvägen.

Från Idrottsvägen pumpas sedan spillvattnet från dessa områden söderut via en sjöledning till Sälvik huvudpumpstation på den sydöstra delen av Klädesholmen. Spillvatten från en mindre del av den mellersta, östra delen, av Koholmen pumpas direkt till Sälvik via en sjöledning och pumpstation vid Solviken. Det finns också ett antal mindre pumpstationer, som avleder spillvatten från någon/några enstaka byggnader till huvudsystemet.

Sammanfattningsvis kan man säga att spillvattensystemet på Koholmen/Klädesholmen sannolikt till stora delar är utbyggt under 60-talet och är i ganska dålig kondition. Systemets pumpstationer har relativt låga kapaciteter i förhållande till den belastning som kan ske under semesterperioden och i kombination hög nederbörd/höga havsnivåer.

4.2 Föreslagen VA-försörjning

4.2.1 Dricksvattenförbrukning

Tillkommande dricksvattenförbrukning har antagits och beräknats schablonartat då det saknas uppgifter om antal nya lägenheter. Det finns inte heller någon fungerande flödesmätare varför antagande också har gjorts angående semestermedelförbrukningen utifrån en årsmedelförbrukning om ca 2,5 l/s och 0,6 l/s i läckage, samt att endast ca 30 % av bebyggelsen utgörs av åretruntboende. Följande antaganden har gjorts:

- Befintlig semestermedelförbrukning, 6,0 l/s
- Lägenhetsyta om 75 m²/lägenhet
- 2,5 personer/lägenhet
- 0,1 l/sha för ospecificerade verksamheter/handel/kontor, etc.
- Specifik förbrukning om 160 l/pd
- Maxdygnsfaktor 1,5 (Svenskt Vatten)
- Maxtimfaktor 2,4 (Svenskt Vatten)

Det har föreslagits att befintliga magasinlokaler längs med Industrivägen byggs om med verksamheter/handel/kontor i markplan och lägenheter i ett övre plan. Tillkommande förbrukning har bedömts till enligt nedan:

Norra delen

- | | |
|-------------------------------------------------------------|----------------|
| • 11 st. nya stugor vid Salt & sill | 0,05 |
| • 20 st. nya lägenheter vid reservoaren | 0,10 |
| • 2 st. nya byggrätter, bedömt till 12 st. lägenheter | 0,06 |
| • 1 st. ny villa | 0,01 |
| • 4 000 m ² för lägenheter, ca 50 st. lägenheter | 0,23 |
| • 4 000 m ² för verksamheter/handel/kontor | 0,04 |
| • Totalt | 0,5 l/s |

Södra delen

- | | |
|----------------------------------------------------|----------------|
| • 1 st. ny byggrätt, bedömt till 12 st. lägenheter | 0,06 |
| • 1 st. ny villa | 0,01 |
| • <u>Utökning av restaurang</u> | <u>0,02</u> |
| • Totalt | 0,1 l/s |

Den totala ökningen beträffande medeldricksvattenförbrukningen bedöms grovt till ca 0,6 l/s för semesterperioden. Detta ger då nedanstående dimensionerande förbrukning:

- | | |
|----------------------------------|----------|
| • Medelförbrukning | 6,6 l/s |
| • Maxtimme-medeldygnsförbrukning | 15,8 l/s |
| • Maxtimme-maxdygnsförbrukning | 23,8 l/s |

Beträffande maximal spillvattenavrinning bedöms den motsvara dricksvattenförbrukningen, då det sannolikt inte kommer att byggas någon större mängd nya ledningar för enbart försörjning av den tillkommande bebyggelsen. Det kommer dock att ske en viss utjämning av flöden i ledningsnät och i pumpstationer.

4.2.2 Föreslagen dricksvattenförsörjning

För att säkerställa att befintlig och tillkommande dricksvattenförbrukning, samt brandvattenförsörjning, skall kunna tillgodoses föreslås följande:

1. Kapacitet och kondition för befintligt huvudsystem mellan reservoaren – Industrivägen och reservoaren – Klädesholmen måste klarläggas.
Detta kan ske genom utförande av spolning i ändbrandposter och mätning av flöde, samt tryckförluster längs sträckorna. Om ledningarna är i god kondition kan de användas för normal försörjning men om de är i dålig kondition kan det kräva rensning av eller omläggning av sträckor. Med tanke på ledningsnätets ålder måste man ta fram en plan för förnyelse av ledningsnätet
2. Vid ovanstående prov kan också maximal pumpkapacitet i anläggningen vid reservoaren bestämmas och om behov föreligger kan pumputrustningen bytas ut till pumpar med högre kapacitet
3. Med hjälp av ovanstående kan också möjligheter till brandvattenförsörjning om 10 l/s via öarnas brandposter belysas.
Man bör då också beakta att krav på brandvattenförsörjning för hotellverksamhet kan uppgå till 20 l/s.
Det måste därför klaras ut med Räddningstjänsten om vad som krävs och om brandvattenförsörjning möjligen kan tillgodoses genom uttag från havet
4. Viktigt att få till fungerande flödesmätning, som är uppkopplad mot driftövervakningssystemet. Mätning av flöde föreslås vid Bockholmen, utgående från tryckstegring vid reservoaren och för ledningen mellan Koholmen och Klädesholmen. Även tryck skall då mätas i dessa punkter

4.2.3 Föreslagen spillvattenavledning

Tillkommande spillvattenavrinning skall kunna anslutas till befintligt system utan större ledningsutbyggnader.

Spillvatten från den norra delen kommer då att direkt belasta Idrottsvägen avloppspumpstation, vilken har en bedömd låg kapacitet (ca 4 – 5 l/s) och bräddrisken vid stationen ökar kraftigt vid påkopplingen av den tillkommande bebyggelsen. Stationen kan normalt belastas med ca 0,7 l/s rent medelspillvattenflöde, som dock förmodligen kan vara betydligt högre under sommarperioden. Med tillkommande flöden riskerar man då att redan vid torrväder närma sig pumpstationens kapacitet med avrinning från dess självfallsområde. Till denna belastning kommer sedan pumpflöden via kedjan Hästevik, Sparbanken, Karishamn och Västanvindsvägen, vilka i sista steget skulle kunna uppgå till ungefär samma pumpflöde som i Idrottsvägen. Till detta kommer sedan belastning i form av felkopplade ytor, husgrundsdräneringar och havsvatteninläckage inom Idrottsvägens tillrinningsområde, vilket sannolikt innebär frekvent förekommande bräddningar till havet vid Rytterholmen.

Beträffande den södra delen är det tillkommande spillvattenflödet relativt litet men detta kan också påverka bräddförhållandena vid Sparbanken pumpstation och också öka belastningen i pumpkedjan mot Idrottsvägen.

För att säkerställa att befintlig och tillkommande spillvattenavledning skall kunna tillgodoses föreslås följande:

1. Uppföljning och fullföljande av resultat från Pollex inventering med bortkoppling av anslutna ytor, samt åtgärdande av havsinläckage. Detta kan också kräva TV-filmning av ledningar för att bestämma kondition. Om ledningarna är i god kondition kan de användas för normal avledning men om de är i dålig kondition kan det krävas omläggning av sträckor. Med tanke på ledningsnätets ålder måste man ta fram en plan för förnyelse av ledningsnätet
2. Inventering av alla pumpstationer med bestämning av pumpkapaciteter och bräddförhållanden. Installation av bakvattenluckor/backventiler om sådana saknas
3. Flödesmätningar i alla större avloppspumpstationer, 6 st. på Koholmen och 5 st. på Klädesholmen i syfte att bestämma nederbördspåverkan och havsinläckage inom resp. tillrinningsområde
4. Upprättande av och kalibrering av en hydraulisk modell beträffande spillvattenavledningen från öarna. Med modellen kan hänsyn till utjämning i ledningsnät och pumpstationer beskrivas på ett bra sätt och effekter i form av ökade pumpkapaciteter testas. Bräddfrequenser kan också beräknas
5. Flödesmätare installeras i de större stationerna, åtminstone i Sälvik och kopplas upp mot driftövervakningssystemet

Sannolikt kommer undersökningarna att även visa på behov av omläggning av sjöledningarna mellan Idrottsvägen – Sälvik och mellan Sälvik – Ängholmen ARV.

4.3 Befintlig avrinning av dagvatten

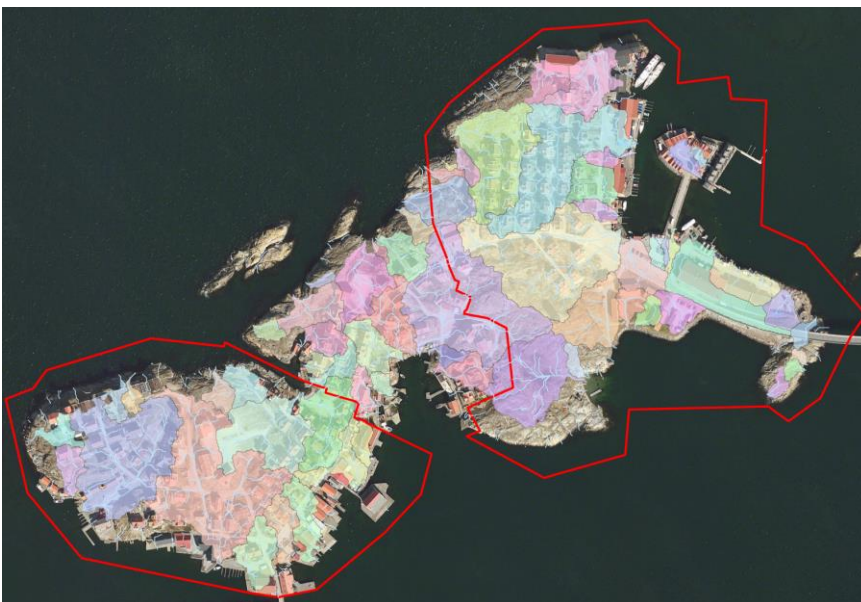
Koholmen/Klädesholmen ingår inte i kommunalt verksamhetsområde för dagvatten. Takavvattning från hus sker via utkastare till närliggande gata/tomtmark eller via stuprör ner i utfyllnad/stenkista. Gatuavvattning sker mestadels ytledes via gator, berghällar och gräsytor till havet. Det finns också några enstaka rännstensbrunnar, som avleder gatuvatten via korta ledningar till havet eller ner i utfyllnad. En mindre andel fastigheter har också takytor och spygatter kopplade till spillvattensystemet, vilka dock skall separeras. Avrinningsvägar framgår av figur 4-2.



Figur 4-2. Visualisering av ytliga avrinningsvägar (ljusblå linjer) för utredningsområdena (röd linje). Källa: Scalgo Live, data hämtat 2021-10-28, bakgrundskarta ESRI ortofoto.

4.3.1 Avrinningsområden för dagvatten

Avrinningsområdena beräknas utifrån höjddata och naturliga vattendelare där vattnet från ett avrinningsområde rinner ut i en punkt.



Figur 2-3. Avrinningsområden för dagvatten (färgade polygoner) med flödesvägar (ljusblå linjer). Källa Scalgo Live, 2021-10-28. Ortofoto bearbetat av Sweco.

4.4 Befintlig markanvändning

Befintliga dagvattenflöden och föroreningsinnehåll i dagvattnet har beräknats utifrån ortofoto. En generell indelning av markanvändning för de två områdena gjordes enligt figur 4-4 nedan.



Figur 4-4. Ytor för beräkning av dagvattenflöden samt halter och mängder av föroreningar före exploatering. De olika marktyperna beskriver ytor som lades in i Stormtac och som flödes- och föroreningsberäkningar utgår ifrån. Ortofoto bearbetat av Sweco.

Tabell 4-1. Ytor (ha), avrinningskoefficienter och reducerad area (ha) per markanvändning för norra och södra området före exploatering.

Markanvändning	Norra området			Södra området		
	Yta (ha)	Avr.koefficient	Red. yta (ha)	Yta (ha)	Avr.koefficient	Red. yta (ha)
Bergsyta	3,65	0,75	2,74	1,05	0,75	0,79
Centrumområde	2,16	0,6	1,30	2,12	0,6	1,27
Flerfamiljshus	0,48	0,4	0,19	-	-	-
Villaområde	2,19	0,25	0,55	3,03	0,25	0,76
Väg	0,38	0,8	0,30	0,42	0,8	0,34
Hamnområde	0,71	0,8	0,57	-	-	-
Industriområde	0,03	0,5	0,02	-	-	-
Brygga	0,26	1	-	-	-	-
Summa	9,86		5,66	6,62		3,15

4.5 Planerad markanvändning

Framtida markanvändning har delats in utifrån plankarta enligt Figur -4 nedan.



Figur 4-5. Ytor för beräkning av dagvattenflöden samt halter och mängder av föroreningar efter exploatering. Ortofoto bearbetat av Sweco.

Tabell 4-2. Ytor (ha), avrinningskoefficienter och reducerad area (ha) per markanvändning för norra och södra området efter exploatering.

Markanvändning	Norra området			Södra området		
	Yta (ha)	Avr.koefficient	Red. yta (ha)	Yta (ha)	Avr.koefficient	Red. yta (ha)
Bergsyta	2,81	0,75	2,11	0,89	0,75	0,67
Centrumområde	2,34	0,6	1,40	1,96	0,6	1,18
Flerfamiljshus	0,48	0,4	0,19	-	-	-
Villaområde	2,79	0,25	0,70	3,34	0,25	0,84
Väg	0,42	0,8	0,34	0,42	0,8	0,34
Hamnområde	0,99	0,8	0,79	-	-	-
Industriområde	0,03	0,5	0,02	-	-	-
Brygga	0,51	1	0,51	0,09	1	0,09

Summa	10,37		6,05	6,70		3,10
-------	-------	--	------	------	--	------

4.6 Recipienter

Tre vattenförekomster tar emot dagvatten från Koholmen: Hjärteröfjorden (WA21122787), Marstrandsfjorden (WA25351289) och Klädesholmenområdet (WA84417938).



Figur 4-6. Vattenförekomsterna kring Koholmen. Utredningsområdet i rött.

4.7 Status och miljö kvalitetsnormer

Status och miljö kvalitetsnormer för de tre angränsande kustvattenförekomsterna Hjärtöfjärden, Klädesholmenområdet och Marstrandsfjorden framgår av tabell 4-3 nedan.

För ekologisk status klassificeras alla vattenförekomster till måttlig ekologisk status och bedömningen baseras på miljökonsekvenstypen Övergödning. Miljökonsekvenstypens klassificering grundar sig på kvalitetsfaktorerna växtplankton och näringsämnen. För växtplankton har mängden klorofyll a uppmätts i halter i närliggande vattenförekomster som motsvarar måttlig status. En extrapolering har gjorts till bland annat Hjärtöfjärden, Klädesholmenområdet och Marstrandsfjorden och klassificeringen har därmed låg tillförlitlighet.

Den kemiska statusen är Uppnår ej god, vilket beror på de nationellt överskridande ämnena kvicksilver och kvicksilverföreningar samt bromerad difenyleter. Tributyltenn (TBT) har uppmätts i halter som överskrider gränsvärdet i sediment i Marstrandsfjorden.

Tabell 4-3. Status och miljö kvalitetsnormer för Hjärtöfjärden, Klädesholmenområdet och Marstrandsfjorden.

Status och miljö kvalitetsnorm, Hjarteröfjorden		
Ekologisk status	Måttlig	
Kvalitetskrav ekologisk status – norm	God status 2027	
Kemisk ytvattenstatus	Uppnår ej god	
Kvalitetskrav kemisk ytvattenstatus – norm	God status	
Status och miljö kvalitetsnorm, Klädesholmenområdet		
Ekologisk status	Måttlig	
Kvalitetskrav ekologisk status – norm	God status 2027	
Kemisk ytvattenstatus	Uppnår ej god	
Kvalitetskrav kemisk ytvattenstatus – norm	God status 2027	
Status och miljö kvalitetsnorm, Marstrandsfjorden		
Ekologisk status	Måttlig	
Kvalitetskrav ekologisk status – norm	God status 2027	
Kemisk ytvattenstatus	Uppnår ej god	
Kvalitetskrav kemisk ytvattenstatus – norm	God status 2027	

4.8 Förorenad mark

På Koholmen och Klädesholmen finns två identifierade potentiellt förorenade områden. Båda är klassificerade som riskklass 2-objekt där sediment kan ha blivit förorenat av småbåtshamnsverksamhet.



Figur 4-7. Karta över potentiellt förorenade områden (EBH). Oranga prickar indikerar objekten.

5. Dagvatten

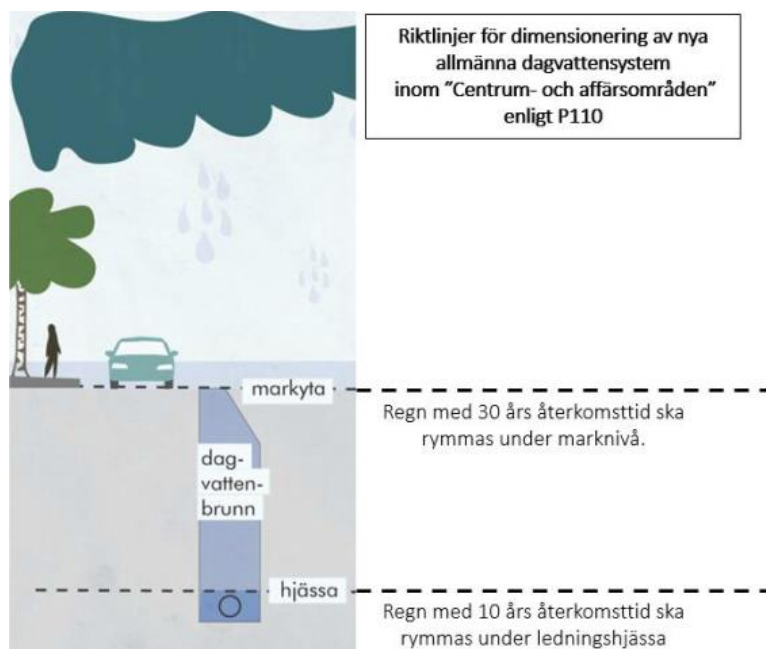
5.1 Befintlig dagvattenhantering

Allmänna dagvattenledningar (BTG 225 och 300) finns ca 70 meter söder om planområdet (i höjd med spillvattnets släppbrunn startar ledningarna, se **Fel! Hittar inte referenskälla.4-9**).

5.2 Metod

Beräkning av dimensionerande dagvattenflöden har utförts med rationella metoden enligt riktlinjer och beräkningsmetod från Svenskt Vattens publikation P110 "Avledning av dag-, drän- och spillvatten" (Svenskt vatten, 2016).

Publikationen P110 anger minimikrav på återkomsttid för regn vid dimensionering av nya allmänna dagvattenanläggningar. Dimensionerande återkomsttid anges utifrån aktuell bebyggelseyp, för trycknivå i ledningshjässas och i marknivå. För bebyggelseypen "Centrum- och affärsområde" ska anläggningar dimensioneras för trycklinje i ledningshjässas för regn med 10 års återkomsttid och trycklinje under marknivå för regn med 30 års återkomsttid, se 5-1 för illustration.



Figur 5-1. Illustration riktlinjer på minimum återkomsttid på nederbörd vid dimensionering av nya allmänna dagvattensystem. Riktlinjerna gäller även för öppna dagvattenanläggningar.

Rationella metoden tar hänsyn till områdets area, avrinningskoefficient och rinntid. Avrinningskoefficienten är nära kopplad till andelen hårdgjord yta och är ett mått på den maximala andelen av ett avrinningsområde som kan bidra till avrinning. Avrinningskoefficienten har alltid ett värde mellan 0 och 1. Desto högre värde desto större andel av vattnet rinner av från ytan efter ett regn. Avrinningskoefficienter för aktuell markanvändning före och efter exploatering har valts enligt rekommendationer i P110.

För flödesberäkningar efter exploatering har en klimatafaktor på 1,25 använts, för att ta hänsyn till ökad nederbördsintensitet till följd av klimataförändringarna.

5.3 Beräkningar av föroreningar i dagvatten

Beräkning av föroreningsbelastning och reningseffekt har utförts med hjälp av den webbaserade recipient- och dagvattenmodellen StormTac Web (v.21.4.2). Modellen är ett planeringsverktyg där översiktliga beräkningar av flöden och koncentrationer av olika föroreningar i dagvatten kan utföras. Nödvändiga indata till verktyget består av nederbördsmängd samt det aktuella områdets area och markanvändning. Till beräkningarna använder verktyget kvalitetsgranskade schablonhalter av föroreningar, baserade på flödesproportionell provtagning.

Observera att beräkningarna är en förenklad beskrivning av verkligheten som inte fullt ut kan återspegla de komplexa skeenden som tillsammans påverkar föroreningsinnehållet i dagvattnet. Omfattningen av StormTac Webs dataunderlag varierar mellan olika typer av föroreningar, likaså för markanvändningar, vilket ger föroreningsberäkningarna en viss osäkerhet. Mot bakgrund av avsaknaden av andra verktyg som beskriver dagvattnets föroreningsinnehåll och reningseffekt i dagvattenanläggningar, bedöms StormTac Web trots dess osäkerheter, som den mest lämpliga metoden att använda för att beräkna föroreningsbelastning i föreliggande fall. Verktygets osäkerhet behöver dock beaktas när slutsatser dras.

Beräkningarna grundas på en medelnederbörd på 853 mm/år (klimatnummer på mätstation: 81170 (Lysekil) multiplicerat med en korrektionsfaktor på 1,1 för att ta hänsyn till mätförluster vid stationen. Korrigerat värde på medelnederbörd blir 938 mm/år. Stationen har varit i drift sedan 1879.

5.4 Dagvattenflöden

Dimensionerande dagvattenflöden har beräknats för återkomsttiderna 10 och 30 år och framgår av Tabell 5-1 och Tabell 4-2. En klimatkfaktor på 1,25 har använts för beräkningarna efter exploatering.

Tabell 5-1. Dimensionerande dagvattenflöden (l/s) före och efter exploatering för norra utredningsområdet vid regn av nuvarande årsmedel samt återkomsttid 10 år och 30 år. Klimatkfaktor 1,25 har inkluderats vid beräkning av dagvattenflöden efter exploatering.

Återkomsttid	Före exploatering	Efter exploatering
Årsmedel	2,1	1,9
10 år	1 400	1 500
30 år	2 000	2 200

Tabell 4-2. Dimensionerande dagvattenflöden (l/s) före och efter exploatering för södra utredningsområdet vid regn av nuvarande årsmedel samt återkomsttid 10 år och 30 år. Klimatkfaktor 1,25 har inkluderats vid beräkning av dagvattenflöden efter exploatering.

Återkomsttid	Före exploatering	Efter exploatering
Årsmedel	1,3	1,4
10 år	840	1 100
30 år	1 200	1 600

Dimensionerande flöde och ledningsdimension för vart ledningsstråk behöver beräknas i samband med kommande förprojektering, då placering av serviser och ledningslutningar utreds.

Dimensionering av dagvattenledningssystemet bör göras utifrån P110 i avsnitt **Fel! Hittar inte referenskälla.** Regn med 10 års återkomsttid ska rymmas under ledningsnätets hjässa och regn med 30 års återkomsttid ska rymmas under marknivå.

Dagvattenledningssystemet kan även utformas ytligt.

5.5 Föroreningar i dagvattnet

Beräknade föroreningshalter och mängder för norra och södra området framgår av 5-3 och 5-4 nedan. För att inte riskera försämrade möjligheter att uppnå miljö kvalitetsnormerna för vattenförekomsterna bör inte halter eller mängder öka efter jämfört med före exploatering.

Tabell 5-3. Tabell med föroreningar före och efter exploatering utan rening för norra området. Fetmarkerade celler indikerar högre värden efter exploatering jämfört med före.

Parameter	Beräknade föroreningshalter (µg/l) före och efter exploatering		Beräknade föroreningsmängder (kg/år) före och efter exploatering	
	Före	Efter	Före	Efter
Fosfor	140	150	9,1	10
Kväve	1500	1500	100	100
Bly	8	9	0,5	0,58
Koppar	16	18	1,1	1,2
Zink	66	74	4,4	5,0
Kadmium	0,35	0,37	0,03	0,03
Krom	3	3	0,20	0,23
Nickel	4	5	0,3	0,3
Suspenderad substans	45 000	49 000	3 000	3 300
Benso(a)pyren	0,03	0,03	0,0	0,002

Tabell 5-4. Tabell med föroreningar före och efter exploatering utan rening för södra området. Fetmarkerade celler indikerar högre värden efter exploatering jämfört med före.

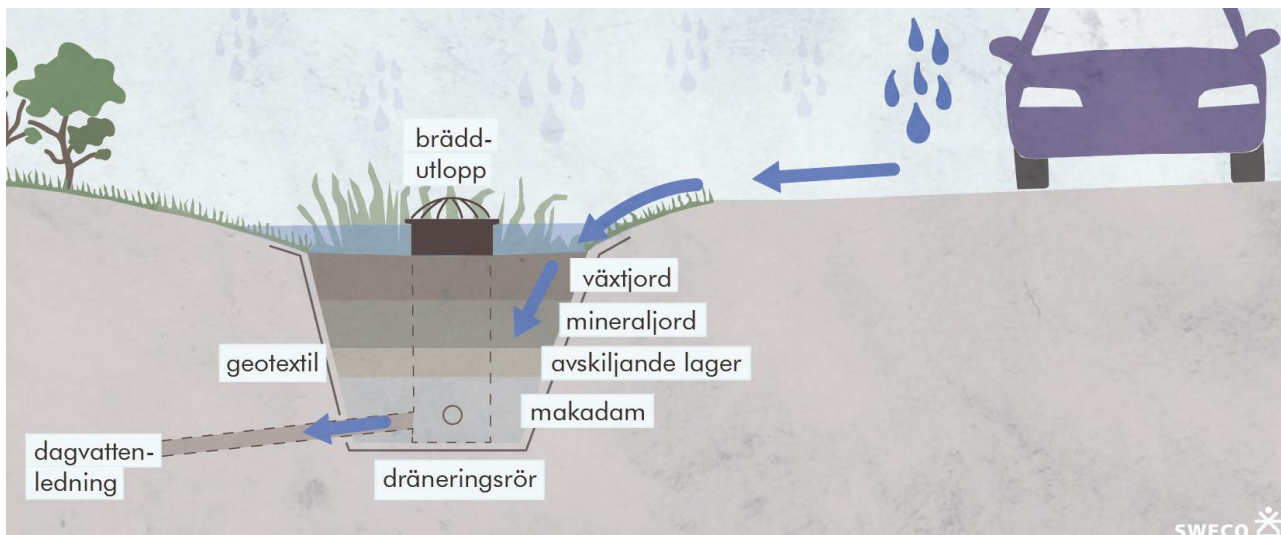
Parameter	Beräknade föroreningshalter (µg/l) före och efter exploatering		Beräknade föroreningsmängder (kg/år) före och efter exploatering	
	Före	Efter	Före	Efter
Fosfor	150	150	6,4	6,3
Kväve	1 500	1 500	64	63
Bly	8,9	8,8	0,37	0,36
Koppar	15	15	0,63	0,63
Zink	68	68	2,8	2,8
Kadmium	0,45	0,44	0,018	0,018
Krom	3,6	3,6	0,15	0,15
Nickel	5,1	5,2	0,21	0,21
Suspenderad substans	49 000	48 000	2 000	2 000
Benso(a)pyren	0,042	0,041	0,0017	0,0017

5.6 Föreslagen dagvattenhantering

I föreliggande kapitel redovisas förslag på dagvattenhantering inom utredningsområdena. Förslaget inkluderar åtgärder för rening av dagvatten samt avledning av dagvatten till recipienter. Föroreningshalter efter reningsåtgärd redovisas, vilket utgör en grund i bedömningen av planens påverkan på recipientens möjlighet att uppnå gällande miljö kvalitetsnormer (MKN).

Föreslagen dagvattenhantering fokuserar primärt på rening. Fördröjning av dagvatten bedöms inte nödvändigt med anledning av planområdets närhet till recipienter.

Då vissa ämnen uppvisar högre värden efter jämfört med före exploatering föreslås reningsanläggningar i form av nedsänkta växtbäddar (se Figur för illustration) i anslutning till de centrumområden, platser med de mest trafikerade ytorna eller vid de största parkeringsytorna.



Figur5-2. Illustration av nedsänkt växtbädd. Illustration: Sweco.

Norra området

För norra området överskrider mängder eller halter för alla modellerade ämnen förutom benso(a)pyren. Av aktuella markanvändningar inom norra området förväntas störst mängder föroreningar uppstå från centrumområdet och hamnområdet.

Föreslagna dagvattenanläggningar anläggs företrädesvis i anslutning till permanenta lösningar för stigande havsnivåer samt inom centrumområdet så att avrinning från vägområden, parkeringsytor och andra förorenande ytor renas i dessa anläggningar.

Skillnaden i markanvändning före och efter exploatering är att ytan för bergsyta minskar något medan centrumområde, villaområde, väg och hamnområde ökar samt fler bryggor tillkommer. Mängden föroreningar som uppkommer från bryggor har inte beaktats i föroreningsberäkningarna.

För att inte överskrida mängden fosfor per år efter, jämfört med före, exploatering, måste mängden fosfor minska med 0,9 kg per år för norra området. Detta uppnås genom att anlägga minst 200 m² växtbäddar och bäst reningseffekt uppnås om de anläggs på centrumområde och främst vid körbara ytor eller parkeringsplatser där föroreningsbelastningen bedöms vara störst.



Figur 5-3. Illustrativt ytanspråk (200 m²) av växtbäddar (gröna rektanglar).

Södra området

Mängden föroreningar för södra området bedöms minska efter, jämfört med före, exploatering. Inga åtgärder för rening föreslås därmed för södra området.

5.7 Föroreningar efter reningsåtgärd

Mängden föroreningar efter exploatering (med rening) visas i Tabell 5-5 nedan. Reningen är beräknad utifrån att inget av ämnena ska öka efter, jämfört med före exploatering.

Tabell 5-5. Mängden (kg/år) föroreningar totalt sett för hela området (norr + söder).

Parameter	Beräknade föroreningsmängder (kg/år) före och efter exploatering, utan rening		Beräknade föroreningsmängder (kg/år) efter exploatering, efter rening
	Före	Efter (utan rening)	Efter (med rening)
Fosfor	15,5	16,3	15,5
Kväve	164	163	158
Bly	0,9	0,9	0,9
Koppar	1,7	1,8	1,7
Zink	7,2	7,8	7,2
Kadmium	0,04	0,04	0,04
Krom	0,37	0,4	0,37
Nickel	0,48	0,5	0,48
Suspenderad substans	5 000	5 300	4 990
Benso(a)pyren	0,004	0,004	0,004

5.8 Bedömning av planens påverkan på MKN

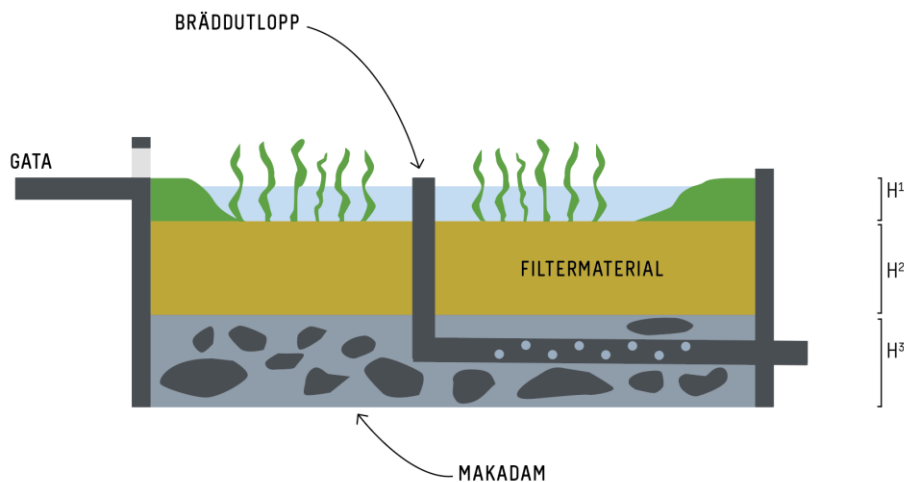
Med föreslagna reningsåtgärden bedöms planen inte medföra försämrade möjligheter för vattenförekomsterna att uppnå MKN då mängderna föroreningar i utgående dagvatten efter exploatering beräknas vara något lägre eller på samma nivå som före exploatering.

Då de flesta av föroreningarna bedöms minska bedöms även de synergistiska effekterna av giftpåverkan att minska vilket förbättrar levnadsvillkoren för de vattenlevande organismer som uppehåller sig intill avrinnande ytor.

5.9 Rening av dagvatten - rekommendationer

Föreliggande utredning resulterar i följande slutsatser och rekommendationer:

- Olika typer av rening kan anläggas och bör kombineras med föreslagna åtgärder för stigande havsnivåer och öppningar för skyfallsstråk.
- I värsta fall kan anläggningarna anpassas som pumpgröpar för att kunna pumpa ut överflödigt vatten över barriären mot havet.
- Anläggning av 200 m² nedsänkta växtbäddar i centrumområdet för det norra området. Växtbädden/växtbäddarna utformas så att bräddning kan ske när växtbädden är fylld. Reglerhöjden av växtbädden (H1) bör sättas för att optimera vattenbalansen för planterade växter. H2, eller mängden filtermaterial, bör sättas för att optimera reningseffekt samtidigt som hänsyn tas till platsspecifika förhållanden och driftförutsättningar. Kostnaden för att anlägga växtbäddar beräknas till i genomsnitt 10 000 kr per kvadratmeter och driftkostnader liknande de för skötsel av vanliga rabatter tillkommer.



Figur 5-3. Illustration av nedsänkt växtbädd i genomsnitt. Dagvattnet infiltrerar genom anläggningen till det dränerande lagret av makadam där det leds ut genom anläggningen via dränerings.

6. Slutsatser

Stigande hav:

Utifrån det rådande vetenskapliga kunskapsläget så är det ställt utom allt tvivel att havets normalnivå stiger och med detta stiger även den marknivå (i RH2000) som riskerar att översvämmas i samband med olika typer av högvattenhändelser. Det har i flertalet studier (kostnadsnyttoanalyser) för andra kustområden i Sverige visat sig samhällsekonomiskt försvarbart (åtminstone 100 år framåt) att anpassa samhället för att klara allt högre temporära havsnivåer och allra mest fördelaktigt att genomföra denna anpassning stegvis. Det nu rådande kunskapsläget gör gällande att Koholmen genom en kombination av anpassad bebyggelse, fasta och mobila översvämningsskydd inom en snar framtid behöver kunna möta en högvattenhändelse på ca +2,3-2,4 meter. Denna skyddsnivå kommer kunna skydda invånarnas liv och egendom i enlighet med gällande rekommendationer från Länsstyrelsen fram till år 2070. Därefter behöver skyddsnivån höjas ytterligare till +3,0-3,1 meter (RH 2000), vilket sker motsvarande skydd ytterligare 50 år fram till 2120. Det är dock viktigt att fortsatt följa det vetenskapliga kunskapsläget framöver och eventuellt justera planerad skyddsnivå.

Skyfall:

Översvämningens risk kopplat till skyfall har analyserats utifrån motsvarande klimatförändring som varit utgångspunkt för analysen av stigande hav. Ett par mer omfattande befintliga lågpunkter på ön har identifierats. En inom det norra området och en inom det södra. Vid kraftiga skyfall riskerar vattennivån att påverka befintlig bebyggelse. Övriga identifierade översvämningens risker är i anslutning till de instängda områden som kan tillskapas i samband med utbyggnaden av fasta översvämningsskydd mot stigande hav. Det blir därför avgörande att säkerställa öppningar i fasta havsnivåskydden där skyfallsstråken går så att god avrinning tillgodoses. Dessa öppningar kan sedan stängas till i samband med risk för en högvattenhändelse.

VA-försörjning:

Studier av befintliga VA-system pekar på att man innan exploatering tillåts måste gå igenom befintliga system och se om de kan användas för anslutning av tillkommande bebyggelse. Befintliga system är till stora delar sannolikt utbyggda på 60-talet och till stora delar i dålig kondition med låg kapacitet beträffande dricksvattensystemet, samt dåliga möjligheter till brandvattenförsörjning.

Spillvattensystemet är belastat med viss nederbördsberoende påverkan och även inläckage av havsvatten. Även pumpstationerna behöver ses över, då det förekommer stor risk för bräddningar på grund av låga pumpkapaciteter och kläna tryckledning, samt risk för bakvatteninträngning via bräddavlopp.

Sweco har tagit fram förslag beträffande undersökningar av VA-systemet i syfte att kontrollera kondition, förslå åtgärder och bedöma möjligheter till framtida anslutning av tillkommande bebyggelse. Sweco anser att man inte bör koppla på någon ny bebyggelse förrän dessa undersökningar/utredningar har utförts och åtgärder genomförts.

Ledningsnätet behöver successivt bytas ut inom en nära förestående framtid och en förnyelseplan måste därför tas fram.

Dagvatten:

Då det inte i dagsläget finns några anläggningar för rening av dagvatten, och skillnaden i markanvändning före jämfört med efter exploatering, bedöms föreslagna reningsåtgärder medföra ökade möjligheter för vattenförekomsterna att uppnå MKN då mängderna föroreningar i utgående dagvatten efter exploatering beräknas vara något lägre eller på samma nivå som före exploatering. För att reningseffekten i föreslagna växtbäddar ska ligga på en hög nivå krävs att ett skötselprogram upprättas och följs. Reningseffekten i växtbäddarna uppnås bland annat genom infiltration, växtupptag, mikrobiologisk nedbrytning och adsorption till filtermaterialen.

Då de flesta av föroreningarna bedöms minska bedöms även de synergistiska effekterna av giftpåverkan att minska vilket förbättrar levnadsvillkoren för de vattenlevande organismer som uppehåller sig intill avrinnande ytor.

Referenser

- IPCC, AR5 Climate Change: "The Physical Science Basis" (2013)
- IPCC, "Special Report in the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate" (2019)
- IPCC, AR6 Climate Change: "The Physical Science Basis" (2021)
- Länsstyrelserna i Västra Götalands och Värmlands län, 2011. Stigande vatten – en handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden".
- Länsstyrelsen Västra Götalands län, Faktablad – KUSTEN (Version 2.0) (2014)
- Länsstyrelserna, "Rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall – stöd i fysisk planering", Fakta 2018:5, Länsstyrelsen i Västra Götalands, Länsstyrelsen i Stockholms län (2018)
- MSB, 2017. Vägledning för skyfallskartering - Tips för genomförande och exempel på användning, publikationsnummer MSB1121, augusti 2017.
- SMHI, Uppdaterad klimatanalys av havsvattenstånd i Västra Götalands län. SMHI på uppdrag av Länsstyrelsen Västra Götaland, Rapport nr 2011-45 (2014)
- SMHI, "Karttjänst för framtida medelvattenstånd längs Sveriges kust" (Klimatologi Nr.41, 2017)
- SMHI, rapport "Beräkning av högsta vattenstånd längs Sveriges kust" (Klimatologi Nr.45, 2017)
- SMHI, "Extremvattenstånd i Stenungsund", Dnr. 2018/955/9.5 (2018)
- SMHI, rapporten "Extremregn i nuvarande och framtida klimat: analyser av observationer och framtidsscenarioer" (SMHI 2018).
- SMHI, "Osäkerhetsintervaller vid beräkning av återkomsttider", Dnr. 2018/61/9.5 (2019)
- Svenskt Vatten, P110 "Avledning av dag-, drän-, och spillvatten" (2016)

Appendix 1

Havsvattenstånd:

Medelvatten (MV) 1995 +4,1 cm (Tjörn) – SMHI Klimatologi 41, 2017

Landhöjning (cm/år) 0,32 (Tjörn) – SMHI Klimatologi 41, 2017

Högsta observerade havsnivå före storm: +45 cm (Göteborg (Torhamnen)), +43 cm (Smögen)

Högsta observerade nettohöjning : +141 cm (Göteborg (Torhamnen) och Smögen)

Högsta beräknade havsvattenstånd: +184-186 cm men enligt SMHIs metod så kan det anses befogat att ange +190 cm.

100 års återkomsttid vattenstånd: +164 cm (138-189cm) (Göteborg Torhamnen); +161 cm (144-176 cm) (Stenungsund) +142 cm (128-152cm) (Smögen)

200 års återkomsttid vattenstånd: +171 cm (138-203cm) (Göteborg Torhamnen); +167 cm (146-184 cm) (Stenungsund) +148 cm (130-176 cm) (Smögen)

Vattenståndsrekord: Göteborg T +150 cm (1985); Göteborg R +164 cm (1914); Stenungsund +157 cm (1981), Uddevalla +163 cm (2016), Smögen +150 cm (1920)

AR6 (2021) SSP-8,5 (1986-2005): +80 cm (66-105 cm) år 2100