



Skyddsvall Lomma

Lomma Kommun

PM

Juni 2020

Denna rapport har tagits fram inom DHI:s ledningsystem
för kvalitet certifierat enligt ISO 9001 (kvalitetsledning) av Bureau Veritas

ISO 9001
Management System Certification

BUREAU VERITAS
Certification Denmark A/S



Skyddsvall Lomma

Framtagen för Lomma Kommun
Kontaktperson Sofie Norin

Projektledare	Erik Mårtensson
Kvalitetsansvarig	Christofer Karlsson
Handläggare	Martin Johnsson, Christofer Karlsson, Erik Mårtensson

Uppdragsnummer	12804555-01
Godkänd datum	2020-06-25
Version	Slutlig
Klassificering	Öppen



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning	2
2	Framtida havsnivåer	3
2.1	Medel- och extremvattenstånd.....	3
2.2	Vågeffekter.....	4
2.2.1	Modell och data.....	5
2.2.2	Våghöjd, -uppstuvning och -uppsköljning	7
3	Skyddsvall	10
3.1	Befintlig vall.....	10
3.2	Framtida skydd.....	12
4	Påverkan på dagvatten- och skyfallshantering samt grundvatten	15
4.1	Generellt.....	15
4.2	Kombinerade händelser	15
4.3	Åtgärder	17
5	Slutsatser och rekommendationer	18
6	Referenser	19

FIGURER

Figur 1. Framtida medelvattenstånd, 100 års nivå samt övre konfidensintervall för 100 års nivå för Lomma utgående från FN:s klimatpanels senaste utgåva från oktober 2019, klimatscenario RCP 8,5.	4
Figur 2. Illustrering av olika effekter som bidrar till vattenståndshöjningar vid strandlinjen. Dessa adderas på Normalvattenståndet. Extremvattenståndet (inkluderar uppstuvning från vindströmmar) och våguppstuvningen överlagras på samma sätt. Våguppsköljningen är mer variabel och bunden till de fria ytvågorna. Illustration hämtad från /3/.	5
Figur 3. Beräkningsnät för vågmodellen i Lommabukten samt positionerna för de extraherade datapunkterna.	6
Figur 4. Tidsserie av modellerad signifikant våghöjd för år 1999 i Lommabukten.	6
Figur 5. Vågros (som visar vågriktning, frekvens och våghöjd) baserad på 24 års modellerade data.	6
Figur 6. Anpassning av data till en extremvärdesfördelning. Här kan ses signifikant våghöjd med återkomstperioder på 1, 5 , 10, 50 och 100 år med konfidensintervall (95%). X-axel visar den extrema signifikant våghöjden och y-axel återkomsttid [år].	7
Figur 7. Graf som visar våguppstuvning (blå linjer) samt våguppsköljning (röd linje) av de 2% högsta händelserna för en inkommande signifikant våghöjd på 2,3 m, vågperiod 5 s och en våglängd på 39 m. Bottnen är antagen fast och slät utan macrofauna.	8
Figur 8. Framtida medelvattenstånd, 100 års nivå samt övre konfidensintervall för 100 års nivå med och utan våguppstuvning för Lomma utgående från FN:s klimatpanels senaste utgåva från oktober 2019, klimatscenario RCP 8,5.	9
Figur 9. Översvämningsutbredning i samband med dimensionerande havsnivå år 2070, 2100, 2130 och 2150. Situationen gäller för scenario med befintlig vall. Svart stjärna markerar lägsta punkten på befintlig vall.	11
Figur 10. Översvämningsutbredning år 2070 med och utan ny vall enligt föreslagen sträckning.	13

Figur 11. Tidpunkt för påbyggnad av befintlig vall samt utbyggnad av ny vall för skydd mot dimensionerande nivå.....	14
Figur 12. Samvariation mellan uppmätt havsnivå i Malmö och regnintensitet, timvärden i Malmö 1999–2009. Horisontell grönlinje – medelnivå i havet. Vertikala linjer ger regnintensiteter för 0.5, 1, 2 resp. 5-årsregn enligt gällande regnstatistik för Sverige.	16

TABELLER

Tabell 1. Medelvattenstånd samt nivåer med återkomsttid 100 respektive 200 år. Siffror i meter i RH2000. Inom parentes anges konfidensintervall för angivna nivåer.	3
Tabell 2. Värden, från Figur 7, på våguppstuvningar och den högsta 2% våguppsköljningen för mer långgrundna stränder. Summan av alla bidrag visas i kolumnen längs till höger.	8
Tabell 3. Dimensionerande vattenstånd (100 års återkomsttid, övre konfidensintervall inkl våguppstuvning och -uppsköljning) år 2020, 2070, 2100, 2130 och 2150.	10
Tabell 4. Matematisk sannolikhet i form av återkomsttid i år för sammanfallande händelser av olika individuella återkomsttider (Ramböll, 2014).	16

1 Inledning

Befintlig vall längs sträckan från Öresundsparken till Strandskolan skyddar idag Lomma centrum mot höga havsnivåer. Höjden på vällen är dock inte tillräcklig för att ge ett skydd i ett längre perspektiv. DHI har därför på uppdrag av Lomma kommun genomfört en utredning för att besvara följande:

- När i tiden kommer olika delar av Lomma översvämmas?
- När i tiden behöver befintlig vall höjas samt förlängas för att skydda Lomma centrum till år 2150?
- Vilka negativa konsekvenser på dagvatten- och skyfallshanteringen kan förväntas och vilka principiella lösningar finns för att hantera dessa konsekvenser?

Utgångspunkt i utredningen är uppdaterade framtida extrema havsvattenstånd från SMHI baserade på FN:s klimatpanels senaste utgåva från 2019 /6/. I föreliggande utredning har lokala effekter av våguppstuvning och -uppsköljning beräknats och adderats till SMHIs framtagna extremvattenstånd för Lomma.

2 Framtida havsnivåer

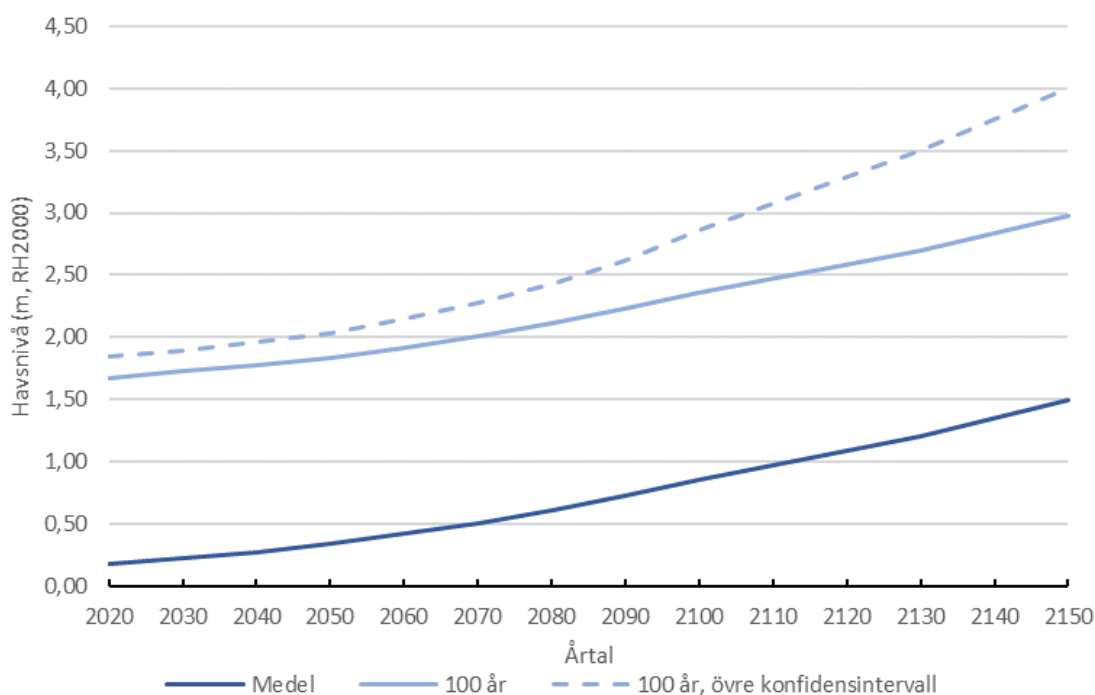
2.1 Medel- och extremvattenstånd

SMHI har för Lomma kommun skattat återkomstvärden för vattenstånd med återkomsttid 100 respektive 200 år samt medelvattenstånd för år 2100, 2130 och 2150 (Tabell 1) /6/. Skattningen utgår från klimatscenario RCP 8,5, FN:s klimatpanels senaste utgåva från oktober 2019. Osäkerheten i det skattade värdet uttrycks med ett 95-procentigt konfidensintervall i Tabell 1. Källan till osäkerhet är främst kopplad till den framtida klimatprognosen men även till osäkerhet i extremvärdesberäkningen. Således är osäkerheten som störst för vattenstånd år 2150 och för vattenstånd med 200 års återkomsttid. Skattade värden och konfidensintervall måste justeras i takt med ny kunskap, nya observationer och hur utsläppet av växthusgaser utvecklas.

Tabell 1. Medelvattenstånd samt nivåer med återkomsttid 100 respektive 200 år. Siffror i meter i RH2000. Inom parentes anges konfidensintervall för angivna nivåer.

År	Medel	100 år	200 år
2100	0,9 (0,4 – 1,3)	2,4 (1,8 – 2,9)	2,4 (1,8 – 3,1)
2130	1,2 (0,4 – 2,0)	2,7 (1,8 – 3,5)	2,7 (1,8 – 3,7)
2150	1,5 (0,5 – 2,5)	3,0 (1,9 – 4,0)	3,0 (1,9 – 4,1)

I tillägg till ovan har dagens och framtida medelvattenstånd beräknats med 10 års intervaller fram till år 2100 enligt metodik i /5/ men med reviderade siffror för havsnivåhöjningen utgående från FN:s klimatpanels senaste utgåva från oktober 2019, klimatscenario RCP 8,5. För motsvarande tidpunkter har även vattenstånd med 100 års återkomsttid beräknats (+1,5 m) samt ett övre konfidensintervall. Bedömningen av det övre konfidensintervallet utgår från att osäkerheten i klimatprognosen ökar från idag till 2100 och att osäkerheten kopplad till extremvärdesberäkningen är konstant. I Figur 1 redovisas framtida medelvattenstånd samt 100 års återkomstvärden inklusive övre konfidensintervall från idag (2020) till år 2150.

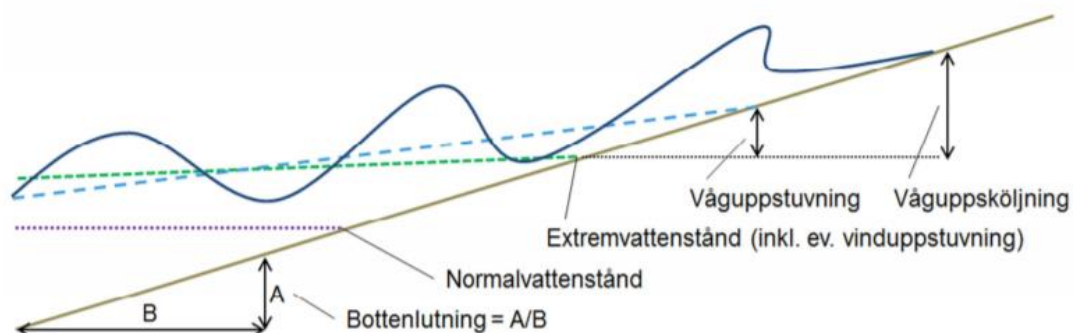


Figur 1. Framtida medelvattenstånd, 100 års nivå samt övre konfidensintervall för 100 års nivå för Lomma utgående från FN:s klimatpanels senaste utgåva från oktober 2019, klimatscenario RCP 8,5.

2.2 Vågeffekter

Vattenståndsförändringar längs en kustlinje är ofta en kumulativ effekt med bidrag från olika meteorologiska effekter såsom passerande högtryck- och lågtryck, vinduppstuvning och våguppstuvning samt våguppsköljning. Variationer från tidvattnet, som längs svenska västkusten primärt drivs av månens halvdagliga cykel, är vid Lomma av mindre betydelse. Alla effekter utom just våguppsköljningen betar sig som en förändring av vattenståndet samtidigt i hela det påverkade området och kan ha perioder av storleksordningen timmar till dagar. Våguppstuvningen sker i huvudsak pga. en långgrund strand där brytande vågor, längre ut, "pumpar in" vatten över det långgrunda området. Våguppsköljningen däremot, är mer direkt kopplad till de enskilda ytvågorna, och är mer betydande vid brantare strandprofiler då ytvågen är mindre påverkad då den når strandlinjen.

I Figur 2 nedan illustreras de ovan nämnda effekterna som bidrar till extrema vattenståndshöjningar. Dessa effekter kan som nämnt adderas på varandra men det är inte självklart att de alltid samverkar. Vid en storm "från havet" sker oftast vind- och våguppstuvning samtidigt längs kusten och det maximala bidraget från vattenståndshöjningen från lufttrycket kan infalla samtidigt. För att detta skall ske behöver hög- och lågtrycksbanor samverka med vindstyrka och vindriktning vid det lokala områdets strand- och bottenlutning samt dess geografiska läge.

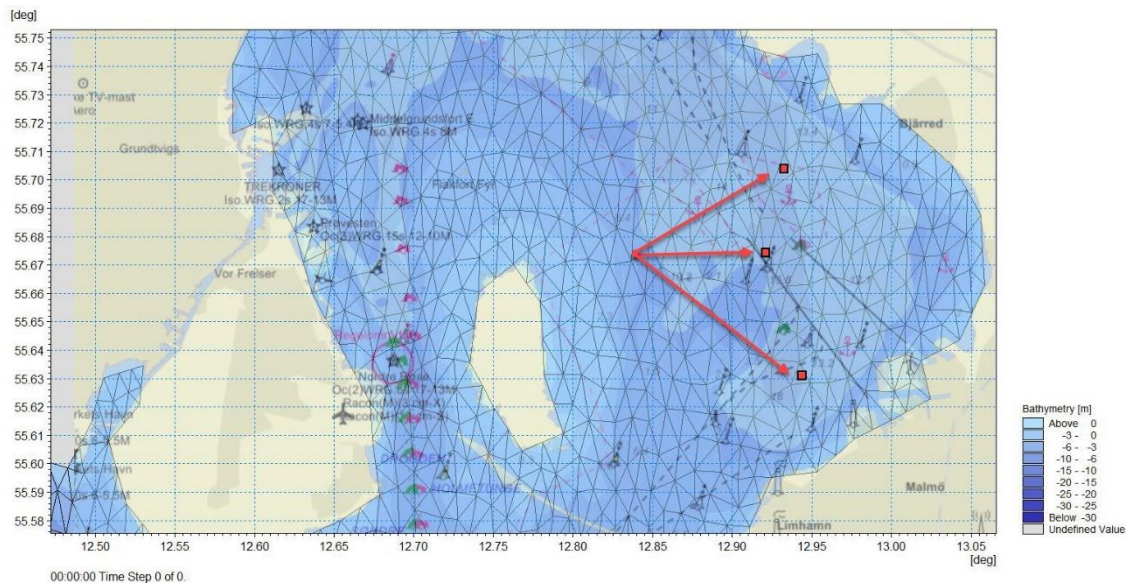


Figur 2. Illustrering av olika effekter som bidrar till vattenståndshöjningar vid strandlinjen. Dessa adderas på Normalvattenståndet. Extremvattenståndet (inkluderar uppstuvning från vindströmmar) och våguppstuvningen överlagras på samma sätt. Våguppsköljningen är mer variabel och bunden till de fria ytvågorna. Illustration hämtad från /3/.

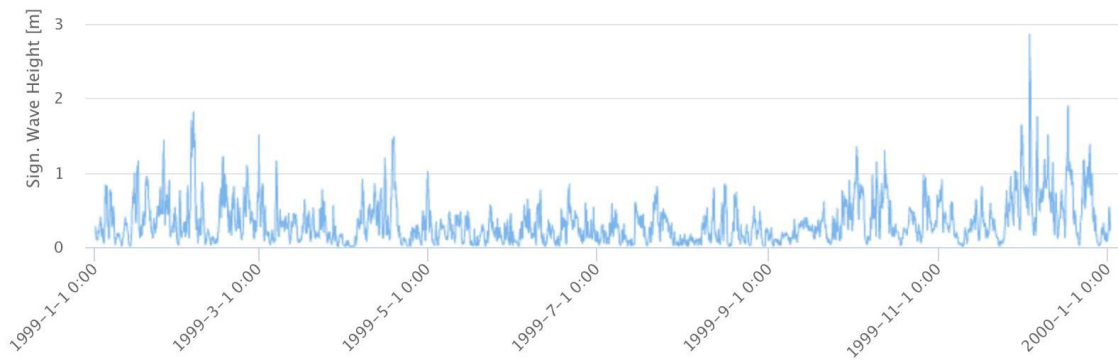
2.2.1 Modell och data

För analys av våghöjden utanför Lomma har data använts från en validerad vågmodell från DHI som omfattar en tidsperiod på sammanlagt 24 år (1995–2018) /1/. Modellen täcker ett område från Skagerack och Nordsjön i väster till Arkonabassängen i Östersjön i öster. I Figur 3 visas en förstoring av modellens batymetri (bottennivå) och beräkningsnät i Lommabukten. I samma figur visas även positioner för de tre datapunkter som ligger till grund för extremvärdesanalysen av den signifikanta våghöjden (se avsnitt 2.2.2). Djupet i beräkningsnätet vid de tre punkterna är ca 15 m. Tre olika punkter valdes för att fånga in de största bidragen från de dominerade vindriktningarna från sydväst till nordväst (stryklängd). Den modellerade signifikanta våghöjden visas som exempel i Figur 4 med en tidserie från år 1999 då Sydsverige drabbades av tre rejäla höststormar. En av dessa stormar har diskuterats vara århundradets storm /2/.

Höga vågor kommer i huvudsak från två olika riktningar (sektorer) i Lommabukten. Från dataanalys av de tre punkterna kan det konkluderas att det är från den nordvästliga sektorn samt från sydväst till syd-sydvästlig sektor. Detta sammanfaller med att vinden har längst stryklängd (helt öppet vatten) i dessa riktningar och att rådande vädersystem kan blåsa ordentligt från dessa riktningar. I Figur 5 visas en vågros från den centrala punkten i Lommabukten. Vågrosen visar förekomst av våghöjder uppdelat på riktning och frekvens (förekomst).

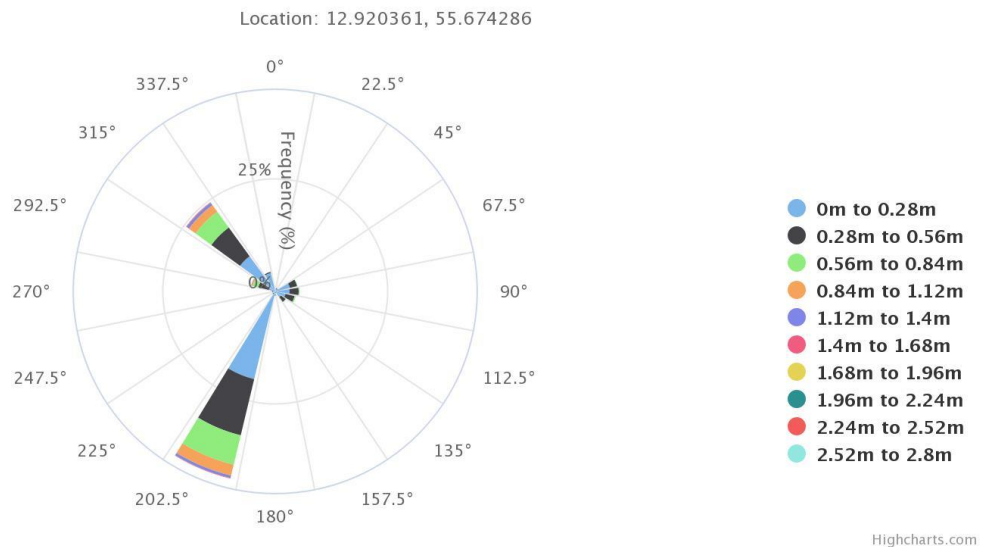


Figur 3. Beräkningsnät för vågmodellen i Lommabukten samt positionerna för de extraherade datapunkterna.



Figur 4. Tidsserie av modellerad signifikant våghöjd för år 1999 i Lommabukten.

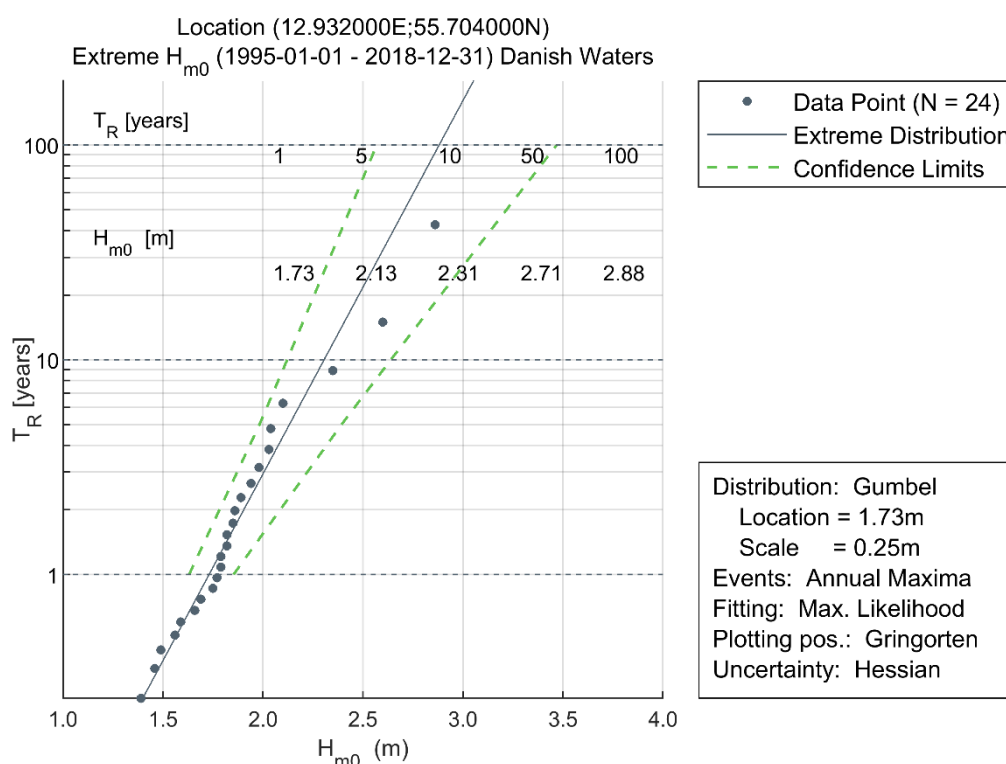
Danish Waters, Wave Parameters (Integrated), MIKE 21 Spectral Wave Model, DHI



Figur 5. Vågros (som visar vågriktning, frekvens och våghöjd) baserad på 24 års modellerade data.

2.2.2 Våghöjd, -uppstuvning och -uppsköljning

Genom extremvärdesanalys av modellerad vågdata från de tre utvalda punkterna har höjden för de signifikanta vågorna med olika återkomsttid beräknats. I Figur 6 visas resultaten av analysen. Som exempel blir 10 års vågen 2,3 m ute på 15 meters djup. Vågperioden för de högsta vågorna ligger i spannet 4,5–5 s. Denna typen av våg uppskattas till att kunna nå in till ca 2–3 meters djup innan den bryter och förlorar höjd. Från det att vågen bryter sker våguppstuvning och våguppsköljning i dess fortsatta väg in mot strandlinjen. Våguppstuvningen kan ses som en vattenståndshöjning under den period som de extrema vågorna rullar in (under stormens intensivaste skede) och våguppsköljningen är den nivå som vågen kan sköljas upp längst på den lutande stranden. Dessa fenomen kan beräknas på flera olika sätt. I föreliggande utredning har generella uppskattningar gjorts. Resultaten beror starkt på vågornas höjd, period och våglängd men också på strandens lutning och vilken typ av material den består av /3/.



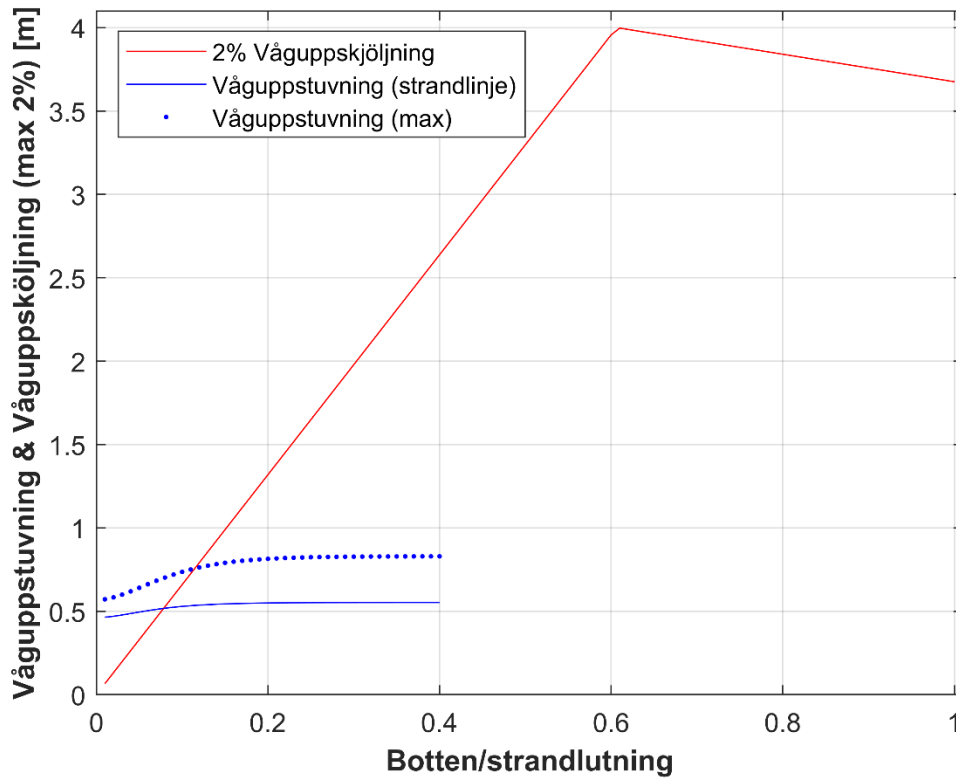
Figur 6. Anpassning av data till en extremvärdesfördelning. Här kan ses signifikant våghöjd med återkomstperioder på 1, 5, 10, 50 och 100 år med konfidensintervall (95%). X-axel visar den extrema signifikant våghöjden och y-axel återkomsttid [år].

För våguppstuvning, vilket är mest användbart vid långgrunda stränder, kan det uppskattas att våghöjden omsätts till en vattenståndshöjning. I det aktuella fallet beräknas den enligt metodik presenterad i manual för kustingenjörer utgiven av US Army Corps of Engineers /4/ till ca 0,5 m för bottenlutningar mindre än 1/10.

För våguppsköljning har antagits en hård och jämn strand med variabel lutning. Resultatet kan ses i Figur 7 nedan och visar hur högt de största 2% av våguppsköljningarna kan nå vid olika lutning i strandzonen. Uppsköljningen är en momentan händelse och sker med en period av samma storleksordning som vågperioden. Stränder med mer poröst och grövre material skulle denna graf ge lägre värden.

Från Figur 7 är antaget en signifikant våghöjd på 2,3 m, vågperiod 5 s och våglängd på 39 m då den börjar få bottenkänning vid 15 m med bryter helt vid ca. 2-3m vattendjup. Det kan ses att för flacka stränder med en lutning under 1/10 blir våguppsköljning vid strandlinjen ca. 0.5m. Den maximala våguppstuvningen är framtagen med antagandet att stranden fortsätter med samma

lutning som botten och är en dynamisk komponent med en period ca. 10–20 ggr den inkommande vågperioden. En tabellversion av Figur 7 för stränder med en lutning upp till max 1/10 (1 meter vertikalt för 10 m horisontellt) visas nedan (Tabell 2). Våguppsköljning är således mest påtaglig vid branta stränder där lutningen överstiger 1/10.



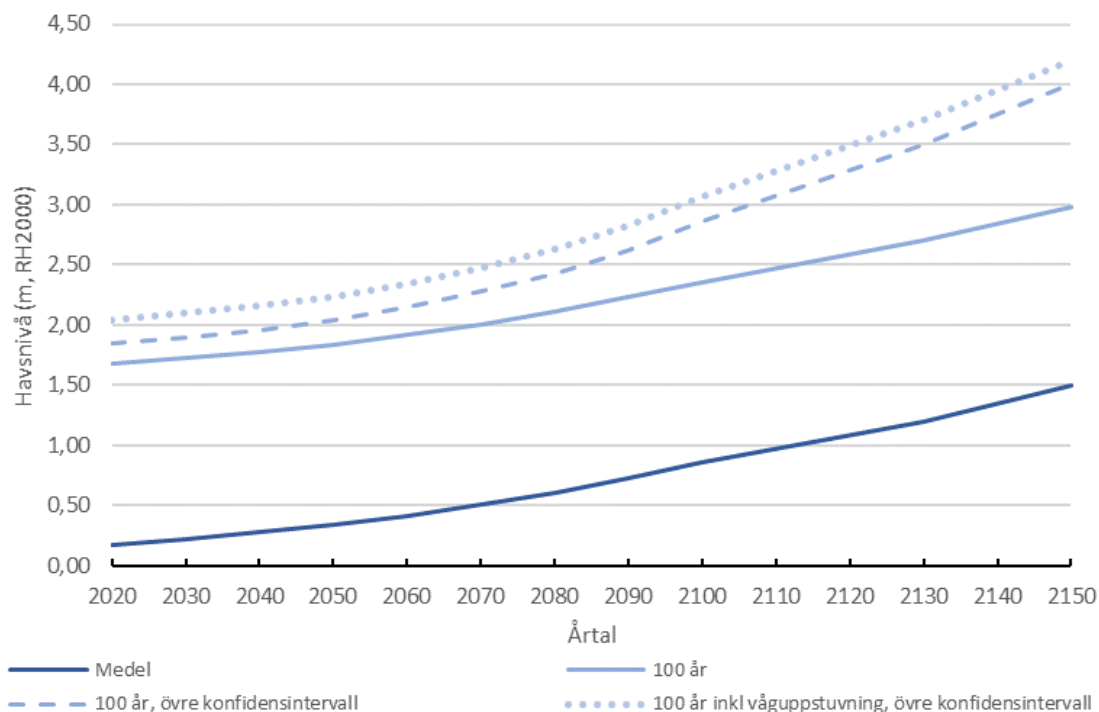
Figur 7. Graf som visar våguppstuvning (blå linjer) samt våguppsköljning (röd linje) av de 2% högsta händelserna för en inkommande signifikant våghöjd på 2,3 m, vågperiod 5 s och en våglängd på 39 m. Botten är antagen fast och slät utan macrofauna.

Tabell 2. Värderna, från Figur 7, på våguppstuvningar och den högsta 2% våguppsköljningen för mer långgrunda stränder. Summan av alla bidrag visas i kolumnen längs till höger.

Lutning [z/x]	Våguppstuvning (strandlinje) [m]	Maximal våguppstuvning (ökning) [m]	Våguppsköljning 2% [m]	Uppstuvningar + uppsköljning [m]
1/100	0.46	+0.11	0.07	0.64
1/70	0.47	+0.11	0.09	0.65
1/50	0.47	+0.11	0.13	0.73
1/30	0.48	+0.13	0.22	0.92
1/10	0.53	+0.21	0.66	1.40

Det övre värdet på våguppstuvningen (maximal våguppstuvningen) skiljer sig från den typiska våguppstuvningen ("medelvåguppstuvningen") under en storm. Som nämnt har den en dynamisk komponent, och i detta fall vid Lomma, har den en period på storleksordningen minuter. Det är i denna studie antaget att dessa oscillationer inte är inkluderade i mätningarna av vattenståndet då kortperiodiska svängningar av denna typ oftast filtreras bort. Detta medför att det maximala våguppstuvningsbidraget adderas till 2% våguppsköljningen som läggs till de framtida beräknade vattenståndet. Med detta sagt är det också antaget att "medelvåguppstuvningen" redan finns med i mätningarna av vattenståndet då den ofta har en period på längre än flera timmar. I Figur 8 har en skattad höjning på 0,2 m för våguppstuvning

och -uppsköljning enligt beräkningar ovan lagts till övre konfidensintervall för framtida 100 års vattenstånd. I denna skattning har antagits flacka stränder och långgrunda bottenprofiler (lutning < 1/30).



Figur 8. Framtida medelvattenstånd, 100 års nivå samt övre konfidensintervall för 100 års nivå med och utan våguppstuvning för Lomma utgående från FN:s klimatpanels senaste utgåva från oktober 2019, klimatscenario RCP 8,5.

3 Skyddsvall

I följande avsnitt beskrivs när i tiden olika delar av Lomma riskerar att översvämmas (avsnitt 3.1) samt när i tiden befintlig vall behöver byggas på och nya vallar behöver byggas för att skydda Lomma centrum till år 2150 (avsnitt 3.2). Utgångspunkten i analyserna är det övre konfidensintervallet inklusive våguppstuvning och -uppsköljning för vattenstånd med 100 års återkomsttid vilket fortsättningsvis benämns dimensionerande vattenstånd. I Tabell 3 redovisas dimensionerande vattenstånd för år 2020, 2070, 2100, 2130 samt 2150. För dimensionerande nivåer för andra tidpunkter hänvisas till Figur 8.

Tabell 3. Dimensionerande vattenstånd (100 års återkomsttid, övre konfidensintervall inkl våguppstuvning och -uppsköljning) år 2020, 2070, 2100, 2130 och 2150.

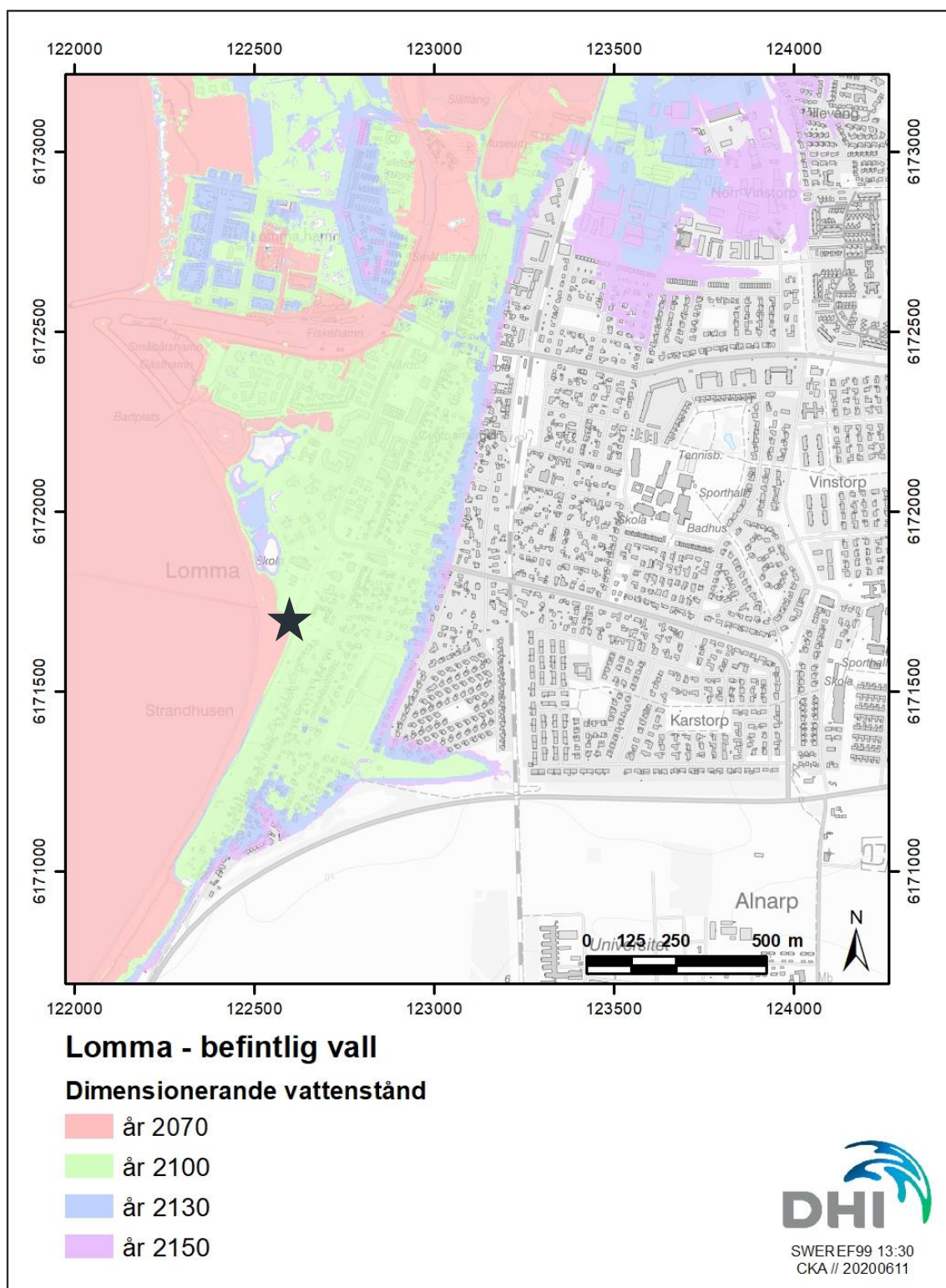
Årtal	Dimensionerande vattenstånd (m, RH2000)
2020	2,1
2070	2,5
2100	3,1
2130	3,7
2150	4,2

3.1 Befintlig vall

Befintlig skyddsvall i Lomma sträcker sig från Öresundsparken till Strandskolan. Höjden på vällen varierar längs med sträckningen. Skannade höjddata har kompletterats med inmätta vallhöjder och en översvämningsanalys med verktyget FloodScreener har genomförts. Analysen visar att befintlig vall skyddar Lomma centrum mot extrema vattenstånd till en nivå på ca 2,5 m, vilket tidsmässigt motsvarar dimensionerande vattenstånd år 2070 (Figur 9). Vallens lägsta punkt återfinns strax söder om hundrastplats i området väster om Folkets hus (se markering i Figur 9).

Vid nivå på 2,5 m (2070) översvämmas samtliga kajer i småbåtshamnen samt kajen längs med Höje å. Höjeågatan översvämmas men befintlig bebyggelse söder om Höje å är opåverkad. Bebyggelse i Lomma hamn, norr om Höje å, påverkas redan år 2070 av dimensionerande vattenstånd och i stort sett hela området och all bebyggelse översvämmas år 2130. För dessa områden saknas idag ett skydd.

Vid dimensionerande vattenstånd år 2100 översvämmas stora delar av Lomma centrum. Översvämningsutbredningen ökar sedan marginellt i Lomma centrum för dimensionerande vattenstånd år 2130 respektive 2150 till följd av den höjdrygg som löper i nord-sydlig riktning genom centrum strax väster om järnvägen. Höjdryggen löper i anslutning till Vallgatan, Kraftgatan och Bredgatan. Större översvämningsutbredning efter 2100 ses dock i de norra delarna av tätorten kring industri- och verksamhetsområdet i Norr Vinstorp samt intilliggande bebyggelse.



Figur 9. Översvämningsutbredning i samband med dimensionerande havsnivå år 2070, 2100, 2130 och 2150. Situationen gäller för scenario med befintlig vall. Svart stjärna markerar lägsta punkten på befintlig vall.

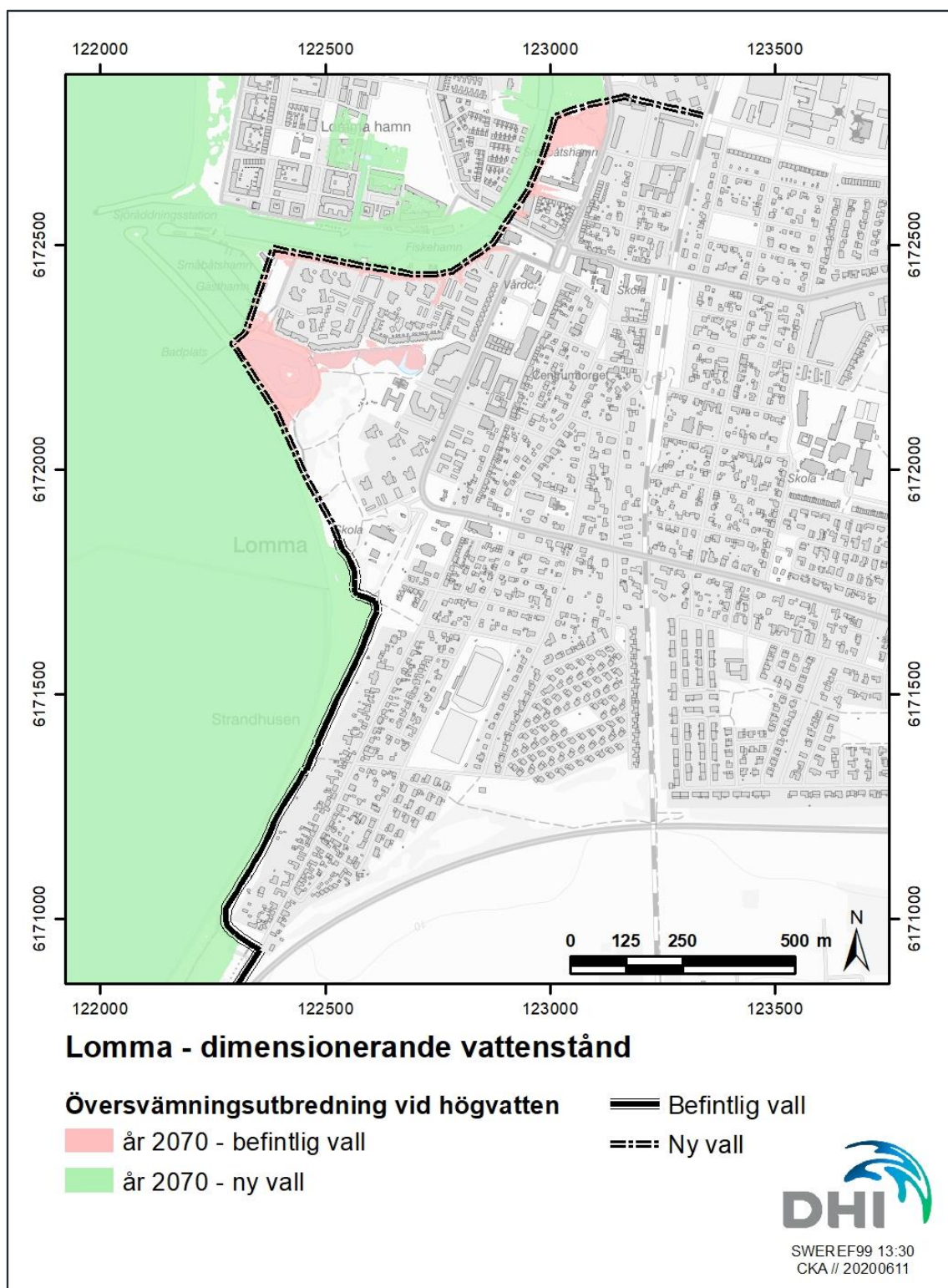
3.2 Framtida skydd

Som konstaterats i föregående avsnitt skyddar befintlig vall Lomma centrum till ca år 2070. Därefter kommer befintlig vall, om möjligt, att behöva byggas på och en ny vall kommer att behöva anläggas från den norra änden av befintlig vall längs kusten och Höje å upp till Fladängsskolan (se Figur 10). För att skydda mot dimensionerande nivå till år 2150 (4,2 m) är en vallhöjd på 1,7 m nödvändig räknat från lägsta befintliga marknivå (2,5 m) till vallens krön. Höjden på vallen kommer att variera längs med sträckningen.

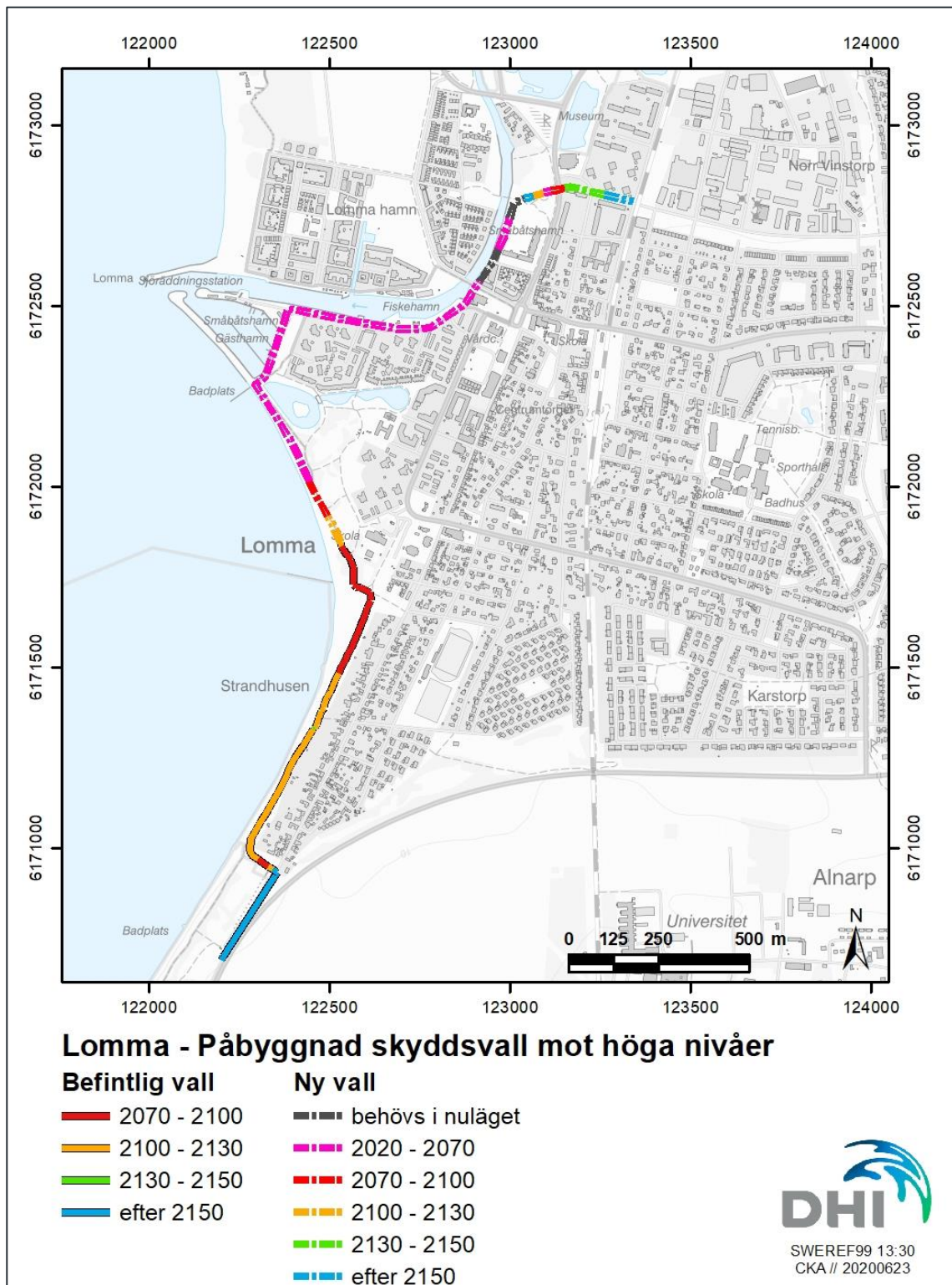
Utifrån dimensionerande havsnivåer år 2020, 2070, 2100, 2130 och 2150 är det möjligt att uppskatta när i tiden den nya vallen kommer att behövas. För området som sträcker sig norrut från amfiteatern på Lomma South Beach upp till Lommabuktens seglarklubb samt längs med Höje å kommer en ny vall behöva anläggas under perioden 2020–2070 för att säkra området helt från översvämning (se Figur 11). För områden belägna norr om bron vid Hamntorget samt väster om Strandvägen riskerar dimensionerande vattenstånd år 2020 att orsaka översvämning. Söder om amfiteatern på Lomma South Beach kommer en utökning av sträckningen att krävas i omgångar för att säkerställa skydd. Först drygt 100 m söderut för skydd mot höga nivåer 2070 samt ytterligare knappa 100 m för att ansluta befintlig vall väster om Strandskolan för skydd efter år 2100 (se Figur 11). Viktigt att påpeka är dock att konsekvenserna i form av påverkan på befintlig bebyggelse och infrastruktur före år 2070 är begränsade (se Figur 9 och Figur 10).

Viktigt att poängtera är att sträckningen på vallen enbart skyddar Lomma centrum. För att skydda områden längre norrut på den östra sidan av Höje å samt områden på västra sidan om Höje å krävs ytterligare vallar alternativt ett annat typ av skydd som exempelvis stängning av inloppet till Höje å via portar.

I Figur 11 visas vilka sträckor av befintlig vall som kommer att behöva höjas för att klara dimensionerande nivå vid olika framtida tidpunkter. Den norra änden av vallen, längs en sträcka på ca 400 m, kommer att behöva höjas år 2070 för att därefter skydda mot dimensionerande nivåer. Detta gäller även en kortare sektion (ca 20 m) av vallen i den södra delen. Från år 2100 kommer hela den befintliga vallen att behöva höjas med undantag för den allra sydligaste änden (blåmarkerad sträcka i Figur 11).



Figur 10. Översvämningsutbredning år 2070 med och utan ny vall enligt föreslagen sträckning.



Figur 11. Tidpunkt för påbyggnad av befintlig vall samt utbyggnad av ny vall för skydd mot dimensionerande nivå.

4 Påverkan på dagvatten- och skyfallshantering samt grundvatten

4.1 Generellt

Avledning av dagvatten sker normalt sett med självfall via dagvattenledningar ut i mottagande recipient. När havet stiger över nivån för dagvattenutloppen kommer dessa att stå dämnda. Stiger havet tillräckligt högt kommer vatten att strömma bakåt genom dagvattenledningarna och översvämma områden innanför skyddsvallen. Vattennivån innanför skyddsvallen kommer att vara lika hög som i havet utanför om inte dagvattenutloppen stängs. Vid stängning av dagvattenutloppen, genom exempelvis automatiska backventiler, kommer det vatten som ansamlas i dagvattensystemet att behöva pumpas ut för att undvika översvämning.

Så länge dagvattnet har fritt utlopp kommer systemet att vara opåverkat. När väl utloppen är stängda är systemet påverkat till 100 % och allt vatten måste pumpas ut. Vid en situation där havets nivå dämmer dagvattenutloppen men utloppen fortsatt är öppna kommer avledningsförmågan i systemet att vara reducerad. Dagvatten kommer fortfarande att kunna avledas med hjälp av den tryckskillnad som uppstår mellan nivån i dagvattensystemet och i havet. Desto högre nivå i havet desto svårare att avleda vatten. En situation där dagvattenutloppen mer eller mindre står dämnda konstant kan förväntas i framtiden i takt med att medelvattenståndet stiger. När detta sker är helt platsspecifikt. För att uppfylla dagens dimensioneringskrav enligt Svenskt Vatten P110 även vid en situation där avledningsförmågan är reducerad pga dämning krävs antingen åtgärder i form av ökad fördröjning uppströms eller att vattnet pumpas ut.

En framtida höjning av medelvattenytan kommer att medföra att grundvattennivåerna närmast havet kommer att höjas i samma storleksordning som havsnivåhöjningen om inte dräneringsåtgärder utförs. Vid höga nivåer i havet kommer vatten att transporteras genom skyddsvallen. Hur stort flödet blir beror av vallens täthet, den befintliga markens vattengenomsläpplighet samt varaktigheten av den höga nivån i havet. Genom tättningsåtgärder i befintlig mark under skyddsvallen kan inflödet under situationer med höga nivåer i havet begränsas. Tätning av marken begränsar även utflödet av grundvatten vilket skapar en dämning och därmed en höjning av grundvattennivåerna på insidan av vallen.

4.2 Kombinerade händelser

De nederbördshändelser som är dimensionerande för dagvattensystem är av kortvarig, intensiv karaktär. Dessa händelser inträffar främst sommartid under högtrycksperioder. Vanligen är då vattenståndet i havet lågt. Höga havsnivåer förknippas främst med lågintensiva regn och längre varaktighet vilka normalt sett inte är tillräckliga för att fylla upp dagvattensystemet.

I Tabell 4 nedan visas den matematiska sannolikheten för kombinerade händelser i Göteborg från en studie av Ramböll (Ramböll, 2014). I studien har dels teoretisk sannolikhet för kombinerade händelser beräknats dels har data från havsvattennivån i Torshamnen och nederbörd på Barlastplatsen använts för att plotta händelserna mot varandra. Tabellen kan sägas vara en form av matematiskt värsta fall. Även om beräkningar gjorts för data från Göteborg är det rimligt att anta att sambanden är generellt giltiga. Liknande resultat redovisas för Klagshamn i SVU-rapporten *"Identifiering av extrema händelser och dess översvämningskonsekvenser i tätort"*.

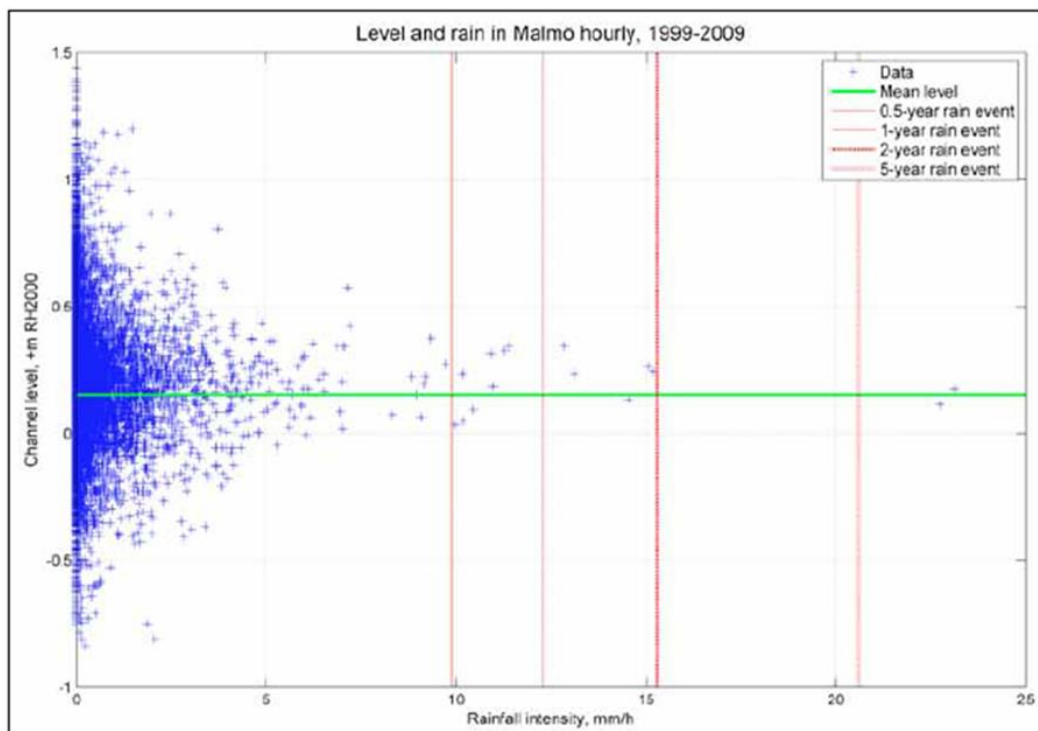
I Figur 12 visas samvariationen mellan uppmätt havsnivå och regnintensitet för Malmö mellan åren 1999 och 2009. Här ses att de två mest intensiva regnen med en återkomsttid på >5 år inträffade i samband med ett medelvattenstånd i havet. Samtliga regn med en återkomsttid >0,5

år inträffade då vattenståndet var $<+0,4$ meter och endast lågintensiva regn inträffade i samband med mer extrema havsnivåer.

Av ovan kan konstateras att sannolikheten för en kombinerad händelse med en hög nivå i havet och ett samtidigt extremt regn (skyfall) är oändligt liten och återkomsttiden för en sådan händelse är långt över vad som normalt sett är dimensionerande. Störst risk för regn vilka är kritiska för dagvattensystemet är i samband med ett medelvattenstånd i havet \pm ett par decimeter enligt Figur 12. I en framtida situation med ett höjt medelvattenstånd kommer dock extrema regn att inträffa vid nivåer i havet som idag är extrema. Exempelvis motsvarar medelvattenståndet år 2150 nästan dagens 100-årsnivå.

Tabell 4. Matematisk sannolikhet i form av återkomsttid i år för sammanfallande händelser av olika individuella återkomsttider (Ramböll, 2014).

Återkomsttid Regn	Återkomsttid Havsnivå				
	1	5	20	50	100
1/12	37	186	744	1859	3719
1/4	112	558	2231	5578	11156
1/2	223	1116	4463	11156	22313
1	446	2231	8925	22313	44625
2	893	4463	17850	44625	89250
5	2231	11156	44625	111563	223125
10	4463	22313	89250	223125	446250
20	8925	44625	178500	446250	892500
50	22313	111563	446250	1115625	2231250
100	44625	223125	892500	2231250	4462500



Figur 12. Samvariation mellan uppmätt havsnivå i Malmö och regnintensitet, timvärden i Malmö 1999–2009. Horisontell grönlinje – medelnivå i havet. Vertikala linjer ger regnintensiteter för 0,5, 1, 2 resp. 5-årsregn enligt gällande regnstatistik för Sverige.

4.3 Åtgärder

Utifrån ovan resonemang kan en situation förväntas där vatten i framtiden kommer att behöva pumpas ut konstant eller vid tillfällen med höga nivåer i havet. Vid en sådan situation finns det ett behov av att minska antalet dagvattenutlopp för att inte behöva anordna pumpning i varje enskilt utlopp. Genom en avskärande ledning är det potentiellt möjligt att samla flera dagvattenutlopp till en gemensam pumpstation. Nödvändig pumpkapacitet beror av vilket dagvattenflöde som ska hanteras vilket i sin tur beror av nederbördsintensiteten för det specifika regnet samt avrinningsförutsättningar i uppströms tillrinningsområde. Oftast är det även möjligt att anordna magasinsvolymmer i anslutning till pumpstationen vilket minskar pumpbehovet.

För att minska ett eventuellt pumpbehov är det starkt motiverat att arbeta med åtgärder för att minska avledningen från uppströms områden. Detta kan åstadkommas genom att öka fördröjningen och magasineringen inom avrinningsområdet. Genom att arbeta med åtgärder som syftar till lokal fördröjning, dvs fördröjning där regnet når marken, magasinering ovan eller under mark och först därefter avledning är det möjligt att reducera den momentana pumpkapaciteten. Vilka förutsättningar som finns för att göra detta är specifikt för varje avrinningsområde.

5 Slutsatser och rekommendationer

Nedan ges en summering av utredningen punktform tillsammans med de viktigaste slutsatserna samt rekommendationer.

- Dimensionerande nivåer för framtida havsvattenstånd, vilka legat till grund för utredningen, utgår från det mest extrema av klimatscenerierna (RCP8,5) samt det övre konfidensintervallet för vattenstånd med 100 års återkomsttid med hänsyn till lokala effekter av våguppstuvning och -uppsköljning. Detta ger höjd för de osäkerheter som finns i framtida scenarier, särskilt bortom år 2100. Nivåer måste kontinuerligt justeras i takt med ny kunskap, nya observationer och hur utsläppet av växthusgaser utvecklas.
- En ny vall är nödvändig för innan år 2070 för att skydda Lomma centrum. Därefter behöver även befintlig vall byggas på. Befintlig och ny vall behöver ha ett vallkrön på +4,2 meter för skydda mot dimensionerande nivå till år 2150.
- I utredningen har fokus varit på Lomma centrum men ett framtida skydd kommer även att vara nödvändigt för områden norr om centrum samt på den västra sidan av Höje å. I det fortsatta arbetet med skyddsåtgärder för Lomma rekommenderas att utreda skydd för hela Lomma kommun samt alternativa lösningar till skyddsvallar.
- För att förhindra översvämning på insidan av skyddsvall vid extrema vattenstånd kommer en stängning av dagvattenutloppen till havet och Höje å att vara nödvändig. Vid en sådan situation kommer allt dagvatten att behöva pumpas ut. Även mer normala, framtida nivåer som inte föranleder en stängning av utloppen kommer att påverka dagvattensystemet. Utloppen kommer att stå dämnda under längre perioder i framtiden i takt med att medelvattenytan stiger. Detta kommer att begränsa systemets avledningskapacitet vilket ökar risken för översvämning till följd av extrema regn. För att även i framtiden uppfylla dimensioneringskriterier enligt Svenskt Vattens P110 samt för att inte förvärra konsekvenserna av ett skyfall är åtgärder nödvändiga. Vilka åtgärder som är nödvändiga och när i tiden de behövs styrs av de lokala förhållandena och en platsspecifik analys är nödvändig och rekommenderas. Generellt syftar åtgärder till att öka fördröjningen inom avrinningsområdet för att begränsa pumpbehovet.
- Hur mycket grundvattennivåerna höjs till följd av ett stigande hav styrs av vallens täthet, den befintliga markens vattengenomsläpplighet samt varaktigheten av den höga nivån i havet. För att utreda hur mycket grundvattennivåerna kan förväntas stiga vid olika situationer samt bedöma huruvida dräneringsåtgärder är nödvändiga för att skydda befintlig bebyggelse krävs en platsspecifik utredning.

6 Referenser

- /1/ DHI 2019, Wave and Water Level Hindcast of Danish Waters: Spectral wave and hydrodynamic modelling. Set-up, calibration and validation.
- /2/ SMHI. Hösten 1999 - Århundradets storm? Url: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/hosten-1999-arhundradets-storm-1.5762>
- /3/ SMHI 2017, Lokala effekter på extrema havsvattenstånd, OCEANOGRAFI Nr 125, 2017.
- /4/ U.S. Army Corps of Engineers 2011, Coastal Engineering Manual - Part II
- /5/ SMHI 2017, Karttjänst för framtida medelvattenstånd längs Sveriges kust, KLIMATOLOGI Nr 41, 2017.
- /6/ SMHI 2020, Extremvattenstånd i Lomma, 2020-04-17.