



Faktablad kusten version 3.0

Underlag till rapporten *Stigande vatten - en handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden*



Länstyrelsen
Västra Götaland

Titel: Faktablad kusten- Underlag till rapporten Stigande vatten - en handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden

Utgivare: Länsstyrelsen Västra Götaland

Författare: Linda Tofeldt

Arbetsgrupp: Linda Tofeldt, Lars Westholm, Rebecka Thorwaldsdotter och Dea Ternström

Foto framsida: Översvämnning 1982 Lilla Badhusgatan Göteborg

Rapport: 2023:61

ISSN: 1403-168X

Mer information hittar du på: lansstyrelsen.se/vastragotaland/

Sammanfattning

Den pågående klimatförändringen gör att havets medelvattenstånd stiger, vilket gör att utgångsläget för vattennivån vid stormar höjs. Den tillfälliga stormnivån når då ännu längre upp på land och platser som hittills setts som översvämningssäkra riskerar att översvämmas i ett framtida klimat. Höjningen av medelvattenståndet innebär också att högvattenhändelser som inträffar relativt sällan idag kommer att inträffa betydligt oftare i ett framtida klimat.

Att ange vilka nivåer som är tillräckliga för att säkerställa att bebyggelse inte översvämmas är svårt. Det råder en ovisshet vad gäller hur snabbt och hur mycket medelvattenståndet kommer att stiga. Det krävs dimensionerande underlag om havsvattenstånd för att avgöra hur ny bebyggelse i kustnära områden kan utformas och för att utreda skyddsbehov hos befintlig bebyggelse. Vilken extremnivå som är lämplig att använda vid samhällsplanering kan variera. Olika faktorer som påverkar är exempelvis vad som planeras, objektets livslängd, vilken risk som bedöms vara acceptabel samt eventuell möjlighet att senare anpassa till högre nivåer.

Planeringsnivåerna i faktabladet utgår från en högvattenhändelse med 100- och 200-års återkomsttid. Här finns ett påslag av en säkerhetsmarginal som tar hänsyn till osäkerheter i beräkningarna samt vind- och vågeffekter. För att ta hänsyn till klimatförändringarnas påverkan på medelhavsnivån har den regionala havsnivåhöjningen för år 2100 adderats till de beräknade 100- och 200-årsnivåerna. Tabell 1 nedan redovisar planeringsnivåerna för respektive mätstation för de olika planeringszonerna.

Översvämningssonerna för kusten är indelade i fyra zoner. Zonindelningen är kopplad till riskgrad. I zon 4 (röd) är sannolikheten för att en översvämning inträffar högst och i zon 1 (grön) är den lägst.

Tabell 1. Planeringsnivåer för tidsperspektivet 2100 för de olika planeringszonerna för respektive mätstation. Nivåer i m.ö.h. i RH2000.

Mätstation (vattennivåer relativt medelvattenståndet i RH2000)	Zon 4	Zon 3	Zon 2	Zon 1
Kungsvik	<2,3	2,3-2,6	2,6-3,1	>3,1
Smögen	<2,3	2,3-2,6	2,6-3,1	>3,1
Uddevallå	<2,7	2,7-2,9	2,9-3,4	>3,4
Stenungsund	<2,5	2,5-2,8	2,8-3,2	>3,2
Göteborg Torshammen	<2,6	2,6-2,9	2,9-3,4	>3,4

Innehållsförteckning

Inledning.....	5
Högvattenhändelser och extremnivåer	6
Havets medelvattenstånd i ett framtida klimat.....	6
Extremvattenstånd i ett framtida klimat	7
Säkerhetsmarginal	8
Översvämningszoner och planeringsnivåer	11
Framtida havsnivåer i ett längre tidsperspektiv.....	13
Referenser.....	15

Bilagor

Bilaga 1: Överslagsberäkningar av vinduppstuvningseffekter

Bilaga 2: Redovisning av siffror som använts vid framtagande av planeringsnivåer

Inledning

Handboken *Stigande vatten* utgår från en planeringsmodell där översvämningsrisken kartläggs i översvämningszoner.

En grundläggande utgångspunkt är att ny bebyggelse i så stor utsträckning som möjligt ska lokaliseras till områden som inte riskerar att översvämmas. Det är dock nödvändigt att det finns en flexibilitet i tillämpningen av de grundläggande utgångspunkterna. En bedömning av översvämningsrisken måste göras i varje enskilt fall där de specifika förutsättningarna för den aktuella platsen beaktas. I vissa fall kan det vara motiverat att acceptera en högre sannolikhet för översvämning, under förutsättning att konsekvenserna bedöms kunna hanteras på ett godtagbart sätt (Boverket, 2020).

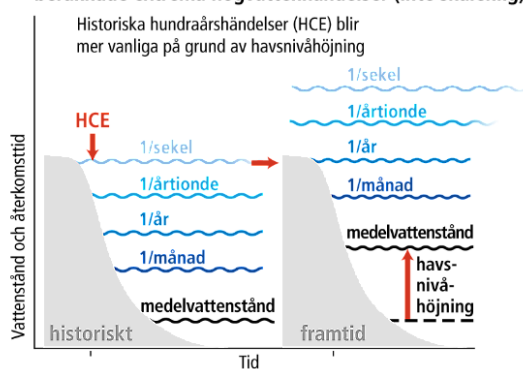
För att möjliggöra en flexibilitet i hantering av översvämningsrisk för planering av ny bebyggelse är översvämningszonerna för kusten indelade i fyra zoner. Zonindelningen är kopplad till riskgrad. I zon 4 (röd) är sannolikheten för att en översvämning inträffar högst och i zon 1 (grön) är den lägst. Vilka funktioner som är lämpliga att placera i de olika zonerna framgår av markanvändningsdiagrammet i handboken *Stigande vatten* (Figur 29 på sidan 33).

I handboken *Stigande vatten* presenteras inga exakta siffror eller nivåer för zonerna. För kusten presenteras planeringsnivåer för de fyra översvämningszonerna i detta faktablad. Planeringsnivåerna kommer att behöva uppdateras och justeras allteftersom mätserierna blir längre och nya stormnivåer uppmäts. Men även när vi får mer kunskap om de pågående klimatförändringarnas påverkan på havets medelvattenstånd.

Högvattenhändelser och extremnivåer

De pågående klimatförändringarna medför bland annat att medelvattenståndet i havet stiger och takten för denna höjning överstiger den landhöjning som vi har i denna del av Sverige. När medelvattenståndet stiger på grund av den pågående klimatförändringen höjs utgångsläget. Detta gör att den tillfälliga höjningen når ännu längre upp på land än idag vid samma väder, vilket illustreras i Figur 1 nedan. Högvattenhändelser som inträffar relativt sällan idag kommer att inträffa betydligt oftare i ett framtida klimat. En annan effekt är att platser som hittills ansetts säkra ur ett översvämningssperspektiv riskerar att översvämmas i ett framtida klimat (SMHI, 2023b).

(a) Skiss för hur regional havsnivåhöjning påverkar beräknade extrema högvattenhändelser (inte skalenlig)



Figur 1. Skiss för hur regional havsnivåhöjning påverkar beräknade extrema högvattenhändelser. Som en konsekvens av den genomsnittliga höjningen av havsnivån beräknas lokala havsnivåer som historiskt inträffat en gång per sekel återkomma oftare i framtiden. Figur SPM.4 (a) från Sammanfattning för beslutsfattare (SMHI, 2020).

Havets medelvattenstånd i ett framtida klimat

Att ange vilka nivåer som är tillräckliga för att säkerställa att bebyggelse inte översvämmas är svårt. Det råder en ovisshet vad gäller hur snabbt och hur mycket medelvattenståndet kommer att stiga. Havsnivåhöjningen beror av många faktorer. Globalt sett är några av de viktigaste faktorerna den termiska expansionen (havets utvidgning och uppvärmning) samt bidrag från smältande glaciärer och de stora landisarna på Grönland och Antarktis.

Det framtida medelvattenståndet baseras på IPCC:s sammanställning "AR6 Delrapport 1-Den naturvetenskapliga grunden" som släpptes 2021. Beräkningarna tar hänsyn till storskaliga regionala variationer i havsnivåhöjning som gör att havet inte stiger lika mycket överallt på jorden men också till den lokala landhöjningen (SMHI, 2023a).

Planeringsnivåerna baseras på IPCC:s högutsläppsscenario SSP5-8,5. Valet att använda SSP-8,5 som utgångsscenario i fysisk planering utgår ifrån försiktighetsprincipen. Valet av ett högt scenario beror i första hand inte på

att det är ett mer troligt utsläppsscenario än något annat av IPCC:s scenarion utan får ses som ett sätt att hantera de stora osäkerheterna avseende framtiden.

När det gäller tidsperspektivet för framtida havsnivåhöjningar är utgångspunkten att planering av ny bebyggelse behöver ta hänsyn till effekter av ett förändrat klimat under byggnadsverkens förväntade livslängd. För sammanhållen bebyggelse och samhällsstrukturer som kan väntas vara bestående längre än enstaka byggnader behöver kommunen förhålla sig till strukturens förväntade livslängd. I faktabladet redovisas två olika tidsperspektiv för framtida havsnivåer, 2100 och 2150. Men vid behov kan kommunen komplettera planeringsnivåerna med ytterligare tidsperspektiv. En rimlig utgångspunkt är att olika typer av användningar har behov av olika långt tidsperspektiv. Tidsperspektivet 2100 presenteras i faktabladet för kusten för att harmonisera med tidsperspektiven för övriga faktablad, faktablad för Vänerna samt faktablad för sjöar och vattendrag.

Extremvattenstånd i ett framtida klimat

För att avgöra hur ny bebyggelse i kustnära områden kan utformas eller för att utreda skyddsbehov hos befintlig bebyggelse krävs dimensionerande underlag om havsvattenstånd. Vilken extremnivå som är lämplig att använda vid samhällsplanering kan variera. Det har exempelvis betydelse vad som planeras, objektets livslängd, vilken risk som bedöms vara acceptabel samt eventuell möjlighet att senare anpassa till högre nivåer.

Boverket rekommenderar att man utgår ifrån beräkningar för högsta möjliga extremnivåer utmed Sveriges kuster vid samhällsplanering. I SMHI:s rapport *"beräkning av högsta vattenstånd längs Sveriges kust, Klimatologi 45"* finns beräkningar gjorda för beräknat högsta havsvattenstånd för mätstationer längs med länets kust. På SMHI:s hemsida skriver de att nivåerna som presenteras i rapporten inte är ett beslutsunderlag för högsta möjliga extremnivå vid samhällsplanering. Det har även tillkommit flera års mätdata efter att dessa beräkningar gjordes och SMHI erbjuder nu kvalitetssäkrade beräkningar av extremvattenstånd i form av 100- och 200-årsnivåer. Detta faktablad baseras därmed på högvattenhändelser med 100- och 200-års återkomsttid med påslag av en säkerhetsmarginal. För att ta hänsyn till klimatförändringarnas påverkan på medelhavsnivån adderas den framtida regionala havsnivåhöjningen till de beräknade 100- och 200-årsnivåerna.

Planeringsnivåerna för kusten baseras på extremvärdesanalyser av 100- och 200-årsnivåer utförda av SMHI. I Tabell 2 på nästa sida redovisas 100- och 200-årsnivåer för respektive mätstation utan påslag av säkerhetsmarginaler. Vid extremvärdesanalyserna har Blockmaximum-metoden använts tillsammans med sannolikhetsfördelningen Generalized Extreme Value (GEV) samt Lognormal (SMHI, 2023c). Siffrorna har sedan avrundats till närmaste 5 cm. Värdena för 100- och 200-årsnivån för Uddevalla är hämtade från SMHI:s rapport *"Extremvattenstånd i Uddevalla"* (SMHI, 2018).

Tabell 2. Tabellen redovisar 100- och 200-årsnivåer för de olika mätstationerna utan påslag av säkerhetsmarginaler. Tabellen redovisar även den framtida medelvattenytan för klimatscenario SSP5-8,5 år 2100. Nivåerna anges i relation till medelvattenståndet i höjdsystemet RH2000.

Mätstation (vattennivåer relativt medelvattenståndet i RH2000)	100-årsnivå	200-årsnivå	Framtida medelvattenyta 2100 SSP5-8,5 (83:e percentilen)
Kungsvik	1,55	1,60	0,75
Smögen	1,45	1,50	0,80
Uddevalla	1,85	1,95	0,80
Stenungsund	1,65	1,75	0,85
Göteborg Torshammen	1,60	1,70	0,95

Säkerhetsmarginal

Det finns flera skäl att lägga till en säkerhetsmarginal på summan av det framtida medelvattenståndet och 100- och 200-årsnivån. Ett skäl är att 200-årsnivån inte är högsta möjliga extremnivå. Hänsyn behöver även tas till osäkerheter i extremvärdesberäkningarna. För att ta höjd för att planeringsnivåerna i zon 1 (grön) även klarar en beräknad högsta havsnivå som finns presenterad i SMHI:s rapport *Klimatologi 45* har en säkerhetsmarginal på 0,4 m adderats till 200-årsnivåerna. Denna säkerhetsmarginal tar även hänsyn till osäkerheter i extremvärdesberäkningarna. På SMHI:s webbtjänst som redovisar beräknade extremvärden (SMHI, 2023c) finns även konfidensintervallet för respektive mätstation redovisat. Konfidensintervallet kan ge en indikation på hur stor osäkerheten är för beräkningen av extremvärdena.

För att bedöma det högsta möjliga extremvattenståndet för en plats vid Sveriges kust behöver hänsyn även tas till lokala förhållanden som vind- och vågeffekter. Hur stora vind- och vågeffekterna blir beror bland annat på kustens lutning och material, bottendjup och hur öppen kuststräckan är. Att ange våghöjder som kan användas för länet är mycket svårt eftersom lokala topografiska effekter har stor betydelse för varje specifik plats. Generellt avtar våghöjden alltmer då vågen färdas in mot grundare vatten, platser belägna på läsida är också mer skyddade från vågor. I faktabladet har en generell säkerhetsmarginal på 0,2 m använts för den högsta planeringszonen (zon 1, grön) för att ta hänsyn till vågeffekter.

En ytterligare bidragande faktor till höga vattenstånd vid stormar är snedställning i trånga vikar och sund. Denna effekt kallas ofta vinduppstuvning då det är vinden som leder till ett skjuv på ytan där vatten inte har förmågan att flöda tillbaka längs botten på grund av topografiska

begränsningar. Vinduppstuvning är inte en effekt som behöver beaktas överallt. Det är främst i trånga och grunda vikar och sund den förekommer. (Åström, 2014). För respektive mätstation ingår vinduppstuvningseffekten i mätserien för den aktuella platsen. Vilket betyder att vinduppstuvningen som förekommer på just den platsen ingår men det innebär också att vattenståndet kan bli lägre eller högre på en annan närliggande plats där vinduppstuvningseffekterna inte är identiska. Hur stor denna variation är hänger ihop med hur komplex kustlinjen är. Längs en öppen och rak kuststräcka är vattenståndet mer likartat i närområdet medan variationerna är större där det förekommer exempelvis vikar och buker.

I SMHI:s rapport ”Uppdaterad klimatanalys av havsvattenstånd i Västra Götalands Län” har överslagsberäkningar av vinduppstuvningseffekten gjorts för några platser längs med länets kust, vilket beskrivs mer utförligt i Bilaga 1. Vinduppstuvningseffekten uppskattas ligga i spannet 0–50 cm för länets kuststräcka, men skiljer sig markant mellan olika delar. Överslagsberäkningarna i Bilaga 1 visar att vinduppstuvningseffekten för exempelvis Stigfjorden och Gullmarsfjorden har beräknats till 0,1 m då vindhastigheter med 50 års återkomsttid använts. Figur 2 nedan visar en schematisk bild över länets kust med markeringar av fjordar och vikar, samt områden som karaktäriseras som inomskärs och utomskärs.



Figur 2. Schematisk bild över Västra Götalands län med markeringar av fjordar och vikar, samt områden som karaktäriseras som inomskärs och utomskärs. Figuren är hämtad från SMHI:s rapport ”Uppdaterad klimatanalys av havsvattenstånd i Västra Götalands Län”.

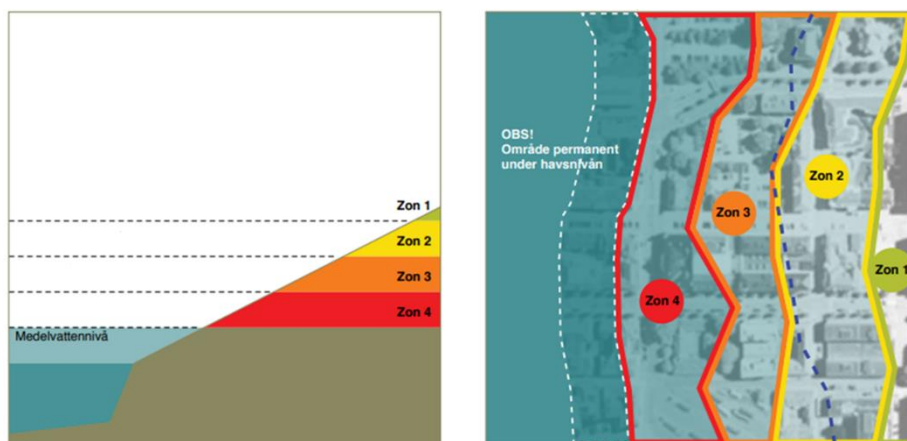
Det är mycket svårt att ange en generell säkerhetsmarginal för vinduppstuvningseffekter då denna varierar geografiskt. I faktabladet har en generell säkerhetsmarginal på 0,15 m använts för den högsta planeringszonen (Zon 1, grön) för att ta hänsyn till vinduppstuvningseffekter. För stationerna Uddevalla och Stenungsund har ingen säkerhetsmarginal för vinduppstuvningseffekt adderats då dessa mätstationer innehåller vinduppstuvningseffekter i stationens mätserie.

En platsspecifik bedömning behöver alltid göras för att avgöra hur stor säkerhetsmarginal som behövs för att ta hänsyn till lokala vind- och vågeffekter. Behovet av säkerhetsmarginalens storlek varierar beroende på typ av bebyggelse samt platsens lokala förhållanden. Samhällsviktig verksamhet eller bebyggelse i utsatta lägen kan ha behov av en större säkerhetsmarginal än den som har använts för planeringsnivåerna. Och skyddade platser kan ha behov av en mindre säkerhetsmarginal än den generella säkerhetsmarginal som använts i faktabladet för vind- och vågeffekter.

Översvämningssoner och planeringsnivåer

Översvämningssonerna för kusten är indelade i fyra zoner. Zonindelningen illustreras nedan i Figur 3 och är kopplad till riskgrad. I zon 4 (röd) är sannolikheten för att en översvämning inträffar högst och i zon 1 (grön) är den lägst.

Kust



Figur 3. Illustrerar de fyra planeringszonerna. I zon 4 (röd) är sannolikheten för att en översvämning inträffar högst och i zon 1 (grön) är den lägst.

En översvämningsszon definieras av ett intervall mellan två nivåer med utgångspunkt i markens nivå. Den högsta planeringszonen, zon 1 (grön) överstiger en 200-årsnivå i ett framtida klimat där en säkerhetsmarginal på 0,75 m adderats. För mätstationerna Uddevalla och Stenungsund har i stället en säkerhetsmarginal på 0,6 m använts för zon 1 (grön) då dessa mätstationer innehåller vinduppstuvningseffekter för den aktuella mätplatsen.

Säkerhetsmarginalen för zon 1 innehåller säkerhetsmarginal för vågeffekter (0,2 m), vinduppstuvning (0,15 m) samt ett påslag som tar höjd för att 200-årsnivåerna inte är den högsta möjliga extremnivån (0,4 m). Zon 1 motsvarar zonen för beräknat högsta havsvattenstånd i Boverkets tillsynsvägledning för översvämningssrisk.

Zon 2 (gul) utgör zonen mellan en klimatanpassad 200-årsnivå och zon 1. För zon 2 har en mindre säkerhetsmarginal på 0,2 m adderats till 200-årsnivån som tar hänsyn till vind- och vågeffekter. Zon 3 (orange) definieras av zonen mellan en 100-årsnivå i ett framtida klimat och en 200-årsnivå i ett framtida klimat. För den nedre gränsen i zon 3 har ingen säkerhetsmarginal som tar hänsyn till vind- och vågeffekter adderats. Zon 4 (röd) understiger en 100-årsnivå i ett framtida klimat. För zon 4 har ingen säkerhetsmarginal som tar hänsyn till vind- och vågeffekter adderats.

I Tabell 3 nedan redovisas planeringsnivåerna för tidsperspektivet 2100 för de olika zonerna för respektive mätstation. I Bilaga 2 finns en redovisning av alla siffror som använts i faktabladet och adderats för respektive planeringszon.

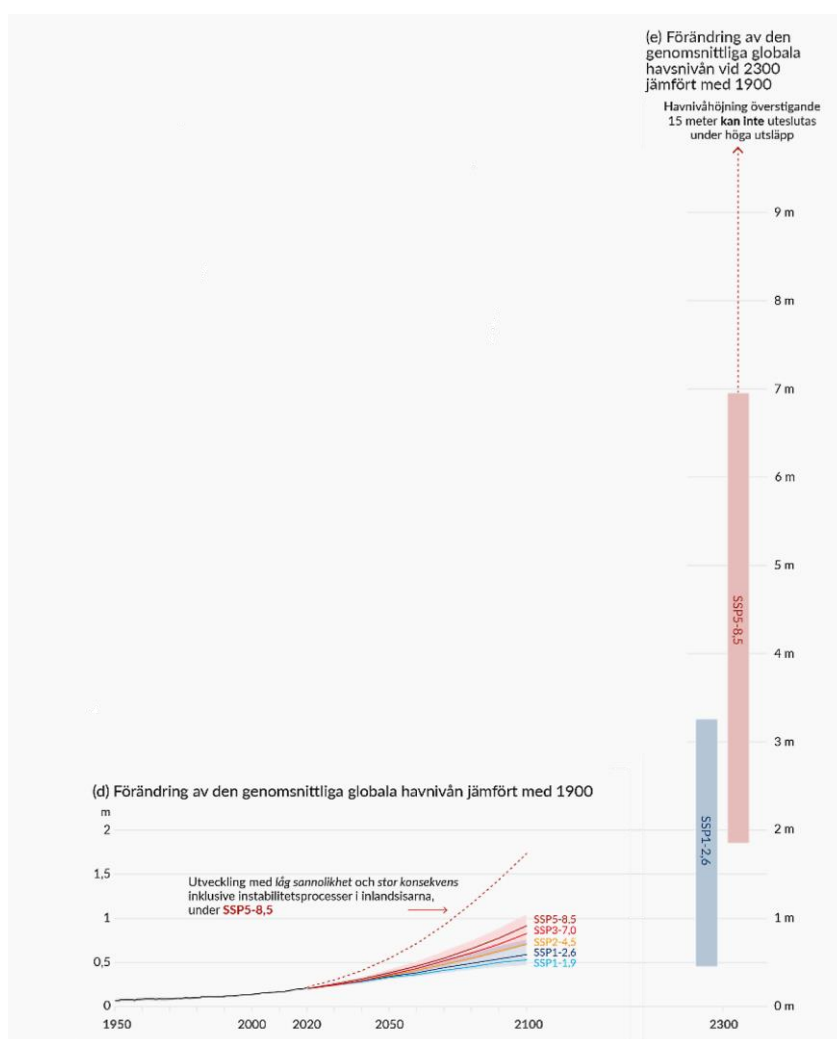
Vilka funktioner som är lämpliga att placera i de olika zonerna framgår av markanvändningsdiagrammet, Figur 29 på sidan 33 i handboken *Stigande vatten*. Funktionskrav är alltid kopplade till funktioner som placeras i zon 2 (gul), zon 3 (orange) och zon 4 (röd).

Tabell 3. Planeringsnivåer för tidsperspektivet 2100 för de olika planeringszonerna för respektive mätstation. Nivåer i m.ö.h. i RH2000.

Mätstation (vattennivåer relativt medelvattenståndet i RH2000)	Zon 4	Zon 3	Zon 2	Zon 1
Kungsvik	<2,3	2,3-2,6	2,6-3,1	>3,1
Smögen	<2,3	2,3-2,6	2,6-3,1	>3,1
Uddevalla	<2,7	2,7-2,9	2,9-3,4	>3,4
Stenungsund	<2,5	2,5-2,8	2,8-3,2	>3,2
Göteborg Torshamnen	<2,6	2,6-2,9	2,9-3,4	>3,4

Framtida havsnivåer i ett längre tidsperspektiv

Klimatet kommer fortsätta att förändras efter 2100 och de globala havsnivåerna förväntas fortsätta stiga långt efter 2100. Men hur snabbt havsnivåerna kommer att stiga och till vilken nivå finns det fortfarande stora osäkerheter kring. Osäkerheterna beror framför allt på hur stor den globala uppvärmningen blir och hur snabbt de stora inlandsisarna på Grönland och Antarktis kommer att smälta (SMHI, 2023d). I Figur 4 nedan redovisas beräkningar av förändringen av det globala medelvattenståndet för tidshorisont 2100 respektive 2300.



Figur 4. Förändring av det globala medelvattenståndet (i meter, relativt år 1900) fram till år 2100 (d) respektive år 2300 (e). I d) visas troliga projektioner för fem olika utsläppsscenarioer. I e) visas troliga projektioner för år 2300 för två utsläppsscenarioer, att övriga scenarier inte visas beror på att antalet beräkningar är för få för att ge ett robust resultat. Figuren är ett utsnitt från figur SPM.8. från rapporten Klimat i förändring (SMHI, 2021).

Boverket rekommenderar att man vid viss typ av planering även belyser konsekvenserna av en förväntad havsnivåhöjning bortom 2100. Detta kan behövas vid planering av bebyggelseområden i stor skala, bebyggelse med viktig infrastruktur eller bebyggelsestrukturer med en förväntad livslängd som sträcker sig över 2100. (Boverket, 2020).

Med bakgrund mot att hänsyn även kan behöva tas för ett längre tidsperspektiv, redovisas även en planeringsnivå för zon 1 för tidsperspektivet 2150 i Tabell 4 nedan. Nivåerna baseras på 200-årsnivåer med en adderad säkerhetsmarginal på 0,75 m (0,6 m för Uddevalla och Stenungsund). Den framtida medelvattenyta för klimatscenario RSP5-8,5 (83:e percentilen) för år 2150 har också adderats.

Tabell 4. Planeringsnivåer för zon 1 för tidsperspektivet 2150.

Mätstation (Nivåer i m.ö.h. i RH2000)	Zon 1 2150
Kungsvik	>3,7
Smögen	>3,7
Uddevalla	>4,0
Stenungsund	>3,9
Göteborg Torshamnen	>4,1

Referenser

Åström, S., Nerheim, S., Andersson, M. (2014). *Uppdaterad klimatanalys av havsvattenstånd i Västra Götalands Län*, SMHI Rapport nr 2011-45.

Andersson, M., Johansson, L. (2018). *Extremvattenstånd i Uddevalla*. (SMHI)

Boverket (2020). *Tillsynsvägledning gällande naturolyckor, kunskapsbanken*.
https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/lansstyrelsens-tillsyn/tillsynsvagledning_naturolyckor/

Schöld, S., Ivarsson, C-L., Nerheim, S. och Södling, J. (2017). *Beräkning av högsta vattenstånd längs Sveriges kust*, SMHI Klimatologi Nr 45.

SMHI (2023a). *Klimatscenariotjänst för framtida medelvattenstånd längs Sveriges kust*. <https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/framtida-medelvattenstand-1.165493>

SMHI (2023b): *Högvattenhändelser och extremnivåer*.
<https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/hogvattenhandelser-och-extremnivaer-1.165445>

SMHI (2023c) *Högvattenhändelser idag och i framtiden*.
<https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/hogvattenhandelser-idag-och-i-framtiden/extremnivaer>

SMHI (2023d) *Havsnivåhöjning på långa tidsskalor*.
<https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/havsnivahojning-pa-langa-tidsskalor-1.165465>

SMHI (2021). *Klimat i förändring 2021-Den naturvetenskapliga grunden. Sammanfattning för beslutsfattare, Arbetsgrupp I bidrag till den sjätte utvärderingsrapporten (AR6) från FN:s mellanstatliga klimatpanel IPCC*. SMHI Klimatologi Nr 65.

https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.179269!/Klimatologi_65%20Klimat%20i%20of%C3%B6r%C3%A4ndring%202021%20Den%20naturvetenskapliga%20grunden.pdf

SMHI (2020). *FN:s klimatpanel IPCC- Sammanfattning för beslutsfattare, Specialrapport om Havet och kryosfären i ett förändrat klimat*. SMHI Klimatologi Nr 58.

<https://www.smhi.se/klimat/ipcc/ipcc-resultat/ar6-specialrapport-om-klimatforandringar-haven-och-kryosfaren-1.142660>

Bilaga 1-Överslagsberäkningar av vinduppstuvningseffekter

Underlaget i Bilaga 1 är hämtat från SMHI:s rapport *”Uppdaterad klimatanalys av havsvattenstånd i Västra Götalands Län”*.

En bidragande faktor till höga vattenstånd vid stormar är snedställning i trånga vikar och sund. Denna effekt kallas ofta vinduppstuvning då det är vinden som leder till ett skjuv på ytan där vatten inte har förmågan att flöda tillbaka längs botten på grund av topografiska begränsningar.

Vinduppstuvning är inte en effekt som behöver beaktas överallt. Det är främst i trånga och grunda vikar och sund den förekommer. I Göta älv förekommer snedställning i samband med kraftig lokal vind, men också när vinden lokalt är relativt måttlig men där vattenståndet på grund av storskaliga processer blir högt.

I SMHI:s rapport *”Uppdaterad klimatanalys av havsvattenstånd i Västra Götalands Län”* har överslagsberäkningar av den stationära vinduppstuvningseffekten gjorts för några platser längs med länets kust. Överslagsberäkningarna baseras på uppgifter om områdets medeldjup och längd, samt vindens varaktighet och styrka. I beräkningarna har vindhastigheter med 50 års återkomsttid använts. Då erhöles följande resultat för utvalda lägen längs med Västra Götalands kuststräcka:

- Göteborg och Göta Älv: Den stationära vinduppstuvningseffekten beräknas leda till att vattenståndet i Lärjeholm kan bli mellan 0,2 och 0,3 m högre än vattenståndet i Torshamnen. Vid höga vattenstånd ute vid Torshamnen i Göteborg ökar vattenståndet successivt uppströms Göta Älv. Exempelvis visar mätdata under stormen Gudrun att vattenståndet var mer än 50 cm högre vid Lärjeholm jämfört med ute vid Torshamnen.
- Marstrand- Stenungsund. Den stationära vinduppstuvningseffekten beräknas leda till att vattenståndet i Stenungsund kan bli ca 0,1 m högre än vattenståndet vid Marstrand.
- Stigfjorden. Den stationära vinduppstuvningseffekten beräknas leda till att vattenståndet vid Stigfjordens inre östliga del kan bli ca 0,1 m högre än vattenståndet vid dess västliga mynning. Gullmarsfjorden från Lysekil till Munkedal. Den stationära vinduppstuvningseffekten beräknas leda till att vattenståndet vid Munkedal i Gullmarsfjorden inre del kan bli mindre än 0,1 m högre än vattenståndet vid Lysekil vid fjordens mynning.

I samband med att en stationär vinduppstuvning etableras kan vattenytan dessutom kortvarigt svänga över sitt jämviktsläge. Detta kallas den dynamiska vinduppstuvningen vilket sker vid mycket hastiga vindökningar. Den dynamiska vinduppstuvningseffekten kan medföra att värdena som angetts ovan kan vara 50 till 75 procent högre under en tidsperiod om ca 5–10 minuter.

Bilaga 2- Redovisning av siffror som använts vid framtagning av planeringsnivåer

Mätstation (Nivåer i m.ö.h. i RH2000)	100- årsnivå	200- årsnivå	Framtida medelvattenyta 2100 SSP5-8,5 (83:e percentilen)
Kungsvik	1,55	1,6	0,75
Smögen	1,45	1,5	0,80
Uddevalla	1,85	1,95	0,80
Stenungsund	1,65	1,75	0,85
Göteborg Torshammen	1,6	1,7	0,95

Vid extremvärdesanalyserna av 100- och 200-årsnivåer har Blockmaximum-metoden använts tillsammans med sannolikhetsfördelningen Generalized Extreme Value (GEV) samt Lognormal. Siffrorna har sedan avrundats till närmaste 5 cm (SMHI2023c).

Mätstation (Nivåer i m.ö.h. i RH2000)	Vågeffekt	Vinduppstuvningseffekt	Säkerhetsmarginal som kompenserar för högre extremnivåer
Kungsvik	0,2	0-0,15	0,4
Smögen	0,2	0-0,15	0,4
Uddevalla	0,2	0	0,4
Stenungsund	0,2	0-0,15	0,4
Göteborg Torshammen	0,2	0-0,15	0,4

Tabell 5. För zon 1 har en 200-årsnivå i ett framtida klimat använts där en säkerhetsmarginal på 0,75 m ha adderats. Säkerhetsmarginalen innehåller vågeffekter (0,2 m), vinduppstuvningseffekter (0,15 m) plus en säkerhetsmarginal som tar höjd för att högre extremnivåer kan förekomma (0,4 m). Zon 1 motsvarar zonen beräknat högsta havsvattenstånd i Boverkets tillsynsvägledning för översvämning.

Mätstation (Nivåer i m.ö.h. i RH2000)	200-årsnivå+ medelvattenyta 2100	Säkerhetsmarginal	Zon 1
Kungsvik	1,60+0,75= 2,35	0,75	>3,1
Smögen	1,50+0,80= 2,35	0,75	>3,1
Uddevalla	1,95+0,80= 2,75	0,60	>3,4
Stenungsund	1,75+0,85= 2,60	0,60	>3,2
Göteborg Torshamnen	1,70+0,95= 2,65	0,75	>3,4

Tabell 6. Zon 2 utgörs av zonen mellan en 200-årsnivå i ett framtida klimat inklusive vind- och vågeffekter på 0,2 m och zonen för ett beräknat högsta havsvattenstånd (zon 1).

Mätstation (Nivåer i m.ö.h. i RH2000)	200-årsnivå+ medelvattenyta 2100	Säkerhetsmarginal	Zon 2
Kungsvik	1,60+0,75= 2,35	0,2-0,75	2,6-3,1
Smögen	1,50+0,80= 2,35	0,2-0,75	2,6-3,1
Uddevalla	1,95+0,80= 2,75	0,2-0,60	2,9-3,3
Stenungsund	1,75+0,85= 2,60	0,2-0,60	2,8-3,2
Göteborg Torshamnen	1,70+0,95= 2,65	0,2-0,75	2,9-3,4

Tabell 7. Utgörs av zonen mellan en klimatanpassad 100-årsnivå och en klimatanpassad 200-årsnivå (med påslag för vind- och vågeffekter på 0,2 m för den övre gränsen av zonen).

Mätstation (Nivåer i m.ö.h. i RH2000)	100-årsnivå+ medelvattenyta 2100	Säkerhetsmarginal	Zon 3
Kungsvik	1,55+0,75= 2,30	0-0,2	2,3-2,6
Smögen	1,45+0,80= 2,25	0-0,2	2,3-2,6
Uddevalla	1,85+0,80= 2,65	0-0,2	2,7-2,9
Stenungsund	1,65+0,85= 2,50	0-0,2	2,5-2,8
Göteborg Torshamnen	1,60+0,95= 2,55	0-0,2	2,6-2,9

Tabell 8. Denna zon understiger en klimatanpassad 100-årsnivå.

Mätstation (Nivåer i m.ö.h. i RH2000)	100-årsnivå+ medelvattenyta 2100	Säkerhetsmarginal	Zon 4
Kungsvik	$1,55+0,75= 2,30$	0	<2,3
Smögen	$1,45+0,80= 2,25$	0	<2,3
Uddevalla	$1,85+0,80= 2,65$	0	<2,7
Stenungsund	$1,65+0,85= 2,50$	0	<2,5
Göteborg Torshammen	$1,60+0,95= 2,55$	0	<2,6

Tabell 9. För zon 1 tidsperspektivet 2150 så har en klimateffekt för 2150 adderats till 200-årsnivån samt en säkerhetsmarginal som innehåller vågeffekter, vinduppstuvning samt säkerhetsmarginal som tar höjd för att högre extremnivåer kan förekomma.

Mätstation (Nivåer i m.ö.h. i RH2000)	200- årsnivå	Medelvattenyta 2150 SSP-8,5 (83:e percentilen)	Säkerhetsmarginal	Zon 1 2150
Kungsvik	1,60	1,35	0,75	3,7
Smögen	1,50	1,45	0,75	3,7
Uddevalla	1,95	1,45	0,60	4,0
Stenungsund	1,75	1,50	0,60	3,9
Göteborg Torshammen	1,70	1,60	0,75	4,1



Länsstyrelsen
Västra Götaland