

# Bilaga A - Kustteknisk utredning Beddingestrand

Kustteknisk utredning och framtagande av förslag till erosionskydd i Beddingestrand



## Ändringsförteckning

Ver	Datum	Ändringsbeskrivning	Granskad	Godkänd av
1	2023-04-19	Utkast för extern granskning	SEESCH	JH
2	2023-05-09	Slutversion		SEESCH

**Sweco AB**  
**Uppdrag**  
**Uppdragsnummer**  
**Kund**  
**Upprättad av**  
**Datum**  
**Dokumentreferens**

RegNo 556542-9841  
Erosionsutredning Beddingestrand  
30049161  
Trelleborgs kommun  
Emanuel Schmidt  
2023-05-09  
bilaga a - kustteknisk utredning beddingestrand.docx

# Innehållsförteckning

1.	Inledning och syfte.....	4
2.	Kustmorfologi.....	5
2.1	Tidigare studier.....	5
2.2	Analys av historisk erosionstakt.....	8
2.3	Strandens jämviktsprofil.....	9
2.4	Översvämningsrisk.....	11
3.	Kusthydrauliska förutsättningar.....	12
3.1	Högvatten.....	12
3.2	Karaktäristiska högvatten.....	12
3.3	Vågor.....	13
3.4	Kombinerade händelser.....	14
4.	Åtgärdsförslag.....	17
4.1	Målbild.....	17
4.2	Alternativ A - Strandfodring.....	18
4.2.1	Syfte med skyddet.....	19
4.2.2	Design och dimensionering.....	19
4.2.3	Kostnadsuppskattning.....	20
4.3	Alternativ B - Släntskydd i sten.....	21
4.3.1	Syfte med skyddet.....	22
4.3.2	Design och dimensionering.....	23
4.3.3	Kostnadsuppskattning.....	24
5.	Markförlustmodell.....	25
5.1	Metodik.....	25
5.1.1	Historisk erosion.....	25
5.1.2	Bruuns lag.....	25
5.2	Scenarier och nedströmseffekter.....	26
5.3	Resultat.....	26
5.3.1	Markförluster.....	27
5.3.2	Antal påverkade bostäder.....	27
6.	Rekommendationer för fortsatt arbete.....	28
	Referenser.....	29

# 1. Inledning och syfte

Detta dokument utgör en teknisk bilaga till huvudrapporten *Åtgärder mot kusterosion i Beddingestrand* och beskriver det utredningsarbete som ligger till grund för design och utformning av erosionsskydd utmed kusten längs Beddingestrand i Trelleborgs kommun. Syftet med denna utredning har varit att skapa en förståelse för de fysikaliska processer som sker utmed kuststräckan för att därigenom kunna föreslå tekniska lösningar för att minska eventuella risker kopplade till kusterosion. Den skyddsstrategi som tagits fram inom ramen för detta projekt har haft en bortre tidshorisont på år 2070.

I tillägg till framtagandet av tekniska lösningar har även en markförlustmodell tagits fram. Detta beräkningsverktyg är baserat på en relativt enkel konceptuell modell som tar hänsyn både till historisk erosion och erosion kopplat till klimatförändringar och stigande havsnivåer. Verktuget används för att kunna utvärdera nyttan av olika kustskyddsstrategier och därigenom skapa ett robust beslutsunderlag.

## 2. Kustmorfologi

I följande beskrivs kustens morfologi<sup>1</sup> och sedimentdynamik; hur strömmar, vågor och högvatten påverkar och omformar kusten. Genom studier av maringeologi, bottendjup och flygfotografianalyser kan kustens erosionskänslighet och förändringstakt kartläggas. Denna information är även av stor betydelse vid framtagandet av kustskyddsstrategier.

Det område som studerades i föreliggande studie omfattar cirka 2,5 kilometer kust i Trelleborgs kommun, från Vipphögsvägen i väster till Beddinge Strandhed i öster. Området har delats in i totalt 6 olika delområden, se Figur 1.



Figur 1. Indelning av delområden för Beddingestrand: Vipphögsvägen, Sjävägen V, Sjävägen Ö, Vädtklintsvägen, Pärlan, Strandheden.

Kusten i det studerade området har en stor variation. I väster förekommer långgrunda hårbottenar som överlagras av sand. Österut ökar inslaget av sand på klapperstenstränderna för att slutligen övergå i ett dynlandskap med mjuka havsbottenar med välutvecklade sandrevlar. En utförlig beskrivning av landskapsbilden ges i huvudrapporten under kapitel 3.1.1.

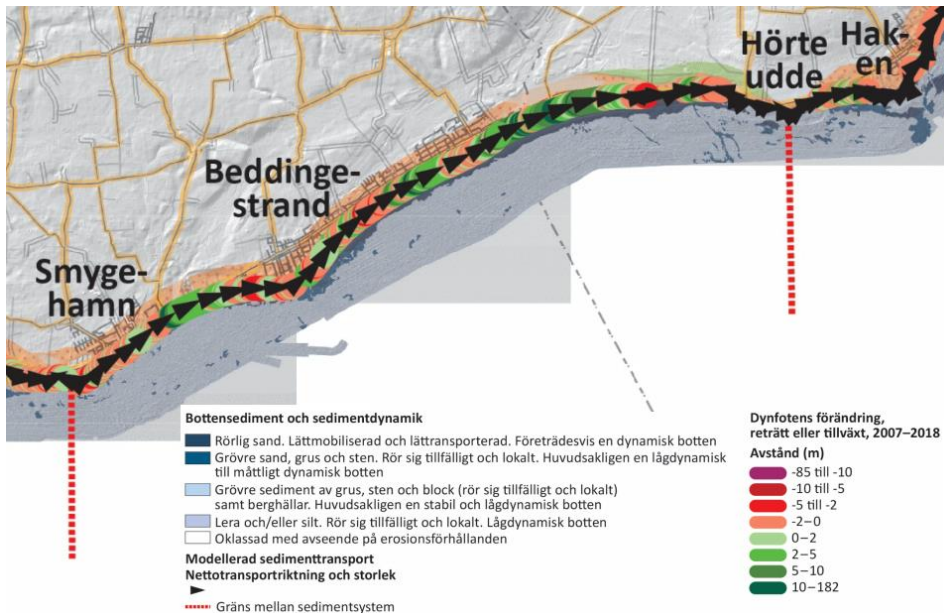
### 2.1 Tidigare studier

I rapporten *Fysiska och dynamiska förhållanden längs Skånes kust - underlag för klimatanpassningsåtgärder* (SGU, 2021) beskrivs att den dominerande riktningen för sedimenttransport i bukten vid Beddingestrand är från öst till väst, se Figur 2. Förekomsten av rörlig sand sträcker sig enligt rapporten som längst 200–300 m ut i havet från strandlinjen, ner till ett djup på 2–4 m. Konvergensdjupet, det djup till vilket vågor och våginducerade strömmar orsakar sedimenttransport, har av SGU beräknats till 6–6,5 m. Sandens utbredning på havsbotten ökar österut, vilket enligt SGU styrker uppfattningen att nettotransporten av sediment sker österut.

Vidare belyser utredningen att det sker ackumulation av sediment kring Skateholm och erosion närmare Beddingestrand. En analys av dynfotens

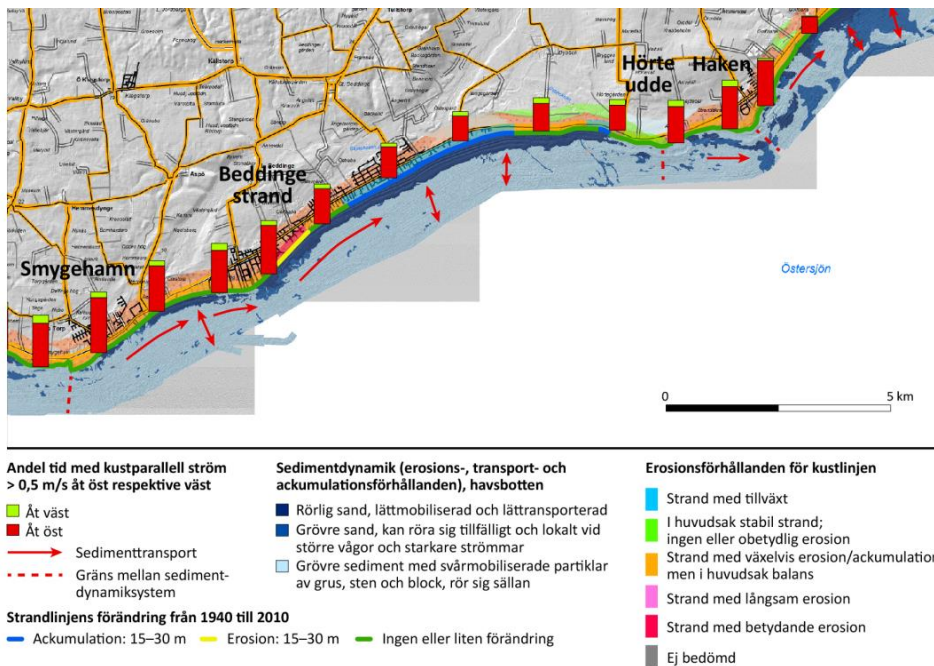
<sup>1</sup> Kustmorfologi syftar på studie av kustens uppbyggnad, form, skepnad och förändringsmönster.

förändring mellan 2007 – 2018 visade att medan dynfoten har retirerat i de sydvästra delarna så har tillväxt skett i de nordöstra delarna. Detta sammanfaller alltså med den större lokala utbredningen av sand på havsbotten som nämndes ovan. SGU menar att detta sammantaget indikerar en transport av sand från sydvästra Beddingestrand till nordöstra Beddingestrand och Skateholm.



Figur 2. Dynfotens förändring, bottensediment och sedimentdynamik vid sträckan Smygehamn - Hörte udde. Bild anpassad från SGU (2021).

Samma mönster återfinns i en analys gjord av SGU år 2020 av strandlinjens förändring från 1940 till 2010, med erosion i sydvästra delen av Beddingestrand har eroderat, medan de mellersta och nordöstra delarna har ackumulerat, Figur 3. Även här indikeras en huvudsaklig sedimenttransport österut. (SGU, 2020)

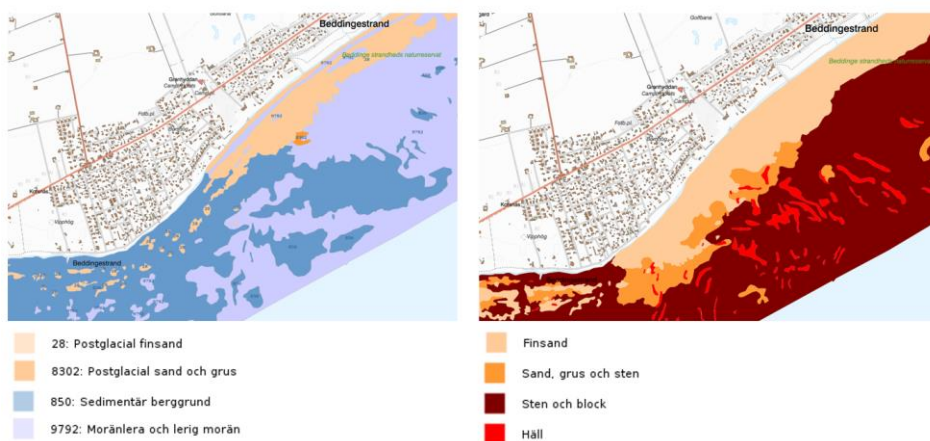


Figur 3. Västra Beddingestränd eroderar medan de östliga delarna runt Skateholm ackumulerar. Bild anpassad från SGU (2020).

En detaljerad bild av kustområdets maringeologi ges i Figur 4 som visar både det dominerande bottenmaterialet den översta metern samt ytsubstratet. Kartorna visar att förekomsten av sand ökar österut och att sand främst återfinns i fläckvis mosaik utmed de östra delarna av området. I havsområdet, och även närmast kusten förekommer områden med sten och block, samt håll (sedimentär berggrund). Sandbältets bredd uppgår till cirka 200 – 300 meter.

Bottenmaterial, dominerande översta metern

Ytsubstrat

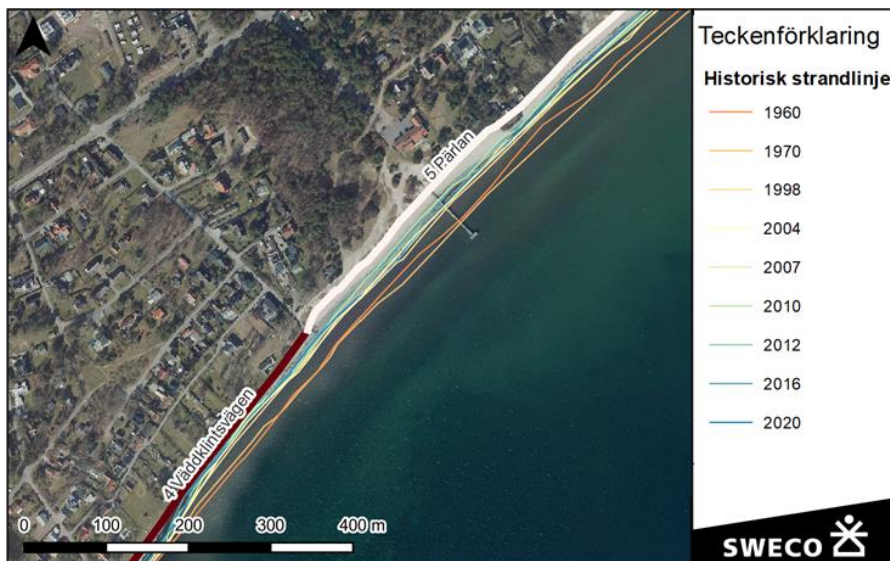


Figur 4. Maringeologi utanför Beddingestränd. Kartan till vänster visar bottenmaterial, dominerande översta metern medan kartan till höger visar ytsubstrat. Kartor från kartvisaren maringeologi (SGU, 2023).

## 2.2 Analys av historisk erosionstakt

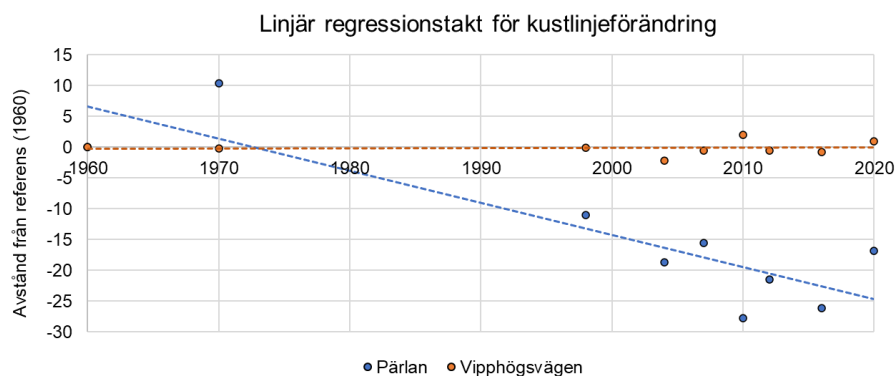
I Swecos utredning från 2012 (Sweco, 2012) kartläggs erosionstakten utmed kommunens kust mellan åren 2003-2010. För att skapa en förståelse för det längre tidsperspektivet har det inom ramen för detta uppdrag utförts en utökad analys av strandlinjens läge.

Den historiska erosionstakten har beräknats utifrån en statistisk analys av strandlinjens läge. Till underlag ligger digitaliserade strandlinjer från åren 1960, 1970, 1998, 2004, 2007, 2010, 2012, 2016 och 2020.



Figur 5. Strandlinjens historiska läge utmed Väddklintsvägen och Pärulan. Ur figuren kan det utläsas att kusten i område eroderat sedan 1960, men att erosionstakten tycks ha minskat från 1998.

Förändringstakten har beräknats med hjälp av programvaran DSAS (Digital Shoreline Analysis Model) för transekter med 10 meters mellanrum. Vid beräkning används måttet LRR, *Linear Regression Rate*, vilket beskriver erosionstakten som om den vore en linjär trend. Exempel på beräkningar av LRR redovisas i Figur 6, där lutningen på den linjära trenden illustrerar om stranden är stabil eller eroderar. Den blå linjen motsvarar data från Pärulan och har en förändringstakt av cirka  $-0,52$  m / år, medan den orange linjen från Vipphögsvägen är 0.



Figur 6. Beräkning av linjär regressionstakt för två tvärsnitt, ett vid Pärulan (blå) och ett vid Vipphögsvägen (orange). Tillhörande lutningar är  $-0,52$  och  $0,004$  respektive.



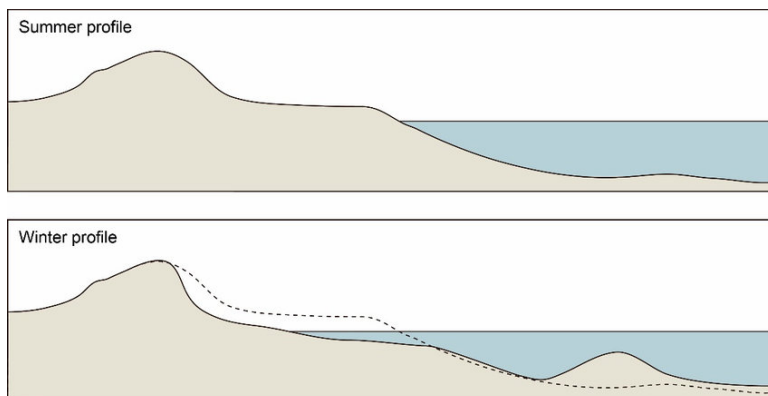
Resultat från samtliga transekter illustreras grafiskt i Figur 7 nedan. Flygfotografianalysen visar att kustområdet i väster, utmed Vipphögsvägen och Sjövägen, är relativt stabilt. Sedan 1960 tycks ingen betydande förflyttning av kustlinjens läge ha skett. Från delområde Vädcklintsvägen kan dock historisk erosion konstateras, med en erosionstakt upp emot 0,5 m/år. Den kraftigaste noterade erosionen har skett kring PärLAN, med hastigheter uppemot 0,7 m/år. Även inom delområde Strandheden har kusten backat, särskilt i de västra delarna. I de östra delarna av Strandheden har kusten varit relativt stabil sedan 1960, och bort mot Skateholm växer stranden till i hög takt.



Figur 7. Beräknad erosionstakt i Beddingestrand under tidsperioden 1960-2020.

## 2.3 Strandens jämviktsprofil

Ett vanligt förekommande antagande inom kusthydraulik är att stränder kan beskrivas genom en jämviktsprofil som beskriver ett genomsnittligt utseende av strandens profil över tid. I praktiken är dock strandens revel (ute i vattnet) ofta kraftigare utvecklade under de mer stormintensiva vinterperioderna, medan dynens bredd ofta minskar. Under sommarperioden är revlarna generellt mindre utvecklade och strandplanet ofta bredare och högre.



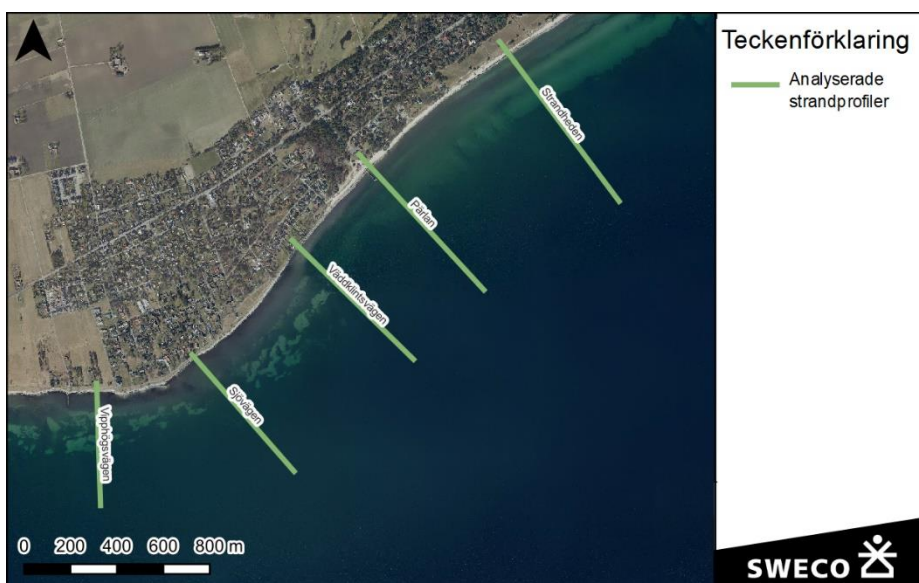
Figur 8. Strandens svar på vågverkan. Under stormigare vinterförhållanden utvecklas en tydlig sandreveln på bekostnad av dyn- och strandplansbredd. Under sommaren transporteras generellt denna sand tillbaka till stranden.

Utan hänsyn till dessa säsongsvariationer kan en jämviktsprofil beskrivas genom en parabolisk funktion som beror av strandens kornstorlek och är giltig från strandkanten ut till konvergensdjupet (Dean, 1991). Jämviktsprofilen kan beskrivas enligt följande ekvation (Dubois, 1999):

$$d = Ax^m$$

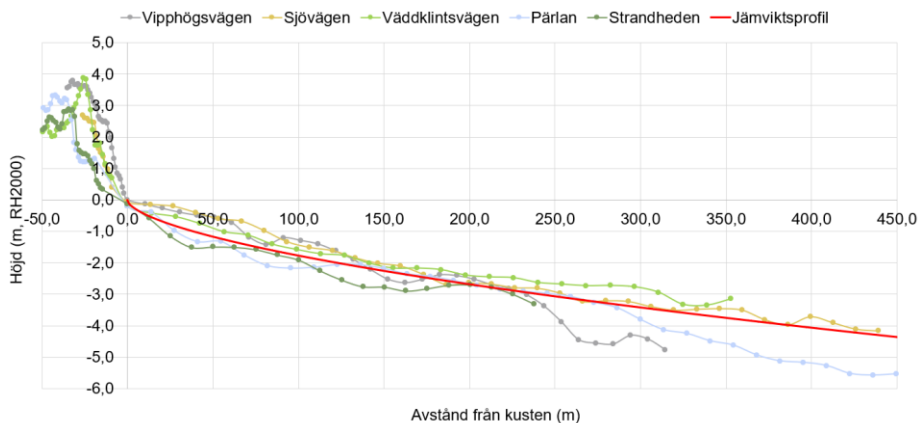
Detta antagande bygger dock på att hela profilen består av sand av uniform kornstorlek, vilket sällan är fallet utmed den svenska sydkusten. Till följd av det blandade geologiska materialet på botten utanför Beddingestrand förväntas endast det område som består av sand kunna beskrivas av en jämviktsprofil.

För att beskriva strandens jämviktsprofil har ett antal strandprofiler tagits ut längs med kusten, se Figur 9.



Figur 9. Läge för strandprofiler som använts för att beskriva en teoretisk jämviktsprofil.

En teoretisk jämviktsprofil har tagits fram baserat på djupen i det område inom vilket sand förekommer som bottenstrat (vilket generellt är cirka 200 - 300 meter). I Figur 10 presenteras den beräknade jämviktsprofilen (i rött) jämte uppmätta strandprofiler. Jämviktsprofilen som presenteras i figuren kan beskrivas med en formfaktor ( $m$  i ovanstående ekvation) på 0,6 och utifrån en kornstorlek på 0,18 mm. Denna beräknade jämviktsprofil har använts i framtagandet av åtgärdsalternativ i föreliggande utredning.

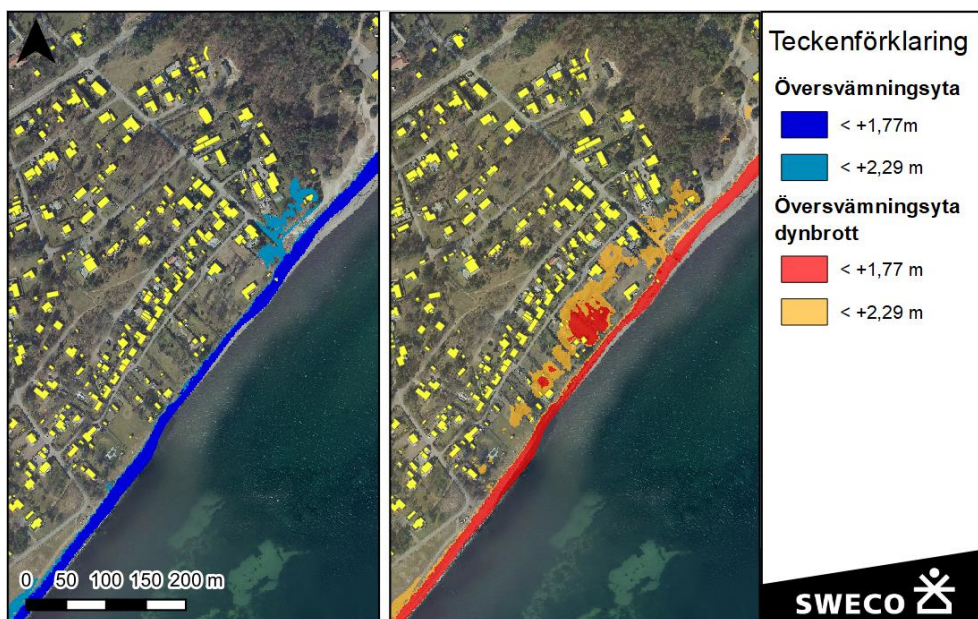


Figur 10. Beräknad jämviktsprofil (i rött) jämte uppmätta strandprofiler.

## 2.4 Översvämningsrisk

Swecos tidigare utredning rörande översvämningsrisker i Beddingestrand och Skateholm belyser att akut erosion längs kuststräckan kan leda till att skyddande sanddyner och höjdparter eroderar bort. Denna erosion kan i sin tur leda till ökad översvämningsrisk för lågt belägen bebyggelse bakom dessa skyddande höjdparter. Inom studieområdet är det huvudsakligen längs Vädcklintsvägen som dagens dyner utgör ett inflödesskydd vid högvattensituationer.

Vid en statisk översvämningskartering längs detta område skulle få byggnader identifieras som översvämningshotande vid en 100-års händelse, både idag och 2070. Om dynens skyddande effekt avtar skulle dock ett tiotal byggnader riskera att översvämmas, vilket illustreras i översvämningskarteringen i Figur 11 där dynens skyddseffekt negligeras.



Figur 11. Figuren visar 100-års händelse idag (+177 cm) och 2070 (+ 229 cm). Bilden till vänster visar utbredningen med dagens topografi och illustrerar den skyddseffekt dagens höjdrygg har. Bilden till höger visar ett fall där dynens skyddande effekt är borttagen till följd av erosion, och var det kan ses att översvämningsutbredningen blir större.

Det bör poängteras att risken för skador kopplade till erosionen i sig är av överordnad betydelse för riskbilden.

### 3. Kusthydrauliska förutsättningar

I följande underkapitel beskrivs olika tekniska, platsspecifika förutsättningar som är av intresse vid planering av åtgärder mot erosion utmed Beddingestrands kust.

I kapitel 3.4 presenteras en kartläggning av högvatten och höga vågor, hur dessa samvarierar. Förekomsten av höga vågor samtidigt som höga vattenstånd kan användas för att beskriva erforderliga dimensioner av hårda kustskydd samt volymen sediment som kan erodera under en stormhändelse.

#### 3.1 Högvatten

Karaktäristiska högvatten används för att beskriva vilken typ av högvatten som kan förväntas på en viss plats. Högvattnet beskrivs ofta med hjälp av en återkomsttid. Återkomsttiden är ett sätt att beskriva sannolikheten för att ett högvatten med en viss nivå ska inträffa. För närmare beskrivning av begreppet återkomsttid hänvisas till (Sweco, 2017) och (COWI, 2021). Tidigare utredningar har baserats på högvattenstatistik som beräknats för Skanör, då det saknas tillräckligt långa mätserier från Trelleborg för att möjliggöra beräkning av lokal vattenståndsstatistik (Fredriksson, Tajvidi, Hanson, & Larson, 2016). Den mätdata som finns tillgänglig från Trelleborg har visat på god överensstämmelse mot data från Skanör (Sweco, 2017). Sedan statistiken för Skanör togs fram har ett antal nya rapporter och underlag tagits fram som behandlar högvattenstatistik för Trelleborg. COWI (2021) beräknar ett 100-årshögvatten i Trelleborg till +170 cm baserat på mätdata från Skanör, och SMHI (2018) beräknar ett 100-årshögvatten till +158 cm baserat på mätdata från Ystad. Detta kan jämföras med beräkningarna från Fredriksson et al. (2016) som legat till grund för tidigare utredningar, som uppskattar 100-årshögvattnet till +165 cm. Samtliga uppskattningar av 100-årshögvattnet är alltså i samma storleksordning.

#### 3.2 Karaktäristiska högvatten

Sweco har tidigare beräknat olika typer av högvatten för Trelleborg baserat på statistiska analyser av vattenståndsdata från Skanör (Sweco, 2020). Detta eftersom tillräckligt långa tidsserier inte fanns tillgängliga från Trelleborg för en trovärdig sannolikhetsanalys samtidigt som data från Skanör och Trelleborg under en högvattensituation år 2017 överensstämde väl. Tabell 1 nedan anger de olika högvattennivåer relativt medelvattenytan samt RH2000 som kommer att användas i denna studie, baserat på tidigare resultat från Sweco (2020).

Tabell 1. Tabellen beskriver ett normalhögvatten, ett 100-årshögvatten samt ett extremhögvatten, dels som en avvikelse från medelvattenytan (MVY) dels som en absolutnivå relativt RH2000.

	Avvikelse relativt MVY	Avvikelse relativt RH2000
Normalhögvatten	+1,20 m	+1,35 m

100-årshögvatten	+1,65 m	+1,81 m
Extremhögvatten	+2,20 m	+2,36 m

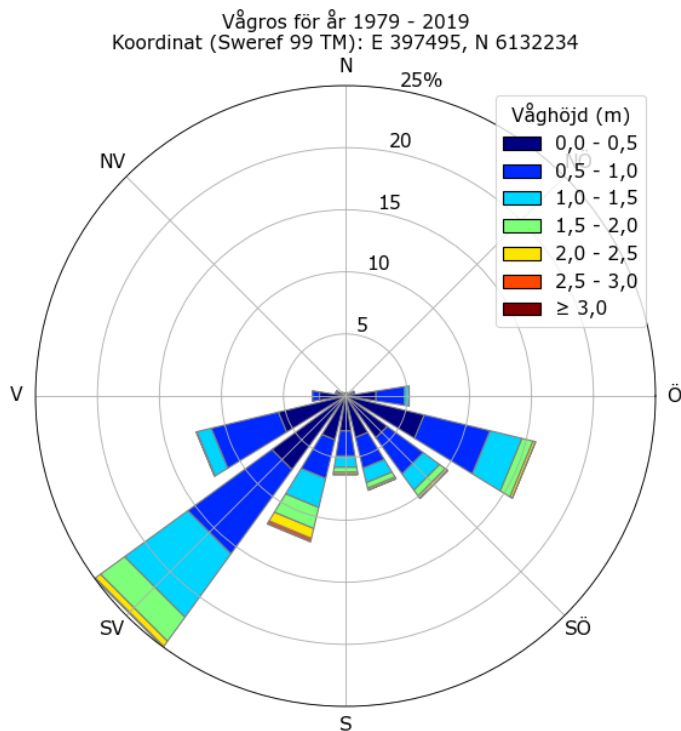
Med ett normalhögvatten avses en högvattennivå som kan förväntas inträffa eller överträffas med något eller några års mellanrum. Högvattnet representerar ett högt men ingalunda extremt vattenstånd.

Ett 100-årshögvatten är ett högvatten med återkomsttiden 100 år. Som beskrivits ovan innebär det att sannolikheten att ett högvatten med den nivån inträffar under ett godtyckligt år är 1/100, eller 1 %.

Det mest extrema högvatten i sydvästra Östersjön som finns dokumenterat är den så kallade Backafloden som inträffade år 1872. Det finns inga vattennivåmätningar från denna händelse, i stället har ögonvittnesskildringar och minnesmärken använts för att uppskatta hur högt vattennivån steg vid denna händelse. Det har beräknats att om motsvarande högvatten skulle inträffa i Trelleborg idag skulle det motsvara en nivå av +2,20 m relativt medelvattenytan (Sweco, 2017).

### 3.3 Vågor

Genom ett samverkansprojekt mellan SGI, SGU och Lunds Tekniska Högskola har en vågmodell som beräknar vågförhållandena för Sveriges sydkust tagits fram. Modellen täcker tidsperioden 1979 – 2019 och finns tillgänglig på SGI:s hemsida under karttjänsten Vågdataportalen (SGI, 2022). I Figur 12 visualiseras modellerad vågdata från en punkt utanför Beddingestrand i form av en vågros. De olika staplarnas längd illustrerar hur ofta vågor med en viss riktning förekommer, och färgen av staplarna indikerar storleken av vågorna. Figuren illustrerar att den förhärskande vågriktningen är SV – SSV, men att även vågor från ÖSÖ förekommer relativt ofta. Höga vågor tycks kunna förekomma från samtliga riktningar.

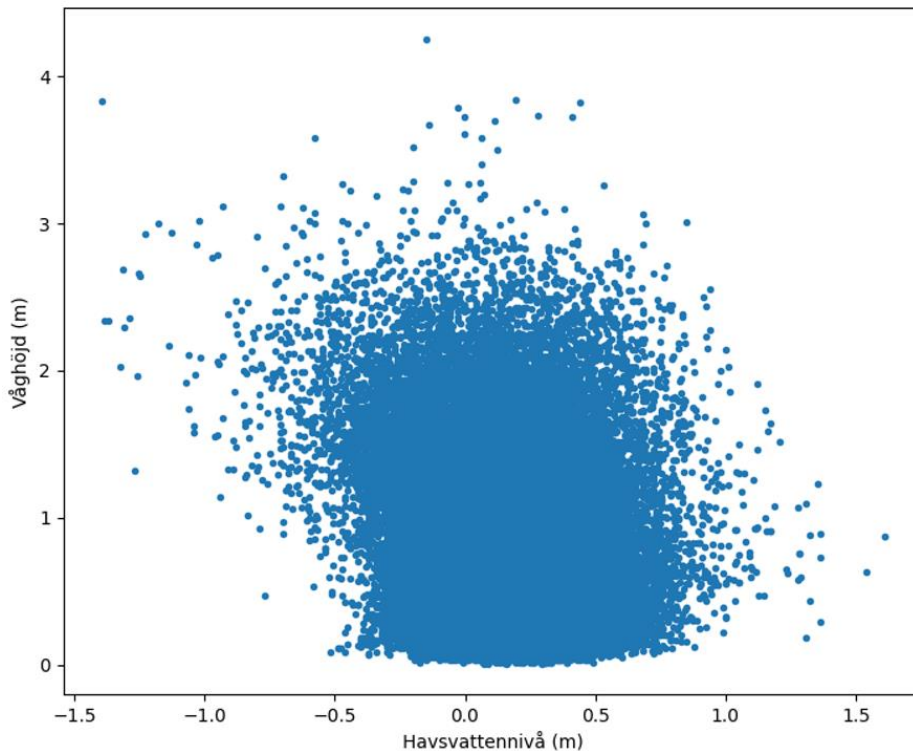


Figur 12. Vågros för Beddingestrand. Från SGI:s karttjänst Vågdataportalen.

### 3.4 Kombinerade händelser

Vid design och dimensionering av kustskydd är det av stor vikt att utreda hur höga vattenstånd och vågor samvarierar. De största vågorna i Trelleborg uppstår generellt vid vindar från sydväst till sydost, där vinden kan skapa vågor över långa havsområden från Tyskland och Polen. Vid dessa vindförhållanden är dock höga vattenstånd mycket sällsynta. Höga vattenstånd uppträder huvudsakligen vid vindar med en nordlig komponent, då stora vattenmängder stuvas upp i södra Östersjön. Det finns dock även exempel på när vågor med ostlig riktning rör sig in mot sydkusten i samband med höga vattenstånd, och det finns även en möjlighet att lågtrycken snabbt ändrar bana och möjliggör höga vattenstånd och höga vågor.

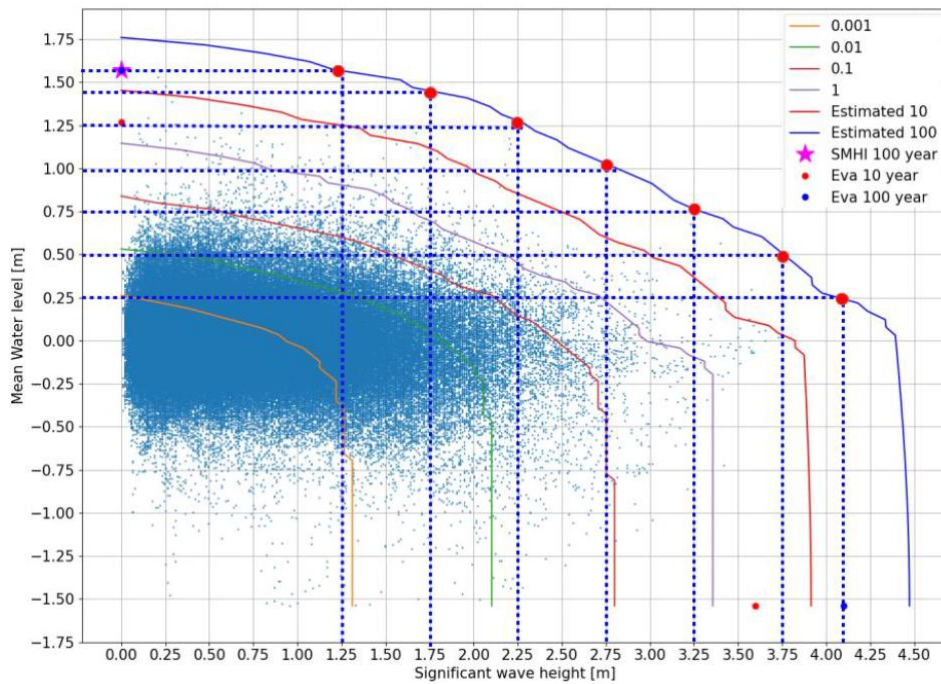
Figur 13 visar en analys av samvariation mellan högvatten och höga vågor. Analysen bygger dels på en mätserie av havsvattenstånd från stationen i Skanör, dels på modellerad vågdata som finns tillgänglig på SGI:s karttjänst Vågdataportalen. Mätserien från Skanör täcker tidsperioden 1992 – 2019. Som tidigare påpekats i denna utredning bedöms mätdata från Skanör stämma tillräckligt väl överens med faktiska vattenstånd i Trelleborgs kommun för att kunna användas för de analyser som görs inom ramen för denna utredning. Figuren illustrerar att de största vågorna inte tycks inträffa samtidigt som de högsta vattenstånden, utan att våghöjden vid dessa tillfällen generellt ligger under 1,0 meter. Höga vågor över 2,0 meter förekommer dock vid vattenstånd i storleksordningen +1,0 meter relativt medelvattenytan.



Figur 13. Samvariation mellan havsvattennivå och våghöjd. Inget tydligt samband mellan höga vattennivåer och höga vågor kan urskiljas.

Sweco har på uppdrag av Trelleborgs kommun under 2022 arbetat med design och dimensionering av ett erosionskydd öster om Trelleborgs hamn. (Sweco, 2022). I samband med det uppdraget utfördes en grov analys av kombinerade händelser (höga vågor och höga vattenstånd). I Figur 14 presenteras resultat från denna analys. De små blå punkterna utgörs av samma dataunderlag som i Figur 13, och de olika linjerna utgör uppskattningar av kombinerad återkomsttid. Alla värden utmed dessa linjer har alltså samma återkomsttid. De röda punkterna utgör olika scenarier av vattenstånd och vågor med en kombinerad återkomsttid av 100 år. Av figuren framgår att det under en 100-års händelse av vattenstånd kan förväntas vågor med drygt en meters våghöjd.

Dessa scenarier har använts för dimensionering av kustskydd inom föreliggande studie.



Figur 14. Analys av kombinerade händelser och uppskattade återkomstnivåer. Från (Sweco, 2022). Y-axeln visar vattenståndet (rel. MVY) och x-axeln visar signifikant våghöjd.



## 4. Åtgärdsförslag

Baserat på utförda kusttekniska utredningar kan det konstateras att erosionshastigheten, och även risken för skador till följd av erosion, ser olika ut utmed olika delar av Beddingestrands kust.

I de östra delarna har kusten varit relativt stabil sedan 60-talet, men vid höga vattenstånd föreligger risk för akuta erosionskador på vägbeläggningar längs Vipphögsvägen och Sjövägen. Utmed Väddklintsvägen har erosionen varit påtaglig sedan 60-talet, och stranden har ändrat karaktär från sandig till stenig med fläckvis inslag av sand. Framkomligheten utmed stranden har försämrats och vid ytterligare erosion riskerar befintliga slänter att erodera, vilket skulle leda till viss ökad översvämningsrisk. Även i de östra delarna, kring Pärlan och Strandheden, är erosionen påtaglig. Stranden har backat och kommer sannolikt fortsätta backa. Befintliga erosionskydd på stranden förhindrar i ökande utsträckning framkomligheten, särskilt under högvatten, och längst i öster ligger ett antal fastigheter i riskzonen för framtida erosion.

Med bakgrund i denna information och kommunens målbild (kapitel 4.1) för kust- och erosionskydd har två lösningsförslag av olika karaktär tagits fram. I tillägg till dessa två förslag diskuteras även ett nollalternativ, att inga åtgärder vidtas. De två åtgärdsförslagen har tagits fram genom ett internt workshoparbete där ett flertal olika tekniska lösningar har diskuterats. De två åtgärdsförslag som föreslås är strandfodring och släntskydd i sten (stenskonung), vilka båda två är konventionella och välkända kustskyddsstrategier. Andra åtgärder, som friliggande vågbrytare, konstgjorda rev, hövder och liknande erosionskydd har beaktats men inte bedömts vara lämpliga inom det studerade området. Alternativen har kunnat förkastas antingen till följd av bristfällig teknisk funktion givet de lokala förutsättningarna, eller till följd av dess höga kostnader och uppenbara negativa miljöpåverkan.

### 4.1 Målbild

Trelleborgs kommun har under de senaste åren arbetat med framtagandet av ett tematiskt tillägg till översiktsplaner (TÖP) med temat "stigande hav och översvämning" (Trelleborgs kommun, 2023). Den målbild som detta projekt arbetat efter grundar sig huvudsakligen i de övergripande målbilder som tydliggörs i TÖP:en, däribland att:

- Förutsättningarna för allemansrättslig tillgång till kommunens strandområden ska säkerställas
- Bevarandet av goda livsvillkor för djur- och växtlivet inom naturområden ska säkerställas.
- Naturbaserade skydd i första hand ska övervägas och åtgärder för skydd mot översvämning och erosion ska göras med mångfunktion.
- Åtgärderna så långt som möjligt ska kunna smälta in i landskapet och harmonisera med omgivningen
- Vid gestaltningen av kustskydd är det viktigt med topografisk anpassning till befintliga marknivåer och befintliga miljöer för att utesluta barriäreffekter och för att åtgärden ska smälta in i landskapsmiljön.

- Kustskydd bör utformas så att de ökar kommunens attraktionskraft som boendekommun och som turistmål.
- Optimalt är om klimatanpassningen kan utföras så att den tillför ett värde och inte enbart ses som en kostnad

Då befintliga modeller över framtida kusterosion är behäftade med mycket stora osäkerheter har åtgärdernas livslängd, i kontrast till i TÖP:en, begränsats till år 2070.

## 4.2 Alternativ A - Strandfodring

Alternativ A utgörs av en strandfodring med sand utmed en cirka 450 meter lång sträcka utmed Vädcklintsvägen. Den föreslagna geografiska utbredningen av fodringen visas i Figur 15. Fodringen innebär att strandlinjens läge återställs till sin geografiska utbredning omkring år 1998.



Figur 15. Geografisk utbredning av föreslagen strandfodring.

Strandfodring är ett annat namn för artificiell sandtillförsel och är den metod som internationellt sett är en av de vanligaste kustskyddsstrategierna mot erosion. Det finns många typer av strandfodringsmetoder. Sanden kan läggas direkt uppe på strandplanet, i den strandnära zonen utanför stranden så att vågorna transporterar in sanden till stranden eller användas för att bygga upp och förstärka dynsystem. En exempelbild från en strandfodring vid Fortuna strand i Helsingborgs kommun visas i Figur 16.



Figur 16. Småskalig kombinerad stand- och dynfodring vid Fortuna strand, Helsingborg kommun. Bilden t.v. visar stranden före åtgärderna, under storm, och bilden t.h. visar efter åtgärderna genomförts.

Principen för strandfodring är att låta de naturliga erosionsprocesserna fortgå och att dessa får verka på sandutfyllnaden i stället för att kusten eroderar vidare. En stor fördel med denna metod är att erosionsproblemen inte förflyttas nedströms, som ofta är fallet för hårda kustskyddsåtgärder. Strandfodring medför ofta positiva nedströmseffekter, eftersom den sand som eroderar i området i stället transporteras till närliggande strandområden. Eftersom erosionen tillåts fortgå behöver strandfodring utföras med vid återkommande tillfällen, när utfyllnaden eroderat bort.

#### 4.2.1 Syfte med skyddet

Huvudsyftet med en strandfodring i Beddingestrand är att motverka ytterligare erosion av kustområdet. Åtgärden skulle även minska risken för översvämning av lågt liggande mark bakom dagens slänt, även om skyddet i sig inte är dimensionerat för att helt eliminera översvämningsrisken.

Vidare avser strandfodringen att öka mängden sediment tillgänglig för transport till nedströmsområden, för att indirekt även medverka till en minskad erosionstakt utmed Pärlan och Strandheden.

#### 4.2.2 Design och dimensionering

Dimensioneringen av strandfodringens volym bygger i föreliggande utredning på en metod som ofta benämns som den holländska metoden (SGI, 2006) (Verhagen, 1992). Metoden är enkel och bygger på:

- Beräknad erosionstakt (i  $m^3/år$ ) för aktuellt strandavsnitt
- Livslängd av fodringen
- Volymfaktor för hänsyn till sedimentförluster och förändrad erosionshastighet<sup>2</sup> (40 %).

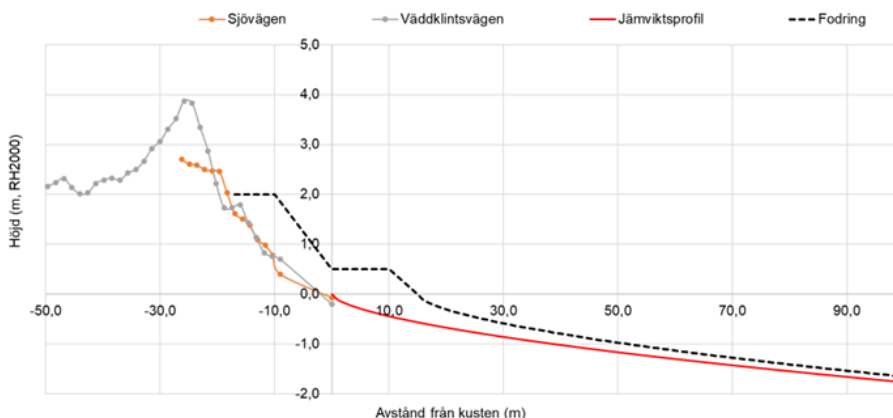
Beräkning av erosionstakten (i  $m^3/år$ ) bygger på ett antagande om att strandprofilens utseende inte varierar över tid utan konsekvent kan beskrivas utifrån den jämviktsprofil som beskrivs i kapitel 2.3. Volymen eroderat material kan därefter beräknas utifrån hastigheten av strandlinjens tillbakadragning, vilken beräknats i kapitel 2.2. Tidsserier av strandprofiler, mätningar som

<sup>2</sup> Faktorn kompenserar bland annat för förlust av finmaterial, naturlig omfördelning av sand till fodringens flanker samt ökad sedimenttransport efter fodringen.

beskriver strandens utseende över och under vattenytan, ger en bättre bedömning av volymförluster men denna typ av mätningar finns inte att tillgå i studieområdet.

Strandfodringen har designats med en prognosticerad livstid på cirka 20-25 år, vilket medför två sandfodringstillfällen fram till 2070. Strandfodringen har utformats som en dyn- och strandplansfodring. Den befintliga kustslänten förstärks med en fem meter bred sandig fördyn, vilket utgör en buffer mot framtida stormerosion. Samtidigt tillförs sand för att höja strandplanet och vidare utöka dagens strandplansbredd med tio meter.

I Figur 17 visas en schematisk bild över strandfodringen som illustrerar hur en fördyn tillskapas, samtidigt som dagens strandplan höjs och breddas. Sanden kommer snabbt efter fodringstillfället naturligt omfördelas mellan dyn, strand och revlar. Den beräknade volymen sand per löpmeter strand uppgår till 27 m<sup>3</sup> och för strandens totala längd av 450 meter uppgår den totala volymen till cirka 12 000 m<sup>3</sup> utan volymfaktor.



Figur 17. Schematiskt tvärsnitt för föreslagen strandfodring. Den svartstreckade linjen visar föreslagen höjdsättning efter åtgärders genomförande.

### 4.2.3 Kostnadsuppskattning

Kostnadsuppskattningar för strandfodring har gjorts baserat på erfarenheter från Swecos tidigare projekt samt på uppgifter inhämtade från entreprenörer som frekvent arbetar med strandfodring. Kostnaderna har i denna utredning antagits utgöras av följande poster:

- Tillståndsprocess för sandutläggning och marin sandutvinning
- Etablering av fartyg och entreprenadmaskiner
- Transport och utläggning av sand från marin täkt
- Kontroll, uppföljning och utvärdering.

Antalet referensprojekt av strandfodring är få i Sverige, vid denna rapportens författande har endast Ystad kommun utfört strandfodring i större skala. Utredningar och tillståndsprocesser för marin sandutvinning och strandfodring har historiskt sett varit tidskrävande. Ängelholms kommun har under en längre period arbetat med tillståndsansökan för både uttag av marin sand vid täkt i Skälderviken och för utläggning vid Klitterhus. Kostnaden för utredningar och

ansökan översteg redan innan sista förhandlingen 4,0 MSEK<sup>3</sup>. Vid strandfodring i Beddingestrand förväntas tillståndsprocessen bli enklare och eventuellt kunna samordnas med andra liknande projekt. Som schablonkostnad för tillståndsprocess, kontroll och uppföljning har därmed en kostnad på 2,0 MSEK jämnt fördelat över en 25-års period antagits, vilket utgör en årlig kostnad av 80 000 SEK.

Etablering av fartyg och entreprenadmaskiner har antagits utgöra 500 000 SEK per fodringstillfälle.

Kostnader för transport och utläggning av sand från marin täkt är tätt korrelerat med avståndet till sandtäkten. I föreliggande utredning har kostnaden beräknats baserat på antagandet att sanden hämtas från Sandhammar bank. Med en uppräknad av transportkostnader jämte referensprojekt i Ystad, samt förbehåll för ökade bränslekostnader bedöms kostnaden uppgå till omkring 200 SEK/m<sup>3</sup> sand. Med en beräknad volym på cirka 12 000 m<sup>3</sup> och en osäkerhetsfaktor på 40 % (Verhagen, 1992) blir den totala volymen cirka 17 000 m<sup>3</sup> och en kostnad av 3,4 MSEK per fodringstillfälle.

Tabell 2. Beräknade kostnader för strandfodring. Notera att kostnadsposten för utförandet endast innefattar en av de fodringar som föreslås ske fram till 2070.

Alternativ A	
Detaljutförande, projektering och tillstånd (MSEK/år)	0,2
Utförande inkl. etablering (MSEK)	3,9

### 4.3 Alternativ B - Släntskydd i sten

Alternativ A utgörs av en strandfodring med sand utmed en cirka 285 meter lång sträcka utmed Väddklintsvägen. Den föreslagna geografiska utbredningen av skyddet visas i Figur 18/15. Släntskyddet föreslås anslutas till befintliga höjdryggar för att kunna bibehålla dagens skyddsfunktion för översvämning.

<sup>3</sup> Föreläsning av Geraldine Thiere vid Dansk-svensk kustkonferens i Malmö 2019-10-08.



Figur 18. Geografisk utbredning av föreslagen stenskoning.

Strandskoning är en konstruktion som uppförs på land, parallellt med stranden och som syftar till att stabilisera kustlinjen, se Figur 19. En strandskoning kan bestå av till exempel betongplattor, stenblock, betong eller spont. Åtgärden är effektiv för att skydda bakomliggande område mot fortsatt erosion, men resulterar mycket ofta i erosion på nedströmssidan av konstruktionen. Erosion kan även uppstå utanför konstruktionen i de fall där konstruktionen reflekterar vågorna. Det är vanligt att strandplanet försvinner, blir grövre (kornstorlek) och att profilen fördjupas framför skyddet. Detta leder i sin tur till att större vågor på sikt kan träffa skyddet.



Figur 19. Exempel på stenskoningar. Bilden till vänster visar en delvis naturligt armerad kust, medan bilden till höger visar en bild utan vegetation i slänten.

En korrekt anlagd strandskoning är stabil och trots att initialkostnaderna är relativt höga så är livstiden lång och underhållskostnaderna generellt låga. I många fall leder uppförandet av stenskoningar till att biologiska värden försämras samtidigt som tillgängligheten till passage utmed stranden minskar. Vid uppförande av strandskoningar är det således ofta motiverat att kombinera åtgärden med sandfodring.

#### 4.3.1 Syfte med skyddet

Det huvudsakliga syftet med ett erosionskydd i sten utmed Vipphögsvägen är att motverka ytterligare erosion av dagens slänter genom att fixera det sediment som finns i befintlig höjdrygg.

Utöver att utgöra ett erosionsskydd bidrar föreslaget skydd till att bibehålla släntens funktion som översvämningsskydd. Stenskoningen föreslås konstrueras med målsättning att tillskapa promenadytor för att fortsatt tillåta passagemöjligheter i anslutning till skyddet.

#### 4.3.2 Design och dimensionering

Det föreslagna skyddet föreslås i huvudsak utformas som en konventionell stenskonung, men i samband med detaljutformning kan avsteg göras för att öka skyddets naturanpassning. En viktig designparameter vid utformning av stenskoningar är att överspolningen av vågor ska reduceras till acceptabla nivåer. En för låg konstruktion medger att vågor spolats över och leder till skador på skyddet och bakomliggande terräng.

Den erforderliga krönhöjden har beräknats utifrån metodik i manualen *EurOtop* (EurOtop, 2018). Alla de prediktionsmetoder som ges i EurOtop har begränsningar i sin träffsäkerhet. Trots att de ekvationer som föreslås bygger på ett stort empiriskt underlag så finns en betydande spridning i den data som ligger till grund för beräkningsmetodiken. För att hantera osäkerheterna i designprocessen av kustskydd har författarna till manualen valt att införa en "design or assessment approach" som introducerar en osäkerhetsfaktor i storleksordningen en standardavvikelse, för att minimera risken att överspolningen underskattas.

Som indata till beräkningarna har de kombinerade händelser av vattenstånd och vågor som presenteras i kapitel 3.4 använts. Beräkningsmetodiken möjliggör bland annat en uppskattning av medelöverspolningen (uttryckt i liter per sekund och meter) som en funktion av konstruktionens krönhöjd. Utifrån resultaten kan man således optimera ett skydd utifrån vilken platsspecifik överspolning man anser vara acceptabel. (EurOtop, 2018). I denna utredning har de överspolningskriterier som presenteras i Tabell 3 ansatts:

Tabell 3. Kriterier för acceptabel överspolning. Kriterierna används för att säkerställa konstruktionens stabilitet.

Dimensionerande händelse	Klimatscenarie	Acceptabel överspolning (l/s,m)
10-års händelse	SSP5-8,5 (median)	5,0
100-års händelse	SSP5-8,5 (median)	10,0

Vågor har antagits falla in vinkelrätt mot kusten. Stenskoningen har antagits ha en lutning av 1:2 och konstrueras med ett dubbelt skyddslager av sprängsten. I Tabell 4 presenteras erforderlig krönhöjd för en stenskonung vid Beddingestrand i såväl dagens klimat som under prognosticerad medelvattenyta år 2070. Ökningen i krönhöjd beror både på att medelvattenytan stiger, och på att de högsta vågorna kan bli större då de huvudsakligen begränsas av djupet. Beräkningarna tas inte hänsyn till eventuell strandplanserosion, vilket potentiellt skulle kunna medge än högre våghöjder.

Tabell 4. Beräknade krönhöjder och total bredd ovan mark för en stenskonung, idag och år 2070. Notera att dagens mark ligger på cirka +2,5 - 3,5 meter.

	2022	2070
Krönhöjd (m, RH2000)	3,2	3,85

Bredd ovan mark (m) 5,4 6,7

Den totala bredden ovan mark, inklusive ett två meter brett krön, är beräknat till 6,7 meter för år 2070. Skyddets platsanspråk varierar beroende på slänternas utseende utmed kusten men för en representativ släntprofil uppgår skyddets bredd således till cirka 7 meter.

Denna konstruktion skulle behöva täcka stora delar av strandplanet. För att öka möjligheterna för naturanpassning av skydden, tillgodose en större biologisk mångfald och god tillgänglighet föreslås skydden delvis ha en terrassliknande form, vilket delvis åskådliggörs i exempelbilden till vänster i Figur 19. Om skyddet anläggs med en terrassavsats blir skyddets totala bredd större.

### 4.3.3 Kostnadsuppskattning

Kostnadsuppskattningen för en stenskoning baseras på referenser från projekt med liknande komplexitet, däribland projekt vid Barsebäck hamn och Själlands nordkust. Uppförandet av en stenskoning på platsen är relativt komplicerat då strandplanet är av begränsad bredd, tillgängligheten för större arbetsfordon dålig och väderkänsligheten stor.

Som en schablonkostnad förväntas arbetet med kontroll och underhåll av skyddet uppgå till totalt 250 000 SEK var 10 år, vilket ger en årlig kostnad på 25 000 SEK. Detaljutformning och projektering har uppskattats till 1,0 MSEK.

Materialkostnader beror på tillgång av sten, närheten till stenbrott samt om stenen ska utgöras av sprängsten eller natursten, där sprängsten är betydligt billigare. Kostnaden för material har antagits vara 6000 SEK/löpmeter.

Den uppskattade kostnaden för arbetet har antagits till 12 000 SEK/löpmeter. En sammanfattad kostnadsuppskattning ges i Tabell 5 nedan.

Tabell 5. Kostnader för uppförande, kontroll och underhåll av stenskoning.

	Alternativ B
Kontroll och underhållsarbete (SEK/år)	25 000
Detaljutförning, projektering och tillstånd (MSEK)	1,5
Materialutgifter (skyddslager, filtersten) (MSEK)	1,7
Entreprenörutgifter (MSEK)	3,4
Total kostnad till 2070 (MSEK)	8,8

Notera att dessa kostnader är osäkra och först kan fastläggas efter detaljprojektering när geoteknik, mängder och liknande är fastställt. Platsspecifika förutsättningar som möjligheter till upplagsytor, körvägar och behov av skyddsåtgärder kan påverka projektets kostnader.



## 5. Markförlustmodell

För att kunna kvantifiera kostnaden av erosion och utvärdera vilka åtgärdsalternativ som är mest fördelaktiga ur ekonomisk synvinkel har en markförlustmodell tagits fram. Metodiken bygger huvudsakligen på den metodik som presenteras i studie av Hallin et al. (2017) men med en betydligt högre detaljeringsgrad och geografisk upplösning.

Markförlustmodellen används för att inom respektive delområde (se Figur 1) beräkna kustens tillbakadragning i 10-års intervall (2030, 2040, 2050, 2060 och 2070). Baserat på beräkningarna har geografiska kartlager tagits fram, vilka nyttjats för att beräkna:

- Markförluster (m<sup>2</sup>/år)
- Antal bostäder som kan förväntas ligga på mark som riskerar att erodera.

### 5.1 Metodik

Den beräkningsmodell som nyttjats är en semi-empirisk modell som beskriver förändring både till följd av kustparallell transport och havsnivåhöjning. Modellen ska ses som en grov fingervisning snarare än ett exakt beräkningsverktyg. Den beräknade erosionstakten utgörs av summan av nedanstående fysikaliska processer och antaganden om dessa:

- Den historiska erosionstakten antas fortsätta oförändrad fram till år 2070. Vidare antas denna förändringshastighet vara linjär över tid. I avsnitt 5.1.1 beskrivs hur den historiska erosionstakten inkluderats i beräkningsmodellen och vilket underlag som ligger till grund för denna.
- I takt med att medelvattenytan stiger antas strandens utveckling kunna beskrivas enligt Bruuns lag. En genomgång av Bruuns lag, hur modellen applicerats och hur resultaten ska tolkas beskrivs i avsnitt 5.1.2.

#### 5.1.1 Historisk erosion

Den historiska erosionstakten har beräknats som ett medel för varje beräknad transekt (se kapitel 2.2) inom respektive delområde. Erosionstakten beräknas fortsätta oförändrat likt referensperioden 1960.

#### 5.1.2 Bruuns lag

För att kvantifiera hur stora landtytor som kan komma att eroderas bort till följd av medelvattenytans stigning har, i enlighet med Hallin *et al.* (2017), beräkningar utförts enligt *Bruuns lag*. Bruuns lag är en grovt förenklad konceptuell modell, framtagen för sandiga och homogena kuster längs öppna hav. Till dags dato är detta den enda applicerbara metoden för uppskattning av erosion till följd av havsnivåhöjning, även om mycket forskning sker på ämnet.

Bruuns lag ger en prognos av strandlinjens tillbakadragning till följd av stigande havsnivåer och baseras på kustens topografi och vågklimatet. Med hjälp av ekvationen nedan, har erosion (i meter strandbredd) längs kusten uppskattas.

$$R = \frac{S}{\tan(\beta)}$$

I ekvationen anger  $R$  strandens tillbakadragning,  $S$  är medelvattenytans stigning och  $\beta$  lutningen av stranden från toppen av sanddynen till det så kallade konvergensdjupet. Konvergensdjupet kan beskrivas som det djup där vågor slutar ha en inverkan på sedimenttransport längs botten och kan beräknas med hjälp av Hallermeier's ekvation (Hallermeier, 1978):

$$d_c = 2.28H_{s, \frac{12h}{y}} - 68.5 \frac{H_{s, \frac{12h}{y}}^2}{gT_s^2}$$

I ekvationen motsvarar  $g$  tyngdaccelerationen,  $H_{s, 12h/y}$  den våghöjd som statistiskt motsvarar våghöjden som överskrider 12 timmar årligen och  $T_s$  tillhörande vågperiod. Konvergensdjupet har beräknats baserat på vågdata beskriven under kapitel 3.3.

För att uppskatta dynens högsta nivå (för uträkning av strandlutningen,  $\tan(\beta)$ ) har höjmodellen "Sweden Skog" från Lantmäteriet nyttjats. Detta lager täcker hela den aktuella geografiska utsträckningen med en upplösning på 1 x 1 m.

## 5.2 Scenarier och nedströmseffekter

Följande antaganden har gjorts för att belysa nedströmseffekter av åtgärdsförslagen:

- **Alternativ A – Strandfodring:** Ingen vidare erosion sker längs Väddklintsvägen. Bakgrundserosionen minskar med 50% inom delområde Pärlan och med 25% inom delområde Strandheden.
- **Alternativ B – Släntskydd i sten:** Ingen vidare erosion sker längs Väddklintsvägen. Bakgrundserosionen ökar med 20% inom delområde Pärlan och med 10% inom delområde Strandheden.

Det positiva tillskott av landareal som alternativ A ger upphov till (inom utfyllnadsområdet) har inte medräknats som "positiv markförlust" eftersom denna förväntas erodera under den studerade tidsperioden. Erosion till följd av havsnivåhöjning förväntas fortgå oförändrat för samtliga åtgärdsalternativ, förutom inom Väddklintsvägen där åtgärderna förväntas reducera denna effekt.

Tabell 6 Beräknad bakgrundserosion för samtliga alternativ, i enheten m/m strand/år. Notera att alternativ med strandfodring ger minskad nedströmserosion och stenskonung ger ökad nedströmserosion.

	Vipphögsv.	Sjövågen V	Sjövågen Ö	Väddklintsv.	Pärlan	Strandheden
<b>Nollalternativ</b>	0,02	-0,07	-0,07	-0,37	-0,54	-0,19
<b>Strandfodring</b>	0,02	-0,07	-0,07	0	-0,27	-0,14
<b>Släntskydd</b>	0,02	-0,07	-0,07	0	-0,65	-0,21

## 5.3 Resultat

Resultat från markförlustmodellen extraherats för samtliga delsträckor och för 10-års intervall (2030, 2040, 2050, 2060 och 2070). Baserat på beräkningarna har geografiska kartlager tagits fram, vilka nyttjats för att beräkna:

- Markförluster (m<sup>2</sup>/år)
- Antal bostäder som ligger inom erosionsriskområdet vid slutet av varje decennium.

### 5.3.1 Markförluster

Då den historiska erosionstakten förväntas fortgå och då havsnivåhöjningen har antagits vara linjär fram till 2070 blir även markförlusterna linjära. Ett utdrag av resultat för markförlusterna sammanfattas i Tabell 7.

Tabell 7 Beräknad markförlust för respektive scenario. Tabellen visar den ackumulerade markförlusten vid start av varje decennium, samt den årliga takten av markförlust.

Beräknad markförlust			
Akkumulerad markförlust (m <sup>2</sup> )	Nollalternativ	Strandfodring	Stenskonig
År 2030	14 000	10 000	12 000
År 2040	30 000	21 000	27 000
År 2050	46 000	32 000	41 000
År 2060	62 000	43 000	55 000
År 2070	78 000	54 000	69 000
<b>Årlig markförlust (m<sup>2</sup>/år)</b>	<b>780</b>	<b>370</b>	<b>560</b>

### 5.3.2 Antal påverkade bostäder

De beräknade markförlusterna för respektive åtgärd (inklusive nollalternativ) har överlagrats med Lantmäteriets GIS-lager *Byggnad*. Endast byggnader med förteckningen "Bostad" har räknats som påverkade. En sammanställning av påverkade bostäder redovisas i Tabell 8. Notera att det för båda åtgärdsalternativen finns bostäder utanför åtgärdsområdet som riskerar att skadas till följd av erosion. Dessa byggnader ligger nedströms åtgärdsområdet men inom studieområdet.

Tabell 8 Beräknat antal bostäder som påverkas av erosion och därigenom riskerar att skadas.

Antal påverkade bostäder			
	Nollalternativ	Strandfodring	Stenskonig
År 2030	1	0	1
År 2040	1	1	0
År 2050	3	0	1
År 2060	2	2	4
År 2070	4	3	1

## 6. Rekommendationer för fortsatt arbete

Resultat från denna studie ligger till grund för den kostnads-nyttoanalys och multikriterieanalys som utförs i huvudrapporten *Åtgärder mot kusterosion i Beddingestrand*. Genom dessa analyser utreds om föreslagna åtgärder är lämpliga att genomföra ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Vidare ligger analyserna till grund för val av åtgärd och beskriver i viss mån även hållbarhetsaspekter av respektive åtgärd.

Inför fortsatt arbete med detaljutformning av kustskydden kan med fördel följande utredningar företas:

- Batymetrisk inmätning av havsbotten ut till cirka 5 meters djup. Denna information krävs för att precist kunna dimensionera åtgärderna.
- Naturvärdesinventeringar för terrester och marin miljö. Dessa utredningar kan ligga till grund för naturanpassning av skydden, så att befintliga naturvärden bibehålls och förstärks även efter skyddens anläggande.

## Referenser

- COWI. (2021). *Utredning gällande framtida hav och översvämningar i Trelleborg kommun.*
- Dean, R. (1991). Equilibrium Beach Profile: Characteristics and Applications. *Journal of Coastal Research*, 53-84.
- Dubois, R. M. (1999). An Inverse Relationship between the A and m Coefficients in the Bruun/Dean Equilibrium Profile Equation. *Journal of Coastal Research*, 186-197.
- EurOtop. (2018). Overtopping velocities and distributions. i J. Van der Meer, N. Allsop, T. Bruce, J. De Rouck, A. Kortenhaus, T. Pullen, . . . B. Zanuttigh, *EurOtop* (ss. 222-223).
- Fredriksson, C., Tajvidi, N., Hanson, H., & Larson, M. (2016). Statistical Analysis of Extreme Sea Water Levels at the Falsterbo Peninsula, South Sweden. *Vatten: tidskrift för vattenvård /Journal of Water Management and research*, 129-144.
- Hallermeier, R. J. (1978). Uses for a Calculated Limit Depth to Beach Erosion. . *16th Costal Engineering Conference*, (ss. 1493–1512). doi:<https://doi.org/10.1061/9780872621909.090>
- Hallin, C., Almström, B., Hanson, H., Larson, M., & Persson, O. (2017). Sandbehov för att motverka stranderosion utmed Skånes sydkust under perioden 2017 – 2100. *Journal of Water Management and Research*, 73(November), 77-84.
- SGI. (2006). *Strandfodring - Skydd av kuster mot erosion och översvämning.*
- SGU. (2020). *Kustnära sedimentdynamik, SGU Rapport 2020:04.* Uppsala.
- SGU. (2021). *Fysiska och dynamiska förhållanden längs Skånes kust - underlag för klimatanpassningsåtgärder.* SGU.
- SGU. (den 24 02 2023). *Kartvisare maringeologi.* Hämtat från Kartvisare maringeologi: <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-maringeologi.html>
- SMHI. (2018). *Extremvattenstånd i Trelleborg.*
- Sweco. (2012). *Stranderosion i Trelleborgs kommun - Inventering av nuvarande förhållanden och förslag till åtgärder.*
- Sweco. (2017). *En idéstudie för hur Trelleborgs tätort kan skyddas mot hög havsnivåer, nu och i framtiden.*
- Sweco. (2020). *En idéstudie för högvattenskydd längs Trelleborgs kuststräcka utanför tätorten.*
- Trelleborgs kommun. (2023). *Tematiskt tillägg till Trelleborgs översiktsplaner - Stigande hav och översvämning.* Trelleborg.
- Verhagen, H. J. (1992). Method for artificial beach nourishment. *International Conference on Coastal Engineering.* Venedig.