
RAPPORT SEDIMENTTRANSPORTMODELLERING

TRELLEBORGS KOMMUN

Strandfodring Västra stranden tillståndsansökan

UPPDRAGSNUMMER 30013054

UTVÄRDERING AV UTFORMNINGAR OCH KOMPLETTERANDE SEDIMENTTRANSPORTMODELLERING FÖR STRANDRESTAURERING



2021-08-19

MALMÖ KUST OCH VATTENDRAG

Sweco Sverige AB

OLOF PERSSON
ORIO JOHANSSON
EMANUEL SCHMIDT
HANS HANSON

UPPDRAGSLEDARE
HANDLÄGGARE
GRANSKARE
GRANSKARE, MODELLEXPERT

Innehållsförteckning

1	Inledning och syfte	1
2	Bakgrund	1
2.1	Vågor	1
2.2	Sedimenttransport	2
3	Teori	2
3.1	Vågor	3
3.2	Sedimenttransportmodellering i GenCade	3
3.3	Vegetationslinjeanalys	4
3.4	Volymuppskattning	4
4	Modelluppställning	5
4.1	Kalibrering	6
4.2	Modellerade utformningar	8
5	Resultat	10
5.1	Alternativ B	11
5.2	Alternativ B2	13
5.3	Samlad bedömning	15
5.4	Naturlig sedimentdynamik i väster	16
5.5	Åtgärder för att upprätthålla vattendragens mynningar	17
5.5.1	Kulvert	17
5.5.2	Fasta konstruktioner	17
5.5.3	Muddring	18
6	Slutsatser	19
7	Referenser	19

1 Inledning och syfte

Inför planerad strandfodring vid Västra sjöstaden och längs Västra stranden i Trelleborg är framtida sedimenttransport och förväntad strandlinjeutveckling viktiga aspekter att ta hänsyn till. Som en del i att beskriva den nya strandutformningens utveckling och påverkan på närområdet har Sweco genomfört en sedimenttransportmodellering för föreslagna strandutformningar med syfte att:

- Utredda hur den utlagda sanden kan förväntas förflyttas längs med kusten, både initialt efter genomförd strandfodring och på längre sikt
- Skapa ett underlag för bedömning av miljökonsekvenser till följd av ökad sedimenttransport från det fodrade strandpartiet
- Utredda hur en alternativ utformning, som inte innefattar sandfodring i naturreservatet, kan utformas och samtidigt uppnå en så stabil strand som möjligt
- Utvärdera strandfodringens konsekvenser för Albäckens och Ståstorpsåns utlopp
- Utvärdera behovet av att låsa strandfodringen med yttre hövder

Denna tekniska rapport beskriver främst utformningar och resultat av den sedimenttransportmodell som har upprättats för en optimal strandfodringsutformning. Utöver ändringar i själva utformningen och erforderliga sandvolymmer är resterande delar av Swecos tidigare utredning *Design av utökad strand vid Västra stranden, Trelleborg* (Sweco, 2019) fortfarande relevanta och aktuella.

2 Bakgrund

Nedan beskrivs översiktligt de huvudsakliga principerna som styr den naturliga utvecklingen av sandiga kuststräckor.

2.1 Vågor

När vågor från djupt vatten rör sig in mot den grundare kustzonen samspekar många olika fysikaliska fenomen som omformar vågorna. Vågornas storlek, riktning och energi i det kustnära området styrs i stor utsträckning av kustens form och framförallt av bottenprofilen (batymetrien).

Den starka kopplingen mellan vågornas karaktäristik och sedimenttransporten medför att god kännedom av dessa processer är nödvändigt för design av en ny sandstrand.

2.2 Sedimenttransport

När man talar om sedimenttransport i kustnära miljöer brukar man skilja på två typer av transport; *kustparallell sedimenttransport* och *kustvinkelrät sedimenttransport*.

Kustvinkelrät sedimenttransport drivs av vågor och strömmar och medför en omfördelning av sediment längs strandens aktiva profil¹. Vid stormar och höga vattenstånd eroderas ofta strand, sanddyner och den grundare delen av profilen varvid sediment transporteras ut i vattnet till de djupare delarna av profilen där det deponeras i form av revlar. Under efterföljande lugnare förhållanden transporteras sanden tillbaka till profilens grundare delar för att successivt bygga ut strandlinjen. Med hjälp av vinden kan strand och dyner sedan återuppbyggas, även om denna process generellt tar betydligt längre tid än erosionsförloppet i samband med storm. Det bör även poängteras att sand kan förflyttas utanför den aktiva profilen under extrema stormar, sådan sand räknas därmed som förlorat sediment som inte kommer att kunna återföras till stranden på naturlig väg.

Kustparallell sedimenttransport beskriver den transport av sediment som sker parallellt med stranden, vilken kan omfördela sediment längs med en kuststräcka. Denna transport drivs av vågor som faller in med en vinkel mot kusten samt av gradienter i våghöjd, vilket genererar kustparallella strömmar. Den kustparallella transporten sker huvudsakligen inom brytzone² och begränsas ibland av naturliga eller mänskligt skapade hinder såsom uddar, vågbrytare, hövder eller hamnar.

Vid återskapande eller utformning av en ny strand genom strandfodring är det av stor vikt att utreda sedimenttransportens lokala dynamik, så att den sand som läggs ut i största möjliga mån förblir på önskad plats eller förflyttas till en önskad plats. När mängden tillgängligt sediment ökas genom strandfodring bör det även utredas om ökad sedimenttransport kan leda till nedströmsproblem som exempelvis igensandning av hamnar eller försämrade förutsättningar för lokal flora och fauna.

3 Teori

För att kunna beskriva denna komplexa interaktion mellan vågor, strömmar, batymetri, sedimenttransport och kustförändringar används ofta datormodeller. Nedan beskrivs huvuddragen i de modeller som ligger till grund för strandfodringsutformningarna och deras beräknade framtida utveckling. Vad gäller vågdata, har dessa extraherats från en existerande vågmodell (se avsnitt 3.1 nedan), medan uppbyggnad, kalibrering och simuleringar har gjorts specifikt för sedimenttransportmodellen.

En vegetationslinjeanalys används för att kalibrera modellen, och volymuppskattningar görs för att skapa en mer begriplig beskrivning av omfattningen, och för framtida planerat utförande.

¹ Aktiv profil innebär den del av strandprofilen där vågor kan lyfta, omfördela sediment och tvätta ur "finsediment".

² Det område inom den aktiva kustprofilen inom vilket brytning av vågor sker.

3.1 Vågor

Lunds tekniska högskola har under 2020 i samverkan med SGI tagit fram en regional vågmodell som täcker södra Östersjön, Öresund, Kattegatt och Skagerack (SGU, 2021). Modellen är upprättad i programvaran SWAN, vilket är en av de mest frekvent använda vågmodellerna inom kusthydraulikstudier. Modellen är en så kallad spektral vågmodell och har framgångsrikt kalibrerats och validerats mot ett antal vågbojar inom det geografiska område modellen täcker. Som underlag för vågmodellen har vinddata från ECMWF²³ mellan åren 1979 – 2019 nyttjats för att återskapa vågklimatet under samma tidsperiod. Denna data utgör ett bra underlag för vågklimatet på djupt vatten utanför kusten.

3.2 Sedimenttransportmodellering i GenCade

Modellering av sedimenttransport för föreslagna utformningar har genomförts med mjukvaran GenCade. GenCade är en endimensionell, numerisk modell för analys av strandlinjeutveckling och sedimenttransportmodellering. Modellen bygger på och är en kombination av Cascade (Larson *et al.*, 2003) och GENESIS (Hanson och Kraus, 1989). GenCade hanterar strandsektioner på 1 – 300 km och kan förväntas ge representativa resultat för tidsperioder på 1 – 30 år. Faktorer som inkluderas i modellen är huvudsakligen:

- Kustnära omformning av vågor fram till vågbrytning (avböjning och uppgrundning)
- Kustparallell sedimenttransport orsakad av våginducerade strömmar
- Kornstorleken på sedimenten
- Kustlinjens orientering och form
- Eventuella nedströmseffekter av hårda konstruktioner (såsom pirlar, hövder och stenskoningar)
- Effekter av strandfodringar (tillskott av sediment till ett strandparti)

Modellen är en så kallad "one-line model" vilket innebär ett antagande om att strandprofilen är konstant och förflyttar sig vinkelrätt mot strandlinjen. Andra viktiga antaganden är:

- Formen på den aktiva profilen förblir konstant i enlighet med jämviktsprofilen för använd kornstorlek
- Sedimenttransporten längs kusten sker enbart till följd av våginducerade strömmar
- Det finns en långsiktig trend i strandlinjeutvecklingen
- Kustnära småskaliga sedimentrörelser, så som kustvinkelrät transport, har låg inverkan över tid och ignoreras
- Strandens aktiva profil består av storleksmässigt homogen sand

GenCade har framgångsrikt använts vid ett antal internationella strandfodringsprojekt och vid utvärdering av skyddsåtgärder vid kuster (Frey *et al.*, 2012; Hanson and Kraus, 2004).

3.3 Vegetationslinjeanalys

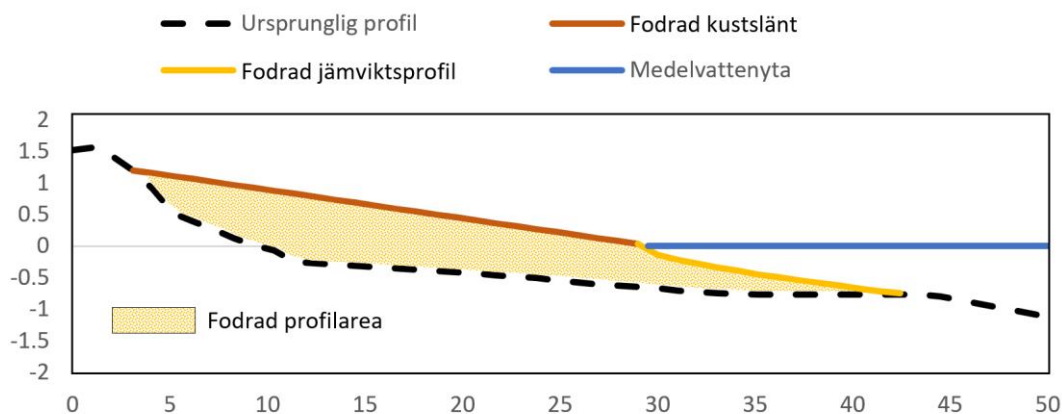
Vegetationslinjen är en frekvent använd markör för erosion och används med fördel istället för strandlinjen, eftersom den senare kan vara betydligt svårare att uttyda från flygfotografier och dessutom påverkas av rådande vattenstånd vid fotograferingstillfället.

Vegetationslinjerna har använts för att utvärdera strandens erosionstakt över tid. Med hjälp av programvaran *DSAS* (Himmelstoss *et al.*, 2018) har en årlig förändringstakt av stranden beräknats i täta transekter (5 m) utmed studieområdet. Vegetationslinjeanalysen omfattar totalt sju flygfotografier tagna mellan 2003 och 2020. Resultatet av dessa analyser har nyttjats för att validera och kalibrera sedimenttransportmodellen.

3.4 Volymuppskattning

För volymuppskattningar delas stranden upp i sektioner där 5 – 7 representativa strandprofiler (vertikala tvärsnitt) valts ut för utformningarna, en för vardera sektion. Dessa består generellt av tre olika element (Figur 3-1):

1. *Dynfot* med designhöjd cirka +1,1 m
2. *Kustslänt* från dynfoten/landsidans fodringsstart till medelvattennivån med en lutning som ungefär motsvarar dagens släntlutning i domänen +0,5 till -0,5 m (relativt medelvattenytan).
3. En subakvatisk (under vattnet), teoretisk stabil *jämviktsprofil* som beräknats med metodik från Dean (2002) utifrån en uppskattning av en kornstorlek på cirka 0,25 mm som även bedöms kunna utvinnas vid Sandhammarbank.

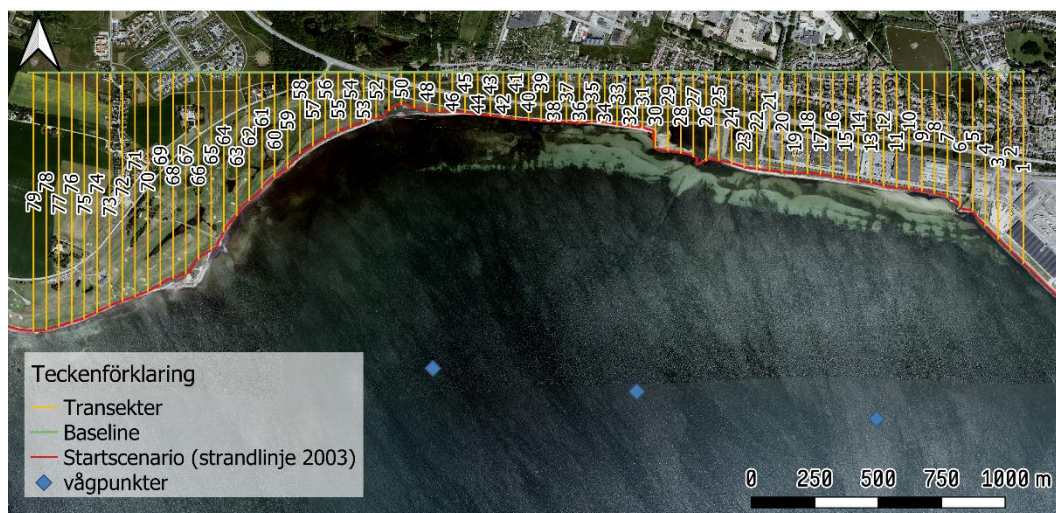


Figur 3-1 Exempelprofil med beskrivning av begreppen kustslänt, jämviktsprofil och profilarea.

Profilareorna summeras längs tillhörande sektion varvid sektionens volymer erhålls. Summan av alla sektioner utgör volymuppskattningen för en utformning. Till den beräknade volymen adderas 30 % extra för att kompensera för sandförluster till följd av omfördelning och annan sandflykt.

4 Modelluppställning

Området som modellerats avgränsas av Trelleborgs hamn i öster och Stavstensudde i väster. Modellens geografiska uppbyggnad består av 79 transekter med 50 meters intervall, där avståndet mellan två transekter utgör en beräkningscell. Mot havshållet har vegetationslinjen år 2003 satts som startscenario, men modellen har ingen principiell gräns för hur långt ut en strand kan förflytta sig (Figur 4-2). Året 2003 har valts som startscenario för att möjliggöra en jämförelse mellan vegetationslinjeanalysen och GenCade-modellerna, det vill säga kalibreringen av modellen.



Figur 4-2 Illustration av modelluppställning för sedimenttransportmodellering. Mellanrummet mellan varje transekt utgör en beräkningscell i modellen.

4.1 Kalibrering

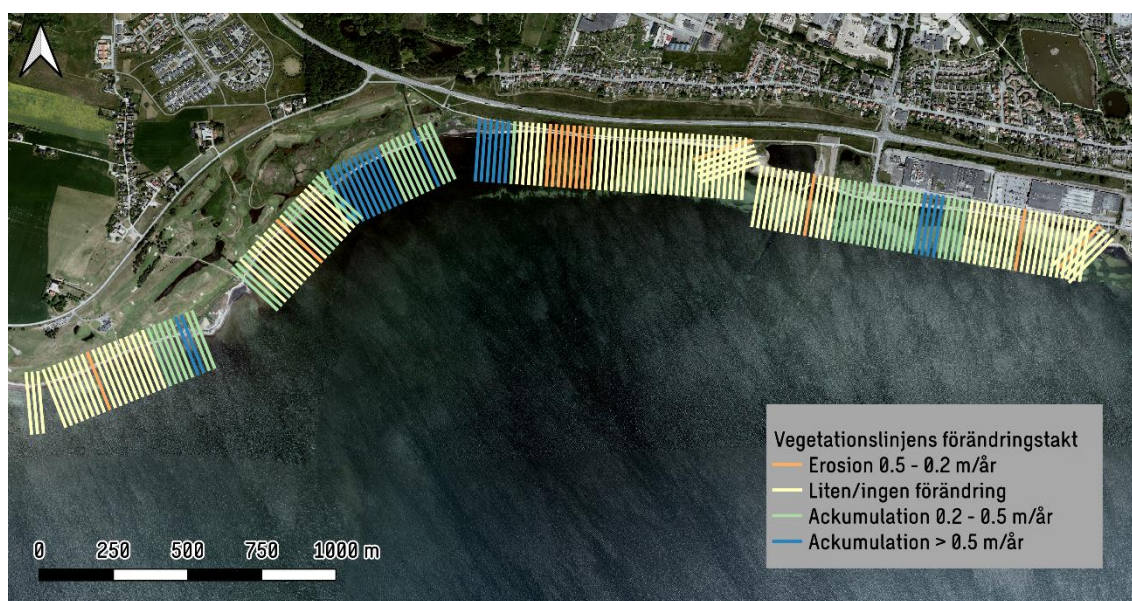
Vegetationslinjeanalysen antyder att kuststräckan är relativt stabil, med endast lokala och marginella förändringar över de 17 undersökta åren. I området mellan småbåtshamnen och industrihamnen, samt längst västerut i "botten" av viken dominerar ackumulation av sediment. Ackumulationen uppgår till över 0,5 m/år för delar av dessa områden. I mitten av viken sker erosion av storleksordningen 0,2 – 0,5 m/år. För resterade del av kuststräckan kan varken erosion eller ackumulation påvisas. Detta betyder dock inte att sedimenttransporten är obefintlig i området, utan att det sannolikt föreligger en god jämvikt mellan transporten till och från en given punkt.

Två områden har exkluderats från vegetationslinjeanalysen då kustlinjeformationerna här bedöms som alltför fluktuerande i vegetationslinjen och representeras otillräckligt av GenCade-modellen. Dessa områden ses som luckor i Figur 4-3. Den ringa omfattningen av områdena medför att exkluderingen av dem har liten betydelse för den slutgiltiga bedömningen.

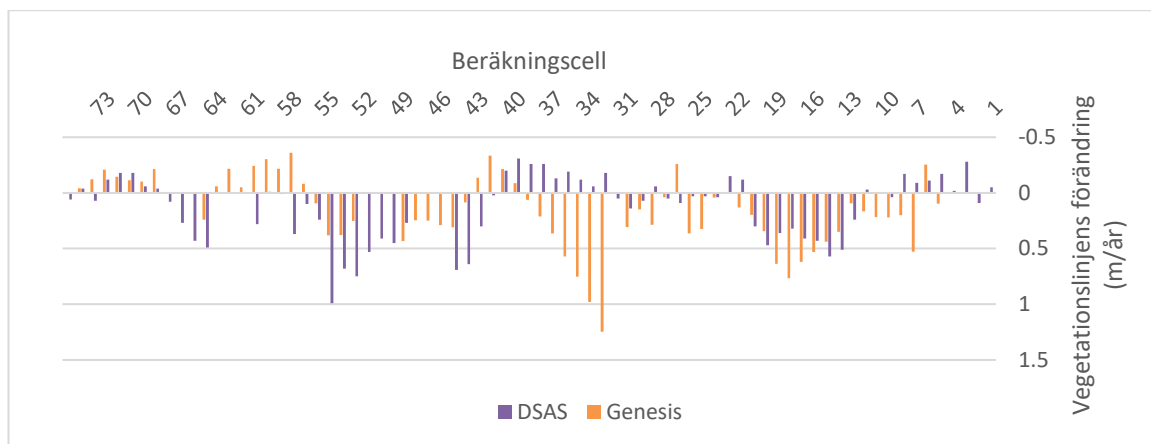
För kalibrering har GenCade-modellen körts för åren 2003 – 2019 med vågdata från tre punkter extraherade ur SWAN-modellen (se avsnitt 3.1), vilka är markerade som blå punkter i Figur 4-2.

Vid jämförelse med GenCade-modellen överensstämmer den uppmätta förändringstakten överlag bra, med vissa skillnader, vilket illustreras i Figur 4-4 där förändringstakten visas för respektive cell och analysmetod. Den största skillnaden återfinns vid småbåtshamnen (cell 27 – 33) och kan härledas till att GenCade har begränsningar i att modellera hårdgjorda ytor med stor vinkel mot resterande strandplan. Dessa begränsningar försvinner då en fodring läggs in i modellen, eftersom vinkeln "begravs" i fodringen.

Mellan cell 52 och 58 (i väster, längs med golfbanan) visar vegetationslinjeanalysen, i kontrast till sedimenttransportmodellen, att stranden växer till. Denna avvikelse är svår att härleda, men kan eventuellt bero på tillskott av sediment från Albäcken, eller lokala effekter som modellen inte tar hänsyn till såsom uppgrävningar och/eller strandnära strömningsmönster. Generellt anses modellen efter kalibrering kvantitativt stämma väl överens med den historiska utvecklingen, och kvalitativt bra undantaget ovan nämnda områden.



Figur 4-3 Resultat av vegetationslinjeanalys i bukten väster om Trelleborgs hamn. Ackumulation av sediment sker i buktens västra, inre hörn, samt direkt öster om småbåtshamnen.



Figur 4-4 Jämförelse mellan vegetationslinjeanalysen (DSAS) och kalibreringskörningen för GenCade. Den stora differensen i cellerna 27 – 33 kan härledas till begränsningar i GenCade.

4.2 Modellerade utformningar

Efter Swecos första utredning 2019 (Sweco, 2019) om möjligheterna att omforma Västra stranden har Trelleborgs kommun valt att gå vidare med alternativet benämnt "Alternativ B". Alternativet var det största av tre möjliga och beräknades innebära en fodring om ca 450 000 m³. Strandens längd uppgår till cirka 3,2 km och dess maximala strandbredd till 150 m (Figur 4-5).



Figur 4-5 Ursprunglig utformning av fodringsförslag, benämnt "Alternativ B" i tidigare utredning (Sweco, 2019). Den västra delen ligger inom naturreservatet Fredrikshög – Stavstensudde.

8(20)

RAPPORT SEDIMENTTRANSPORTMODELLERING
2021-08-19

STRANDFODRING VÄSTRA STRANDEN
TILLSTÄNDSANSÖKAN

Med bakgrund i att en del av den västra bukten (Figur 4-5-4) utgörs av naturreservatet Fredshög-Stavstensudde har en alternativ utformning där naturreservatet exkluderas ur fodringsområdet utformats (Figur 4-6). Detta alternativ, nu benämnt Alternativ B2, liknar till viss del det som i den tidigare utredningen benämndes Alternativ A, men har utformats större än detta med hänsyn till Trelleborgs kommuns önskan om att gå vidare med ett större alternativ. Volymen av Alternativ B2 uppgår till cirka 400 000 m³ och sträcker sig fram till Albäckens mynning i väst. Utsträckningen är cirka 2,6 km.



Figur 4-6 Alternativ utformning, Alternativ B2, med kortare utsträckning i väst och större orienteringsvinkel relativt norr.

Alternativ B2 syftar dels till att ytterligare utreda påverkan på sedimenttransporten inom naturreservatet och jämföra med det största alternativet som antogs efter den initiala utredningen (Sweco, 2019). Med Alternativ B2 undersöks samtidigt en utformning där den västra delen ges en strandorientering som är större relativt norr, jämfört med Alternativ B. Den önskade effekten av detta är att på ett kvantitativt sätt jämföra orienteringens påverkan på sedimenttransporten i västra delen för de två alternativen. Resterande delar av utformningarna är identiska (Figur 4-6).

I de kartbaserade skisser som visas avser polygonerna den yta som ligger ovan medelvattenytan. Den totala omfattningen av fodringens utformningarna ner till gränsen mellan fodring och ursprunglig strandprofil blir större efter naturlig omfördelning, vilket får som konsekvens att det fodrade strandplanets bredd typiskt minskar under det första året efter en strandfodring.

Påverkan på sedimenttransporten från flödet i de tre vattendrag och utlopp som mynnar ut i bukten har inte modellerats på grund av begränsningar i hur små vattendrag som kan

inkluderas i GenCade. För att beakta effekterna förs istället ett resonemang kring potentiell påverkan från mynningarna i rapportens resultatdel. Ett urval av förslag på åtgärder som kan kompensera för och reducera negativ påverkan från fodringarna ges även, med bakgrund i modellresultatet.

För båda modellerade utformningar har en rad olika scenarier modellerats. Dessa inkluderar:

- Kornstorlekar på fodringmaterialet: 0,3 mm och 0,25 mm
- Dynfotshöjd längs kuststräckan: 1,1 m och 1,5 m
- Olika typer av transportreducerande konstruktioner i västra änden (vågbrytare, pirar och hövd)

5 Resultat

Strandfodringar påverkas av en rad komplexa kusthydrauliska fenomen som bidrar med osäkerheter vid design och utveckling av fodring utfyllnaden. Hur strandfodring utvecklas över tid och hur den påverkar omkringliggande kustavsnitt kan förutspås, men eftersom de lokala vind-, våg-, och vattenståndsförhållandena, som styrs av vädret, har en stor påverkan visar sig den verkliga effekten först när fodringen väl är genomförd och under påföljande år. Det kan uppkomma effekter som inte har beaktats och således kan framtida fodringar krävas antingen oftare eller mer sällan än beräknat. Med det sagt är metodialet, med modellering i GenCade, en av de metoder som faktiskt kan beskriva strandlinjeutveckling över tidshorisonter på 1 – 20 år, och det erhållna resultatet bedöms som fullgott för utredningens syfte. Vid eventuellt genomförande av strandfodringen, bör modellresultaten följas upp med faktiska mätningar i fält av strandlinjeutvecklingen över tid.

För båda utformningarna har strandlinjen från 2003 och 15 år framåt modellerats där en strandfodring läggs in efter första året. Strandlinjens position har beräknats för varje timme under intervallet, men presenteras här för:

- Startscenariot (Strandlinje 2003)
- 1 år efter fodring
- 2 år efter fodring
- 5 år efter fodring
- 10 år efter fodring
- 15 år efter fodring

För båda alternativen antyder modellen att stranden stabiliserar sig inom en 10-årsperiod. De största förändringarna inträffar under de första 1 – 3 åren då sanden omfördelas som mest, både i kustparallell och kustvinkelrät riktning. Påföljande år sker endast mindre förändringar.

10(20)

RAPPORT SEDIMENTTRANSPORTMODELLERING
2021-08-19

STRANDFODRING VÄSTRA STRANDEN
TILLSTÄNDSANSÖKAN

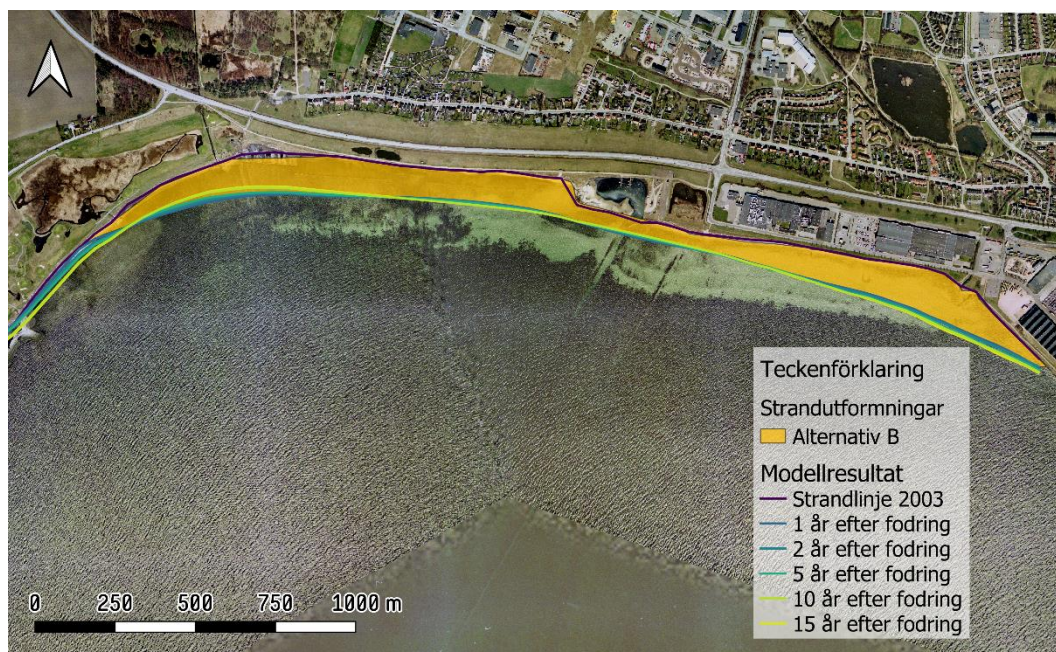
Resultaten för modellen bedöms kunna extrapoleras framåt i tiden och fortfarande vara representativa, förutsatt att vågklimatet inte förändras drastiskt under de nästkommande decennierna. Effekten av en stigande medelvattenyta bedöms inte heller ha en betydande inverkan på sedimenttransporten i detta tidsperspektiv. Således kan det modellerade fodringstillfället motsvara det år som fodringen faktiskt kommer att genomföras, och modelleringsperioden därefter representera påföljande 15 år. Över längre tidshorisonter kan stranden successivt höjas och anpassas till medelvattenytan genom ytterligare strandfodring.

Endast små förändringar observeras mellan användning av kornstorlekar i spannet 0,25 – 0,3 mm vilket indikerar att bägge storlekarna kan användas ur ett stabilitetsperspektiv. Volymmässigt blir det dock resursbesparande att använda 0,3 mm eftersom strandprofilen blir något brantare och därmed kortare. Vid stormar kan det även vara lämpligare att ha en något större kornstorlek, eftersom större korn är mindre erosionsbenägna. Kornstorleksfördelningen på den nuvarande stranden är även av en något grövre karaktär, där även områden med grus och sten förekommer (Sweco, 2019).

Skillnader i höjden av dynfoten och strandplanet ger inte heller något större utslag i modellresultaten. Förklaringsmodellen för detta kan vara att sedimenttransporten är så pass liten i området att den minskade volymen vid lägre strandplanshöjder inte är tillräcklig för att ge större synliga effekter på stranden. Ur aspekten skydd mot översvämning har höjden av dynfoten dock större inverkan. Höjdsättningen bör i rimlig mån angränsa till bakomvarande kustskydd och dynlandskap. I resultatet nedan och för volymuppskattningarna har 1,1 m använts som designhöjd för dynfoten. Är kustskyddet väsentligen högre kan ytterligare sedimentvolym behövas.

5.1 Alternativ B

För Alternativ B kan slutsatsen dras att fodringen initialt är något instabil och medför noterbara sedimentomfördelningar i den mest västra delen, innanför naturreservatet. Sedimentförflyttning sker framförallt österut med en nettomedeltransport på cirka 14 000 m³/år där deponering av omfördelad sand sker längs med resterande del av bukten. Som följd av variationer i vågriktningen fördelas sanden temporärt även västerut under den modellerade perioden (Figur 5-1 och Figur 5-2).



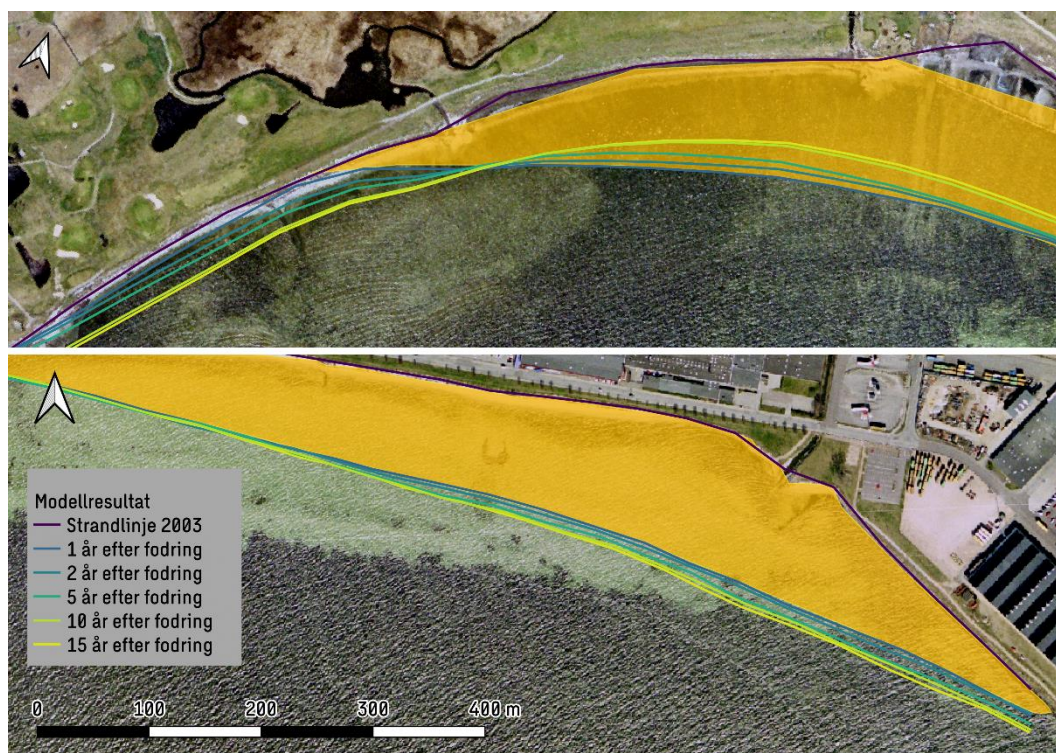
Figur 5-1 Modellresultat för Alternativ B från GenCade illustrerat för utvalda år före och efter en modellerad strandfodringsåtgärd 2009.

Från år 1 till år 10 efter fodring eroderar stranden cirka 30 m i området där Albäckens mynning ligger. En sådan förändring skulle innebära att en fodring med en strandbredd på 30 – 50 m, där resterande del utgörs av annan utfyllnad, kan riskera att förlora hela strandplanet (Figur 5-2).

Akkumulationen i buktens västra hörn uppgår till cirka 3 m/år, vilket är signifikant mer än den historiska tillväxten på 0,5 – 1,5 m/år. Modelleringen antyder således att ackumulationen i detta område kan accelereras till följd av strandfodringen. Transporten ut ur bukten i västlig riktning förväntas dock inte öka nämnvärt (Figur 5-1).

I modellområdet östra ände (vid hamnen) ses även en ackumulation av sediment till följd av östlig sedimenttransport (Figur 5-2). Volymen ackumulerat sediment som visas är sannolikt något konservativ till följd av exempelvis avsaknad av vågreflektioner från pirarmen i modellen, och det ökade djupet i denna del av området.

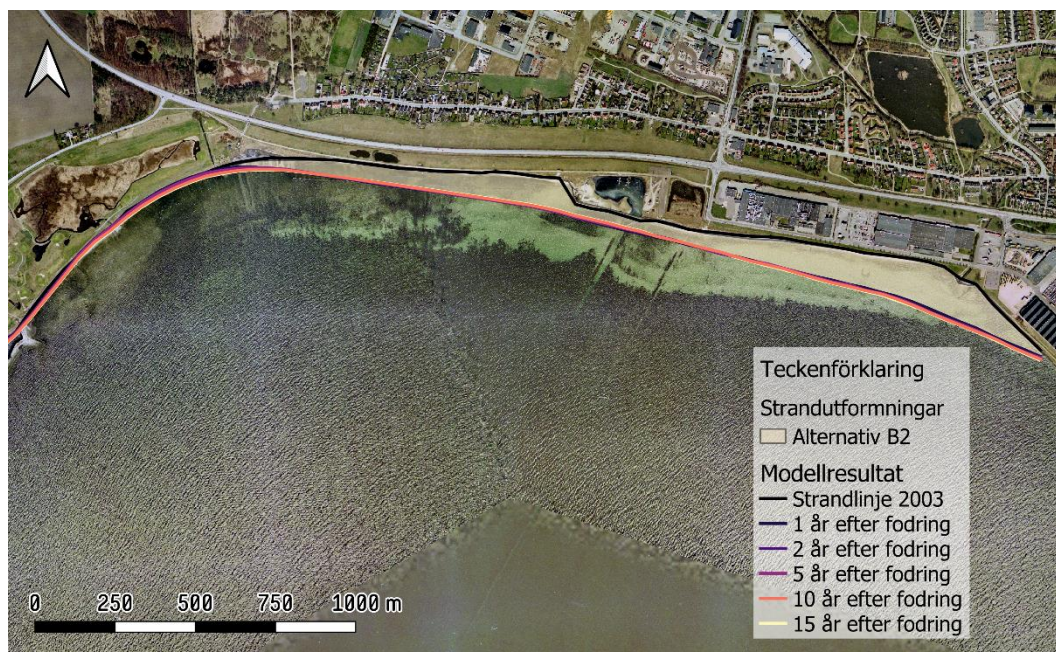
Att modellen ändå antyder att det föreligger transport österut i detta område bör tas i beaktande när det gäller behovet av en avslutande hövd. Tendens till en östlig transportriktning i detta område kan visserligen inte urskiljas utifrån de historiska flygfotografierna, men kan inte helt uteslutas. Behovet av en avslutande hövd i öster bör därför följas upp och utvärderas efter anläggandet av fodringen som en del av fodringens kontrollprogram. Dock bedöms risken för att sediment når hamninloppet inom en 15-års period som liten på grund av det större djupet längs kajen. Sand kan dock ackumuleras längs med vågbrytaren med uppgrundning här som följd.



Figur 5-2 Detaljerad översikt över de områden med noterbar förändring efter strandfodring med Alternativ B. Ackumulation ses väster om fodringens avslut (övre bild), och erosion ses utanför småbåtshamnen (nedre bild).

5.2 Alternativ B2

Alternativ B2 uppvisar mindre förändringar av strandlinjen 15 år efter strandfodring jämfört med Alternativ B och bedöms överlag vara stabilare och med mindre mängd omfördelningar. Även vid en begränsad strandplansbredd på 30 m förväntas de bakomliggande konstruktionerna inte komma att blottas under en 15-års period (Figur 5-3).

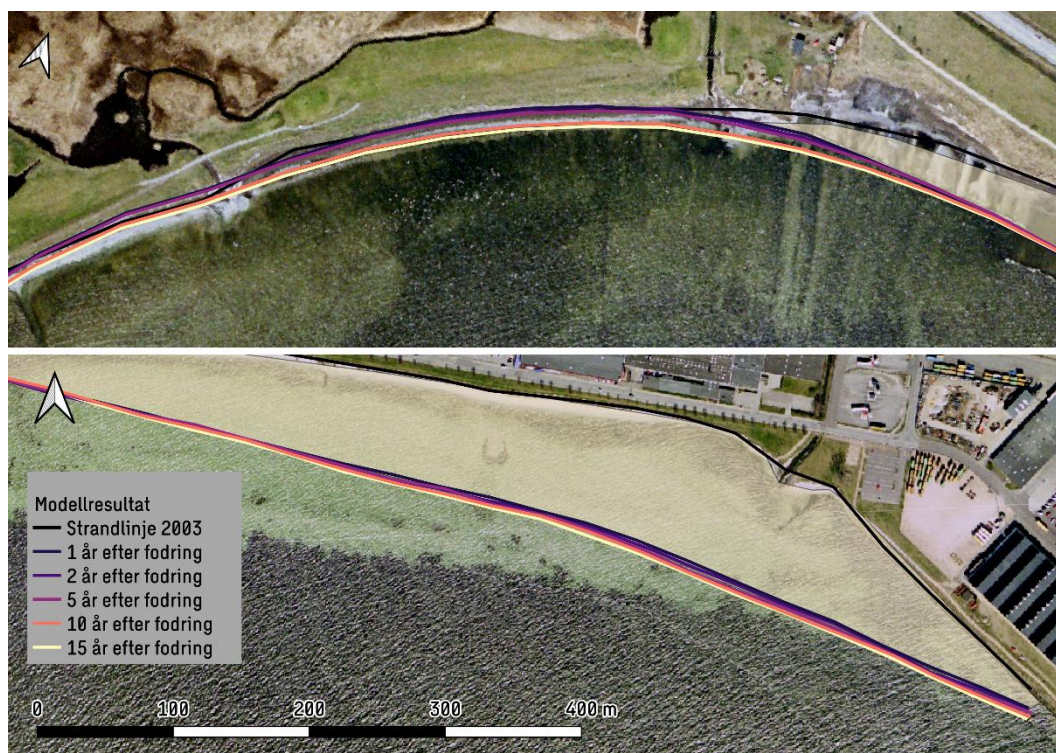


Figur 5-3 Modellresultat för Alternativ B2 från GenCade illustrerat för utvalda år före och efter en modellerad strandfodring 2009.

Utifrån modellen kan nettotransporten i området förväntas stabilisera sig kring 14 000 m³/år i östlig riktning även för denna utformning. Viss sedimenttransport kan förväntas ske i västlig riktning in i naturreservatet, trots att nettotransportsriktningen sker österut. Detta till följd av årliga variationer i vågklimatet. Ackumulationen inne i naturreservatet kan uppgå till i storleksordningen strax över 1,5 m/år vilket är något mer än den historiska ackumulationen på 0,5 – 1,5 m/år i området (Figur 5-3 och Figur 5-4). Initialt kan ackumulationen gå något snabbare, för att därefter stanna av i takt med att fodringen stabiliserar sig.

I området som sträcker sig från småbåtshamnen till hamnpiren ses en erosion på cirka 0,5 m/år, som verkar stabilisera sig efter cirka 10 år, varefter större förändringar förväntas ske. Detta kan ses som en omfördelning av sedimenten som förväntas ske med tiden efter utläggning på de ställen där fodringen inte utjämnats eller fullt stämmer överens med jämviktsriktningen.

Gällande området närmast Trelleborgs hamn ses även här tendens till ackumulation och samma resonemang kan föras som för alternativ B. Behovet av en sedimenttransportsbegränsande hövd kan inte uteslutas på sikt men bör utvärderas efter att strandfodring genomförts.



Figur 5-4 Detaljerad översikt över de områden med noterbar förändring efter strandfodring med Alternativ B2. Ackumulation ses väster om fodringens avslut (övre bild), och i fodringens östra ände (nedre bild).

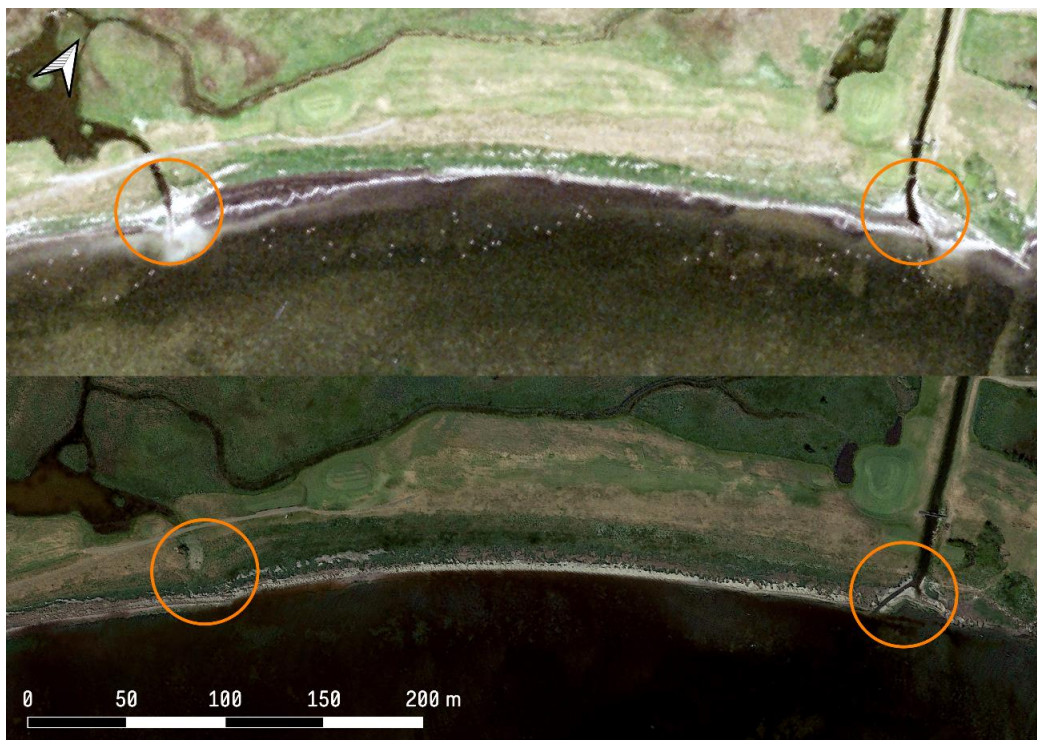
5.3 Samlad bedömning

Utifrån sedimenttransportmodelleringen bedöms både alternativ B och B2 vara praktiskt genomförbara. Alternativ B2 bedöms vara det alternativ som medför minst kustparallella sedimentförflyttningar efter genomförd åtgärd, både in i naturreservatet, och till resterande strandpartier. Av denna anledning görs bedömningen att alternativ B2 är det lämpligaste alternativet att genomföra.

En faktor som kan göra att utvecklingen av en verklig strandfodring skiljer sig från ovan presenterade resultat är att GenCade tar inte hänsyn till variationer i batymetrin. Istället för batymetrisk indata ansätts en idealiserad strandprofil utifrån den valda kornstorleken. Följden av denna skillnad kan bli stor i den västra delen av bukten där stranden idag är långgrund. Här kan sediment omfördelas över en större yta vilket kan öka dynamiken i området. En långgrund strand ger å andra sidan även ett mildare vågklimat, vilket reducerar den potentiella sedimenttransporten jämfört med den brantare förutspådda djupprofilen. Modellens representation av den västra delen av bukten kan således vara något mindre säker och mer konservativ än för de resterande partierna.

5.4 Naturlig sedimentdynamik i väster

Både idag och historiskt har det pågått och pågår dynamiska förändringar relaterade till sedimenttransport i den västra delen av bukten. Två av dessa är igensandningen av en vattendragsmynning, samt ändringen av riktningen på Albäckens mynning (Figur 5-5).



Figur 5-5 Förändring av vattendragsmynningar från 2004 (övre bild) till 2020 (nedre bild) i buktens västra del.

Riktningen på Albäckens mynning har växlat ett antal gånger sedan 2003 och antyder att sedimenttransporten i området ändras från östlig till västlig i omgångar. Förändringarna kan ske både under ett givet år och mellan år, men kan inte definieras närmre då flygfotografierna inte är mer detaljerat daterade. En möjlighet finns att sedimenttransporten har bytt riktning under de senaste 16 åren, utan att vare sig våg- eller sedimenttransportmodellen (GenCade) har tillräckligt hög upplösning och kan påvisa det. Sannolikt är det dock variationer mellan säsonger, eller mindre årsvariationer, som ligger bakom.

Akkumulationen i buktens västra ände har även lett till att vattenansamlingen på golfbanan har tappat sin ytliga anslutning till havet. Detta är ett bra exempel på att naturliga förändringar sker i området och att en strandfodring inte nödvändigtvis bidrar till drastiska nya förändringar. Med det sagt kan det inte uteslutas att Albäcken och de andra mynningarna kan behöva rensas från sediment för att hålla dem öppna, om naturvärdena skall bevaras.

5.5 Åtgärder för att upprätthålla vattendragens mynningar

Den ökade sedimenttransporten till Albäcken (väst) och Ståstorpsån (öst) kan möjligen medföra att den naturliga vattenföringen inte på egen hand kan hålla åns utlopp öppet. Tre principiella, kompletterande åtgärder för att undvika igensandning och dämning föreslås nedan.

5.5.1 Kulvert

En lösning för att säkerställa ett flöde från Albäcken till havet är att anlägga en kulvert som leder vattnet ut till ett djup innanför vilket det mesta av sedimentomfördelningen sker. En sådan kulvert kan behöva vara över 500 m lång för att förhindra igensandning eftersom området är långgrund.

För Ståstorpsån kan ett liknande resonemang föras. Den största skillnaden är att en kulvert i detta område sannolikt kan vara något kortare då bottenprofilen har en brantare lutning, men fortfarande över ett antal hundra meter.

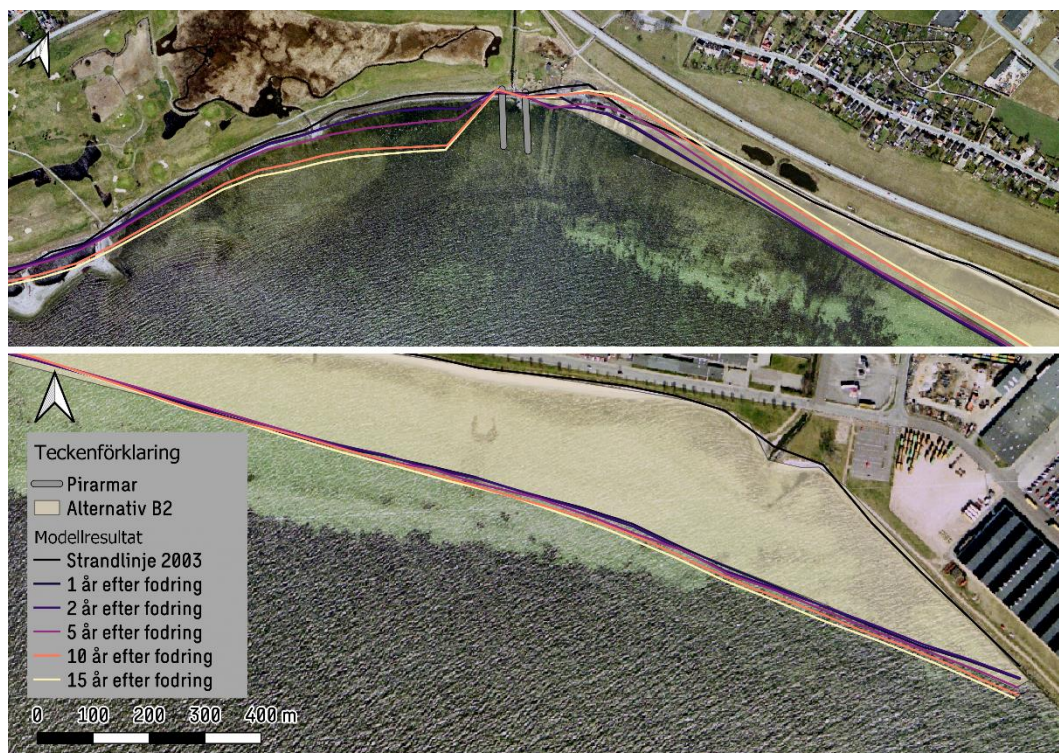
Kulvertering som lösning kan dock inte på ett tillfredsställande sätt bevara de naturvärden som finns kopplade till mynningen. Åtgärden skulle även medföra att vattenverksamheter behöver utföras längre ut i bukten, både vid anläggningstillfället och vid återkommande underhåll av kulverten, vilket kan ha negativ inverkan på naturvärdena i havet.

5.5.2 Fasta konstruktioner

Ett annat alternativ är att anlägga pirar på bägge sidor om mynningen. Anläggningen skulle ha störst potentiell inverkan på sedimenttransporten vid Albäcken och har därför modellerats i GenCade för att utvärderas. Resultatet visar att två pirar med en längd på cirka 100 m ut från kusten kan ha omfattande påverkan på sedimentdynamiken i området (Figur 5-6). Sektionen väster om pirarna riskerar att ackumulera väsentligen större mängder sand och ge upphov till erosion på den östra sidan om mynningen. Erosionen här kan på sikt få stranden att backa ändå upp till gångvägen. En ytterligare följd blir troligen att strandavsnittet längst österut i bukten (undre delen av Figur 5-6) potentiellt eroderar mer än om pirarna inte konstrueras.

Anläggning av pirar vid Ståstorpsån kan ha en lägre effekt på landskapsbilden men komplikationerna på sedimenttransporten bedöms bli av liknande magnitud. Erosion på den östra sidan om mynningen kan förväntas, och kraftigare ackumulation av sand på västsidan.

Konstruktion av pirar innebär även en ytterligare störning i naturreservatet, vilket behöver beaktas. Det kan inte heller säkerställas att ån förblir öppen, och kan behöva muddras trots pirarna. Vid behov blir det även kostsamt att avlägsna konstruktionen och landskapet störs ytterligare. Pirar bedöms således inte vara en lämplig åtgärd för att hålla åarnas mynningar öppna.



Figur 5-6 Beräknad påverkan på sedimenttransporten vid placering av två 100 m långa pirarmar vid Albäcken för alternativ B2.

5.5.3 Muddring

Då det på förhand är svårt att förutsäga hurvida den naturliga vattenföringen klarar att säkerställa mynningarnas ytliga kontakt med havet, kan det vid strandens anläggande säkerställas att en vattenfåra upprätthålls genom utgrävning. Denna fåra kan eventuellt behöva grävas ut igen vid behov, efter hand som sediment omfördelas. Detta alternativ är flexibelt och innebär inga fasta eller permanenta åtgärder. Utförandet kan troligen göras med vanlig grävmaskin som kan köras ner på strandplanet från närliggande väg. Efter hand som stranden stabiliserar sig kan muddringen på sikt troligtvis avvecklas.

Störning av naturvärdena bedöms vara relativt låg och kortvarig vid rensning av vattendragsmynningar. Exempelvis genomförs muddring bland annat årligen i Natura 2000-området och naturreservatet vid Flommens mynning i Falsterbo. Genomförandet kan sannolikt förläggas till tidigt på våren, då vinterstormarna är över och floran och faunan ännu inte är högaktiv.

Swecos bedömning är att muddring är den mest lämpade åtgärden för att hantera igensandning av både Albäcken och Ståstorpsån. Bedömningen vilar framförallt på flexibiliteten och den lägre förväntade naturpåverkan från åtgärden. Det är heller ingen åtgärd som behöver sättas in, förrän ett faktiskt behov eventuellt uppstår.

6 Slutsatser

- Samtliga modellerade strandutformningar är generellt stabila på sikt, även om viss omfördelning av sanden är att förvänta de första åren. Ytterligare behov av mindre underhållsfodringar kan dock inte uteslutas inom en 15-års period.
- Alternativ B2 uppvisar en mindre omfördelning av sand under de första 5 – 10 åren, jämfört med Alternativ B. För alternativ B2 är även sannolikt en strandbredd på 30 m tillräcklig för att undvika att eventuella andra fyllnadsmassor blottas inom minst 10 år. Detta kan inte antas för B, där den västra delen av stranden uppvisar kraftigare erosion.
- Nettosedimenttransporten beräknas vara omkring 10 000 – 15 000 m³/år i östlig riktning, men sediment rör sig under året även i västlig riktning. Initialt kan sedimenttransporten i bukten öka, men på sikt förväntas transporten inte öka drastiskt av strandfodringen.
- Sediment kommer att röra sig in i naturreservatet för bägge utformningar, men väsentligen mindre för B2. Ackumulationen på stranden inom reservatet uppskattas bli något större än den historiska ackumulationstakten.
- Punktinsatser av muddring för att begränsa igensandning av Albäckens och Stortorpsåns respektive mynningar längs stranden bedöms som de mest lämpade åtgärderna. Muddring är sannolikt nödvändig under de första åren efter fodring. Efter att den nya stranden stabiliserat sig kan några av dessa vattendrags mynningar sannolikt upprätthålla sig utan insatser.

7 Referenser

Frey, A.E., Rosati III, J., Connell, K.J., Hanson, H., and Larson, M. 2012. "Modeling alternatives for Erosion Control at Matagorda County, Texas, with GenCade," *Proceedings of 33rd International Coastal Engineering Conference*, 1(33), sediment.97. doi:10.9753/icce.v33.sediment.97

Hanson, H., and N. C. Kraus. (1989). GENESIS: Generalized model for simulating shoreline change, Report 1: Technical Reference. *Technical Report CERC-89-19*. Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center.

Hanson, H. and Kraus, N.C. 2004. "Advancements in One-Line Modeling of T-Head Groins: (Genesis-T)," in Rankin, K. and Kraus, N.C. (eds.) "Functioning and Design of Coastal Groins - The Interaction of Groins and the Beach: Processes and Planning," *Journal of Coastal Research*, SI No. 33, pp. 315-323.

Himmelstoss, E. A. *et al.* (2018) 'Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.0 User Guide', *Open-File Report 2018-1179*, p. 126.

Larson, M., N. C. Kraus, and H. Hanson. (2003). Simulation of regional longshore sediment transport and coastal evolution – The Cascade model. *Proceedings of the 28th International Coastal Engineering Conference*, 2,612–2,624. ASCE.

SGU, Nyberg, J., Goodfellow, B. and Ising, J. (2021) 'Fysiska och dynamiska förhållanden längs Skånes kust – underlag för klimatanpassningsåtgärder'.

Sweco (2019). Design av utökad strand vid Västra stranden, Trelleborg.

20(20)

RAPPORT SEDIMENTTRANSPORTMODELLERING
2021-08-19

STRANDFODRING VÄSTRA STRANDEN
TILLSTÄNDSANSÖKAN