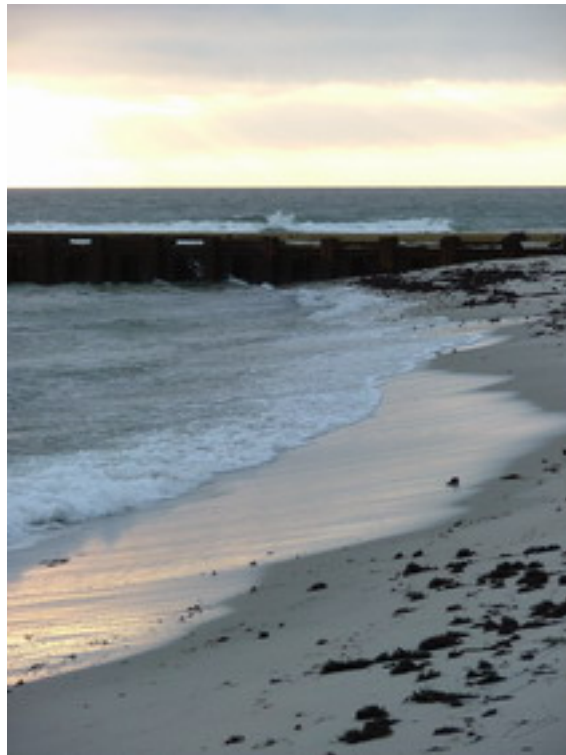




Examensarbete inom Landskapsingenjörsprogrammet. 2007:28
ISSN 1651-8160

Erosionsskydd i strandzoner



Charlotta Axberg

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds-
och jordbruksvetenskap
Box 66
230 53 ALNARP

Förord

Detta är ett examensarbete inom landskapsingenjörsprogrammet vid Sveriges lantbruksuniversitet, SLU i Alnarp. Examensarbetet är skrivet på C-nivå inom ämnet teknologi och omfattar 10 poäng.

Handledare: Jesper Persson
Examinator: Kaj Rolf & Tobias Emilsson

Jag vill tacka min handledare Jesper Persson som hjälpt mig att hitta nya sökvägar samt kommit med bra synpunkter på arbetet. Jag vill också tacka Erling Alm och från Ystad kommun som gett mig nyttig information om erosionskydd i deras kommun.

Charlotta Axberg

Sammanfattning

Erosion är ett vanligt problem längs alla världens kuster. Hur omfattande problemet är beror på vilken bergrund och jordart man har på platsen samt våg- och vindklimat. En annan aspekt är hur viktig platsen är, om den har höga naturvärden eller är bebyggd. Ju högre värdena är desto större resurser läggs ned på att försöka få bukt med problemet. Sätten att lösa problemen är flera och i detta arbete har jag tittat på de vanligaste lösningarna. Bara för att man har byggt ett erosionsskydd behöver det dock inte betyda att problemet är löst. Även om erosionsskyddet fungerar bra för platsen kan det leda till att erosion uppstår någon annan stans. Vad man väljer att göra beror lite på vad man har för krav och vad man vill ha för resultat, men som i alla projekt så är det ändå ekonomin som avgör i slutänden.

Bakgrunden till arbetet är en fascination för naturens krafter samt det faktum att klimatet verkar förändras allt snabbare med mer extrema väder som följd. En utökad exploatering av kuster har också gjort att det blivit allt viktigare att bygga erosionsskydd.

Den största delen av arbetet består av en litteraturstudie. Manualer har lästs igenom för att få en bra bild av de olika erosionsskydden och hur de använts. Sedan har jag gjort en fallstudie där jag har tittat på hur man använt dessa i praktiken. Detta var svårare än jag trodde då det inte finns några exakta mallar för hur olika erosionsskydd skall byggas utan bara riktlinjer. Detta beror på att de måste anpassas efter den plats där det byggs. Sen har det varit svårt att få fram ritningar för de fallstudier som jag har gjort och en ordentlig jämförelse har därför inte kunnat göras.

De exempel jag tittade på verkade fungera väldigt bra och det är ju huvudsaken. Det som man kan diskutera är hur bra vissa av dem flöt in i den omgivande naturen. På vissa platser kanske det heller inte spelar någon större roll.

Innehållsförteckning

1 INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 SYFTE.....	1
1.3 METOD.....	2
1.4 AVGRÄNSNING	2
2 EROSION	3
2.1 ALLMÄNT OM EROSION	3
VITTRING.....	3
2.2 TVÅ SÄTT ATT BESKRIVA SEDIMENTATION.....	3
2.3 SEDIMENTTRANSPORT.....	4
3 EROSIONSSKYDD.....	7
3.1 ALLMÄNT.....	7
3.2 STRANDSKONINGAR.....	7
3.21 Geotextilmattor.....	8
3.22 Betongmadrasser.....	10
3.23 Sandsäckar	10
3.24 Stenskonning av block eller krossmaterial	11
3.25 Gabioner.....	11
3.3 HÖVDER.....	12
3.4 VÄGBRYTARE	13
3.5 ARTIFICIELL SANDTILLFÖRSEL.....	16
3.51 Sandfodring.....	16
3.52 Sanddynor.....	17
3.6 DRÄNERING	17
4 LASTER	19
4.1 STATISKA LASTER	19
4.2 DYNAMISKA LASTER.....	19
4.21 Vind	19
4.22 Vågor.....	19
4.23 Tidvatten.....	20
4.24 Vattenstånd.....	21
4.25 Is.....	21
4.3 OLYCKSLASTER	22
5 EXEMPEL PÅ ANVÄNDNING AV EROSIONSSKYDD.....	23
5.1 FLERA TYPER AV EROSIONSSKYDD I YSTAD KOMMUN	23
5.2 MINEHEAD	27
5.3 PORLOCK	30
6 JÄMFÖRELSE MELLAN MANUALER OCH ANLÄGGNINGAR.....	32
6.1 YSTAD.....	32
6.2 MINEHEAD	33
6.3 PORLOCK	34
7 DISKUSSION.....	35
8 SLUTSATSER	36
9 KÄLLFÖRTECKNING	37
PERSONLIGA MEDDELANDEN	40
BILDREFERENSER.....	40
BILAGOR	41

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Närheten till vatten har alltid varit viktig för människan. Tillgången på mat och råvaror samt goda transport- och handelsmöjligheter har varit de bidragande faktorerna och det är ingen tillfällighet att alla större städer ligger antingen längs med kuster eller stora vattendrag. Stränderna är också viktiga för rekreation och turistnäring. Att bo nära vattnet anses av många vara väldigt attraktivt och allt fler områden byggs längs våra kuster. Vem tycker inte att det är rofyllt att titta ut över havet och kanske se solen försvinna ned bakom horisonten?

Längs alla kuster runt om i världen pågår erosion. Det är en naturlig process som orsakas av vågor och strömmar som tar med sig sediment från ett ställe för att sedan deponera det på ett annat. Detta kan det innebära problem, särskilt om det hotar byggnader, infrastruktur eller turistnäring. Erosionen kan leda till sjunkande värden på fastigheter eller i värsta fall till att byggnader måste överges. Den kan också leda till att hamninlopp slammas igen, vilket hindrar stora fartyg från att lägga till vid hamnar.

Utvecklingen av erosionskydd startade när man började bygga hamnar, kanske så tidigt som 3500 f. Kr. Med tiden har nya metoder och nya material tagits fram, men vissa av de gamla används än idag. Det finns inga absoluta regler eller lösningar på erosionsproblemet eftersom förutsättningarna är så olika från plats till plats. Målen med åtgärder varierar också. Den manual som används mest i Sverige är amerikanska Coastal Engineering Manual (CEM). Den behandlar det mesta om erosion, allt från hur den uppstår till hur man gör för att begränsa dess effekter, dimensionering, materialval samt konsekvenser av de åtgärder man gör.

I Sverige är erosionsproblemen längs kusterna inte så stora med undantag av Skåne, som i motsats till resten av Sverige genomgår en landssänkning. Detta tillsammans med att berggrunden i Skåne till stor del består av sedimentära bergarter har lett till att erosionen på vissa håll har ökat. Den ökande erosionen hotar inte bara byggnader utan även naturskyddsområden.

Jag har alltid varit fascinerad av naturens krafter. Allt oftare kommer rapporter med varningar om hur växthusgaserna värmer upp vår planet och orsakar ett allt hårdare klimat. Oavsett om det beror på just växthusgaserna, så känns det som om vi har fått fler stormar och fler översvämningar än förut. I takt med detta samt vår exploatering av kuster har det därför blivit viktigare med erosionskydd. Jag har därför velat göra en undersökning om olika sätt att bygga dem på samt tittat lite på hur de används och konstrueras i praktiken.

1.2 Syfte

Syftet med arbetet var att dels beskriva vad det finns för typer av erosionskydd för kuster och sjöstränder samt beskriva hur de fungerar, dels analysera ett antal redan byggda erosionskydd, för att kunna göra en jämförelse mellan teori och praktik. Jag

kommer också att förklara vad som menas med erosion och vilka laster som stränder och erosionsskydd utsätts för.

1.3 Metod

Första delen av arbetet är en litteraturstudie, där manualer, rapporter och annan viktig litteratur har gått igenom. Jag fokuserade på de delar som beskrev hur olika erosionsskydd fungerar, vilka riktlinjer det finns för att konstruera dem samt fördelar och nackdelar med olika erosionsskydd. Det material som jag hittade har sedan bearbetats och sammanfattats i denna rapport. Förutom beskrivningen av erosionsskydd, har även erosionsprocessen och de laster som påverkar erosionen tagits upp. Den andra delen av rapporten är en serie fallstudier där det ges exempel på beskrivna erosionsskydd med fokus på konstruktion och funktion. Därefter har en jämförelse gjorts mellan manualerna och de verkliga erosionsskydden.

1.4 Avgränsning

Då jag valt att titta på erosionsskydd som används längs kuster och stränder har jag utslutit erosionsskydd som främst använd vid hamnar. Exakta modeller av erosionsskydd är svåra att ge eftersom vissa av dem kan byggas på så många olika sätt, och alla måste anpassas efter den plats där de byggs, då förutsättningarna kan skilja väldigt mycket emellan. Jag har mest koncentrerat mig på att förklara hur de fungerar och vad de har för konsekvenser. Konstruktioner av betong nämns bara i förbigående. Dimensionering har jag lämnat åt manualerna att beskriva, då de för denna rapport är alltför tekniska.

2 Erosion

2.1 Allmänt om erosion

Erosion kan uppstå av flera olika anledningar som vind, vågor, strömmande vatten, nederbörd och is. Den är en naturlig process där naturens krafter försöker jämna ut hinder eller motstånd i dess väg. Erosionen verkar tillsammans med andra exogena processer som vittring, transport och sedimentation (Engström, 1996).

Vittring

Vittring kan delas upp i mekanisk (eller fysikalisk) vittring, kemisk vittring och biologisk vittring (Wiklander, 1976).

Mekanisk vittring innebär att bergarter faller sönder på grund av stora temperaturväxlingar, frost eller rotsprängning. Rotsprängningen beror på rötter som vuxit sig längre och längre in i sprickor (Wiklander, 1976).

Kemisk vittring innebär att mineralen som bergarten består av upplöses eller sönderdelas. Denna typ av vittring beror på den specifika ytan av materialet, temperatur, vattenhalt samt surhetsgrad (Wiklander, 1976).

Biologisk vittring sker när växternas rottrådar och fina rothår avger vätejoner, koldioxid eller organiska syror, som i sin tur reagerar med mineralen (Wiklander, 1976).

2.2 Två sätt att beskriva sedimentation

För att vatten skall kunna transportera sedimentpartiklar krävs det att det har en tillräckligt hög hastighet. Hastigheten som behövs beskrivs med Stokes lag:

$$v = \frac{2(\rho_p - \rho_v)gr^2}{9\mu}$$

v = partikelns fallhastighet (den minsta hastighet som krävs för att sediment ska följa med en ström)

ρ_p = partikeldensiteten

ρ_v = vätskans densitet

g = gravitationen, tyngdkraftens acceleration

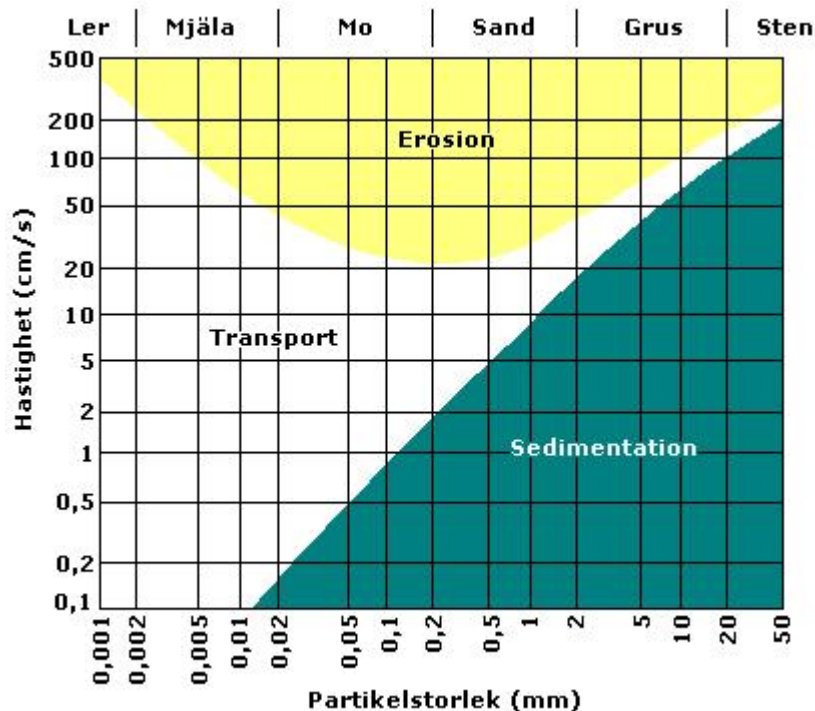
r = partikelns radie

μ = vätskans viskositet.

(Wiklander, 1976)

Om hastigheten sjunker under denna kritiska gräns sedimenteras partiklarna.

Hjulströms diagram (Figur 1) beskriver partiklars erosionsbenägenhet på ett annat sätt.

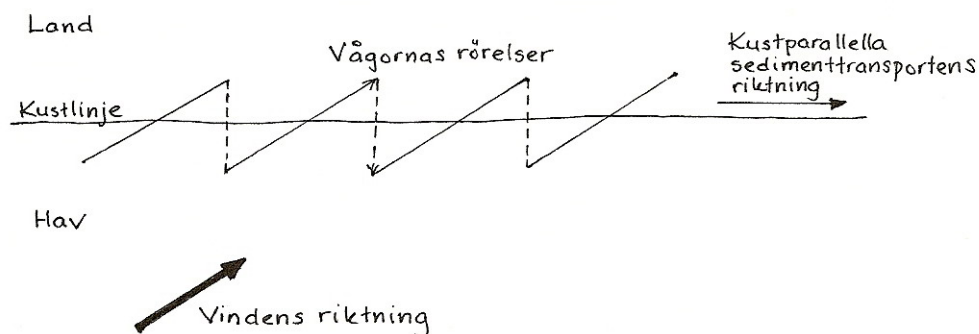


Figur 1 visar Hjulströms diagram, som beskriver vilka hastigheter som behövs för att ta med sig sedimentpartiklar av olika storlekar och vid vilka hastigheter dessa partiklar sedimenteras.

Enligt Stoke's lag så behövs lägre hastighet ju mindre partiklarna är. Små partiklar kan dock sitta ihop och bilda aggregat. Detta gör att partiklarna inte fungerar som enstaka korn utan som en sammanhängande massa (Pope, 2003). I Hjulströms diagram kan man se att det är lättast att erodera partiklar med radien 0,1-0,5 mm. Anledningen att mindre partiklar bildar aggregat är kohesion. Kohesionskrafterna verkar mellan partiklarna över deras kontaktytor. Ju finare partiklarna är desto större är kohesionskrafterna, beroende på att de har fler kontaktytor. Krafterna är således störst hos lerjordar medan de hos sandjordar är nästan obefintliga (Engström, 1996). Kohesionskrafterna är större när jorden är blöt (Pope, 2003).

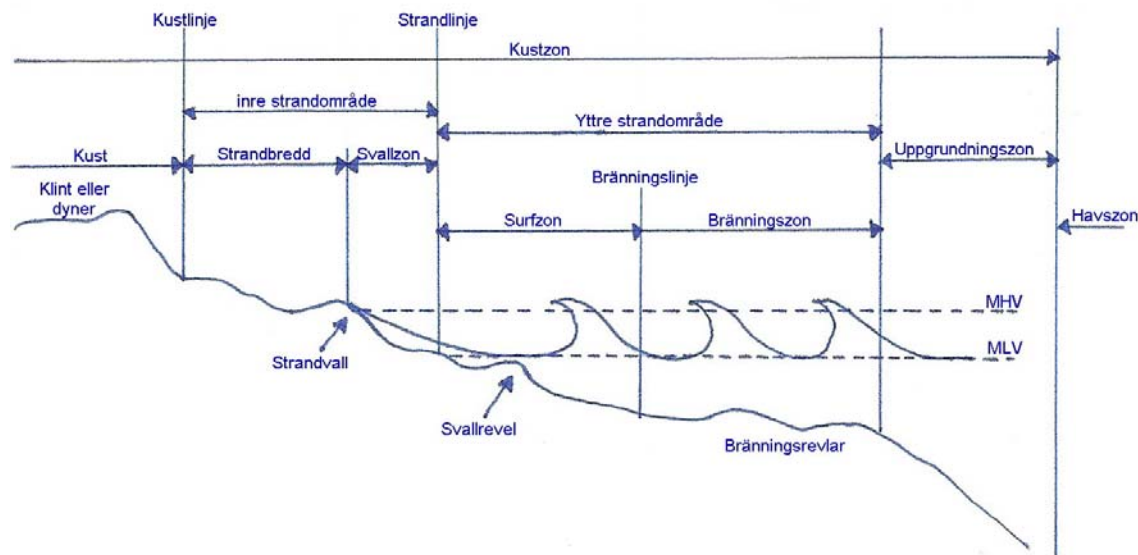
2.3 Sedimenttransport

Vågor och strömmar eroderar inte på samma sätt, eftersom de beter sig på olika sätt. En våg kan ta med sig partiklar både när den sveper in över land och när den drar sig tillbaka, medan en ström bara har en chans på sig. Om vågorna kommer in snett mot stranden bildas kustparallella strömmar (se figur 2), som om de har tillräcklig energi kan ta med sig sedimentpartiklar när den drar sig tillbaka (Rankka & Rankka, 2003). Oftast transporteras sedimentpartiklarna vinkelrätt ut från stranden med vågorna, för att sedan följa med de kustparallella strömmarna (Rankka et al, 2005).



Figur 2 beskriver den kustparallella sedimenttransporten

När vågorna drar sig tillbaka är virvelbildningen inte lika stark som när den sköljde in över stranden. Detta leder till en sortering med grövre material i svallzonens nedre del där ett steg bildas (svallrevel), och finare och mer flata partiklar i svallzonens övre del (se figur 3 för förklaring av zoner). Ju grövre material, desto brantare blir strandvallen (Sjöberg, 1992).



Figur 3 visar hur kustzonen är uppbyggd. Höjdsckalan är 5-10 gånger större än längdsckalan

Skillnaden mellan den mängd som tillförs stranden och den mängd som förs bort bestämmer huruvida stranden byggs ut, eroderas eller är i jämvikt. En landsänkning kan göra att mer lätteroderat material blir tillgängligt för vågor att ta med sig, vilket innebär mer erosion.

På land är det vinden som står för sedimenttransporten. Det krävs en vindhastighet på minst 7 m/s för att sanden ska komma i rörelse, dvs om den inte har ett skyddande vegetationstäck som håller fast sandpartiklarna (Sjöberg, 1992). Blöt sand är inte lika erosionsbenägen som torr sand (Pope, 2003). Vattnet gör att sandkornen klibbar ihop och bildar större aggrat och eroderas därför inte lika lätt.

Vind och vatten eroderar på ungefär samma sätt. Ju större och tyngre partiklar är, desto högre hastigheter krävs för att de ska flyttas. Formen på partikeln har också en viss inverkan på hur lätt den kan eroderas. Är hastigheten tillräckligt hög kommer

partiklarna i rörelse och följer sedan med luft- eller vattenströmmen ända tills hastigheten sjunker under den kritiska gräns som beskrivs av Stoke's lag och börjar falla mot marken/sjunka mot botten. När en partikel träffar marken kan dess rörelseenergi omvandlas på olika sätt. Detta kan leda till att:

1. Partikeln studsar upp igen.
2. Partikeln landar och trycker omgivande partiklar åt sidan.
3. Stöten från partikeln får andra lösa partiklar att komma i rörelse, som utan hjälp aldrig hade berörts av vinden eller vattnet.

(Kirkby & Morgan, 1980)

3 Erosionsskydd

3.1 Allmänt

De finns flera olika typer av erosionsskydd. Vissa byggs parallellt med stranden som strandskoningar (se kapitel 3.2). Andra byggs vinkelrätt mot stranden som hövder (se kapitel 3.3) eller en bit ut i vattnet som vågbrytare (se kapitel 3.4). Man måste dock inte bygga något för att behålla utseendet på stranden. Ett annat alternativ är att tillföra sand artificiellt. Ofta komplimenterar man byggandet av ett erosionsskydd med att tillföra sand. Vid val av erosionsskydd bör man beakta flera olika faktorer:

- Vad är det för typ av erosionsproblem?
- Vilket är syftet med erosionsskyddet? Är det att stabilisera en slänt eller minska mängden sand som försvinner från stranden?
- Vad används området till?
- Vilka blir konsekvenserna av åtgärderna? Ökar erosionen någon annanstans? Påverkas djurliv?
- Estetiska aspekter?
- Ekonomiska aspekter?

Effekterna av erosionsskydden varierar dels på typen av åtgärd och dels var man placerar dem. Det är därför det är viktigt med noggranna undersökningar. I Sverige är processen lång innan ett erosionsskydd får byggas. Först genomförs en eller flera prövningsprocesser i samråd med kommunala och statliga aktörer såväl som enskilda, företag och organisationer som i sin tur leder till en ansökan om tillstånd samt en miljökonsekvensbeskrivning. Normalt är det fastighetsägaren som har ansvaret att finansiera byggnationen. I andra länder som Danmark, Tyskland och Holland, är det statliga myndigheter som står för finansieringen (Leremar & Rydell, 2003).

3.2 Strandskoningar

Med strandskoning menar man olika typer av konstruktioner som byggs parallellt med kuststräckor eller sträckor längs vattendrag för att förhindra erosion. Förutom att skydda från vågor och strömmars eroderande verkan, hindrar de även jordskred och ras. Strandskoningar kan utformas på två sätt, antingen placeras de direkt på slänten eller så byggs de vertikalt i form av en stödmur (Johansson, 2003). De vertikala murarna används främst i hamnar och kanaler och kommer därför inte att behandlas då jag inriktat mig på kuster och stränder.

Det vanligaste sättet att bygga en strandskonig är med block eller sprängsten, men kan även byggas med platsgjutna betongplattor, betongbalkar, gabioner eller betongmadrasser (Pope, 2003). Ett annat alternativ är att plantera in växter för att stabilisera slänten. De olika konstruktionerna beskrivs ytterligare i kapitel 3.21 till 3.25.

Strandskoningar av hårda material består av tre huvuddelar: ett armerande lager, ett filterlager och en släntfotförstärkning. Det armerande lagret skyddar mot vågorna, medan filterlagret tillåter vatten att passera genom konstruktionen och samtidigt hindra det underliggande från att bli bortsköljt (US Army Corps of Engineers, 1985). Strandskoningar uppbyggda med växter saknar filterlager, då det inte behöver något. Släntfotens förstärkning har till uppgift att hindra underminering av strandskoningen samt hålla alla material på plats. Om den skulle gå sönder riskerar hela strandskoningen att kollapsa (Pope, 2003). Filterlagret kan bestå av krossmaterial och/eller en geotextilmatta (US Army, 1995).

Storlek och vikt samt typ av material som används, anpassas efter vattnets kinetiska energi (rörelseenergi). Om det väger för lite i förhållande till vattnets krafter, riskerar de att dras med vågorna eller strömmarna. Detta gör att underliggande lager kanske inte orkar hålla tillbaka trycket från grundvattnet, med erosionsskador på den underliggande marken som följd (US Army, 1995).

Om man använder sig av en geotextilmatta som filter måste täckmaterialet vara lika genomsläppligt som geotextilen. Om det inte är tillräckligt genomsläppligt bör ett lager av sand, grus eller krossmaterial läggas emellan (US Army, 1995). Vid användning av stora block kan ett sådant lager också vara en fördel då det jämnar ut trycket på geotextilmattan. Ett ojämnt tryck kan leda till att mattan brister (US Army Corps of Engineers, 1995).

Innan konstruktionen byggs jämnas marken till. All vegetation, stubbar, stenar och annan bråte tas bort. I de flesta fall rekommenderas en maximal lutning på 1:2 (US Army Corps of Engineers, 1995).

Till skillnad mot hövder och vågbrytare så bidrar inte strandskoningarna till att bygga ut stränder utan hindrar bara mer material från stranden att eroderas bort. Detta leder till erosion nedströms då materialtillförseln upphör (Johansson, 2003). Med nedströms menas den riktning som den kustparallella strömmen har.

3.21 Geotextilmattor

Det finns olika typer av geotextilmattor, både naturfibermattor och syntetiska mattor.

Naturfibermattor

Naturfibermattor görs av jute eller kokos och kommer i olika grovlekar och storlekar. Fördelen med naturfibermattor är att de är biologiskt nedbrytbara och när de förmultnar blir de till jord. Förutom att binda jorden hjälper de också till att hålla fuktigheten – upp till 5 gånger sin egen vikt (Thulica, uå). Naturfiber tål inte UV-strålar lika bra som många syntetiska material.

Syntetiska mattor

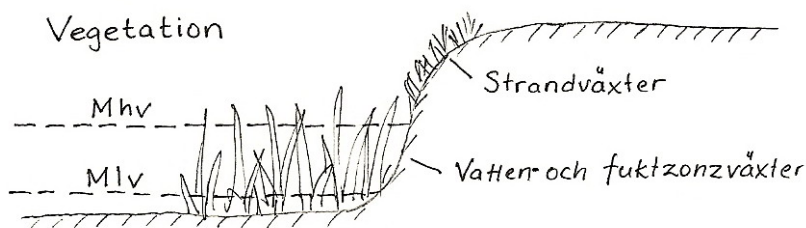
De syntetiska mattorna har olika egenskaper beroende på hur och av vad de är gjorda. Mattorna görs av polypropylen, polyester, polyeten, polyamid, polyvinylklorid eller glasfiber, varav polypropylen och polyeten är vanligast. Solens strålar försämrar de fysiska egenskaperna, men genom att tillsätta kol kan man förlänga livslängden. Vid

väldigt låga temperaturen blir polymermaterialet skört. Vid tillgång på vatten drar alla polymerer åt sig mer och mer vatten ju längre tiden går. Kemikalier i vattnet kan reagera med polymerer och försämra dess egenskaper. Höga pH-värden kan gå hårt åt polyester och låga pH-värden kan skada polyamider. Genom att skydda mattorna från UV-ljus, hindrar man mattorna från att ruttna när de utsätts för fukt och dessutom behåller de syntetiska polymererna sina egenskaper. Täckmaterialet kan dock skava på mattorna och försämra dess hållbarhet. Den största nackdelen med polymerer är att det bara har funnits i omkring 30 år och därför bör man vara försiktig med att använda dem där säkerheten måste vara hög och det är svårt att inspektera och reparera dem (US Army, 1995).

Användning

Geotextilier kan ha en eller flera funktioner: filtrering, dränering, separation, erosionsreglering, sedimentreglering, förstärkning och som fuktbarriär (US Army, 1995). Valet av material görs med avseende på ett antal variabler som grund -, jordmån, släntlutning, förekomst av grundvatten, släntens vädersträck, vindriktning, val av växtlighet och tidpunkt för applicering (Thulica, uå).

Som tidigare nämndes kan geotextilmattor användas som ett filterlager under stenblock och dylikt. Istället för att täcka mattorna kan man låta växter stabilisera slänten. Dessa antingen sås in eller så använder man sig av pluggplantor. I detta fall fungerar mattan både som en temporär erosionssäkring och som sedimentfilter. Mattorna sätts fast med olika typer av förankringar av trä eller stål som slås genom duken ner i marken (US Army, 1995). Vid skarvning ska duken läggas omlott med minst 0,5 m (Vägverket, 1987). Om geotextilmattorna kommer att utsättas för strömmande vatten bör de läggas ut horisontellt, i samma riktning som strömmen. Om de istället utsätts för vågor bör de däremot läggas vertikalt (US Army, 1995). Val av växter görs utifrån var i slänten de ska stå och vad de ska tåla att utsättas för. Ju längre ner mot vattenytan man kommer, desto blötare är jorden och risken att träffas av vågor ökar. De som sätts allra längst ner måste dessutom tåla att stå i vatten. Därför kan man inte plantera samma växt över hela slänten.



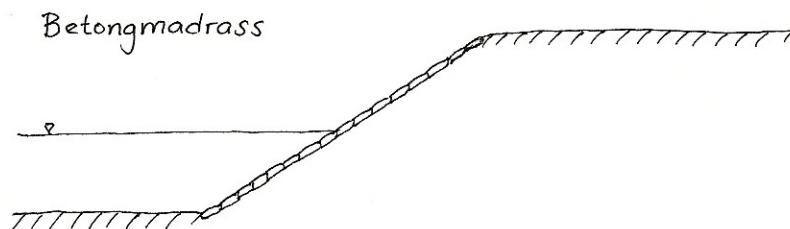
Figur 4. Släntstabilisering med hjälp av vegetation

Fördelen med att använda vegetation för att förstärka slänter är att det är ett kostnadseffektivt alternativ till mer traditionella erosionsskydd. Växterna är inte lika stryktåliga men om de inte utsätts för en alltför kraftig och ihållande åverkan kan de ofta reparera sig själva och har därför en ganska lång varaktighet. Vegetationstäckets kan dock behöva repareras då och då och kräver också gödsling. Ur estetisk synvinkel kan

ett vegetationtäckte vara ett positivt inslag för ett område och idag blir det allt vanligare att man använder det som skydd mot erosion längs vattendrag (Johansson, 2003).

3.22 Betongmadrasser

Betongmadrasser är gjord av polyester och vävd i dubbla skikt och försedd med filterpunkter, som har till uppgift att släppa igenom vatten och fungera som hydrostatiska tryckutjämnare. De skräddarsys på plats och är därför mycket anpassningsbara. Om man vill kan man sy in träd och pålar och dylikt (Tectomatic, uå). I övrigt bör marken vara väl avjämnad och fri från stubbar och stenar för att madrassen ska få en så bra kontakt med underlaget som möjligt (Vägverket, 1987). När madrassen har kommit på plats fylls den med betong som pumpas in. Madrassen finns i flera olika utföranden och tjocklekar och kan användas både ovanför och under vattenytan. En av modellerna har stora filterpunkter som tillåter växter växa upp igenom materialet och gör att madrassen smälter in i omgivningen (Tectomatic, uå).

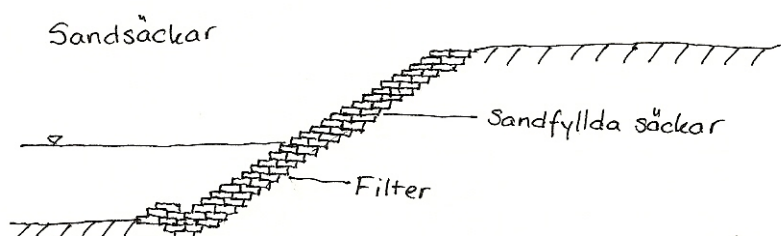


Figur 5 Betongmadrass

Fördelar med betongmadrasser är förutom passformen att de sparar betong, om man jämför med hur mycket betong som skulle gå åt om man byggde med betongblock (Tectomatic, uå). Den våfliga formen gör att vattnets hastighet minskar. Materialet sägs klara att utsättas för syror, baser, organiska lösningar och biologiska organismer. Dessutom ska det tåla UV-strålning från solen relativt bra. Enligt Foreshore Protection (uå) som tillverkar betongmadrasser är livslängden i vissa projekt beräknade till 100 år (Foreshore Protection, uå). Det bör dock påpekas att man bara har hållit på med betongmadrasser i 30 år.

3.23 Sandsäckar

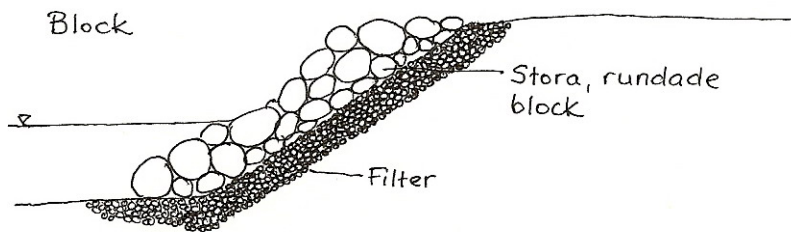
Sandsäckar fungerar bäst som en temporär och kortsiktig lösning. De glider rätt lätt isär men för att öka stabiliteten bör man försöka flacka ut lutningen så mycket som möjligt (US Army Corps of Engineers, 1995).



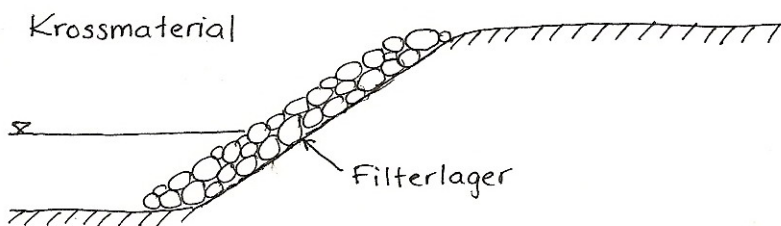
Figur 6. Stenskoning av sandsäckar

3.24 Stenskoning av block eller krossmaterial

Stenar bör läggas ut jämnt över hela slänten och därefter packas (US Army Corps of Engineers, 1995). Stenarna får inte tippas direkt i vattnet då det finns risk för separation (Vägverket, 1987).



Figur 7 Stenskoning av stenblock

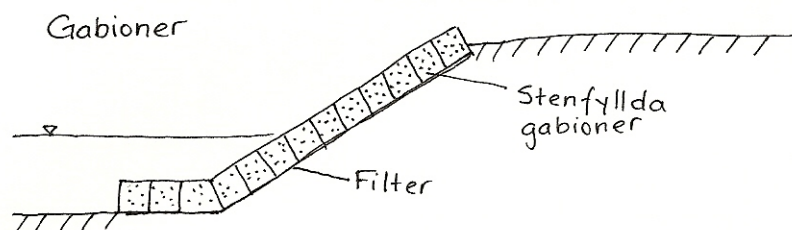


Figur 8 Stenskoning av krossmaterial

Fördelen med att göra en stenskoning är att man får en ojämn yta som hindrar vågorna från att spola upp lika högt som de skulle göra på en slät yta. Nackdelen är att det ofta krävs stora, tunga maskiner för att bygga dem (US Army Corps of Engineers, 1995). De har också höga initialkostnader, om man lägger ut det över hela livslängden blir kostnaden låg, tack vare dess långa livslängd. Stenskoningar hindrar effektivt mot erosion, men ju brantare konstruktionen är, desto större risk är det för vågreflektion som kan orsaka erosion medströms just där konstruktionen tar slut (Johansson, 2003). En annan nackdel är att den försvårar tillgängligheten.

3.25 Gabioner

Gabioner görs i ordning på plats och binds ihop med hjälp av stålvaror (US Army Corps of Engineers, 1995). Skillnaden i höjd mellan två korgar får inte överstiga 0,1 m. Korgarna fylls därefter med stenar vars diametern inte får överstiga $2/3$ av korgens tjocklek för att få en så god fyllnadsgrad som möjligt (Vägverket, 1987).



Figur 9 Stenskoning av gabioner (Pope, 2003)

Fördelar med gabioner är att de är billiga att uppföra och har en lång livslängd. Efter ett tag täcks de med vegetation vilket gör att de smälter in i omgivningen (Nilsson, 2004). De kräver inga tunga maskiner och lätt kan repareras och fyllas på med nya stenar. Nackdelen är att de kräver en del underhåll, då vågor kan slita upp burarna. Korrosion leder på sikt till att burarna rostar sönder (US Army Corps of Engineers, 1995). Detta bör påverkas av vattnets salthalt.

3.3 Hövder

Hövden är den äldsta och vanligaste strandanslutna strandstabiliserande konstruktionen som finns. Troligtvis är det den mest felaktigt använda också. Hövder kan byggas på många olika sätt, som träkonstruktioner av olika slag, betong- och stenkonstruktioner, samt med sandsäckar. Fördelen med att använda sandsäckar är att om man upptäcker att de inte fungerar som man har tänkt sig så är det bara att skära upp dem och hålla ut sanden. Sandsäckar är dock bara en temporär lösning dock en väldigt snabb sådan. Det finns också många olika former på hövder, t ex T- och L-former men den raka är vanligast (Pope, 2003).



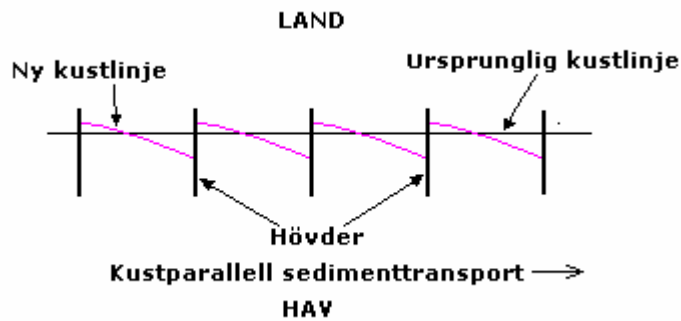
Figur 10 visar resterna av en gammal hövd gjord av träpålar.

Oftast bygger man hövder vinkelrätt mot stranden (se figur 11). Resultatet blir att material ansamlas på uppströmssidan samtidigt som en mindre del eroderar på nedströmssidan. Detta förändrar strandlinjens utseende och gör att de dominerande vågorna kommer in mer vinkelrätt mot stranden (Hansson, uå). Mängden sand som passerar hövden minskar drastiskt eller slutar helt, vilket har stor påverkan för stränder nedströms. Långa hövder påverkar stranden mer än korta då sandansamlingen blir större. En annan faktor är om konstruktionen är genomsläpplig eller inte. Ju mer genomsläpplig hövden är desto mindre påverkan har den på strandlinjen. Låga hövder tillåter sediment att passera över den och därmed minskar vågreflektioner från hövden (Pope, 2003).

Hansson (uå) har punktat upp tänkbara ändamål för hövder enligt följande:

- minska strandlinjens rörelser
- skydda bakomliggande strand

- reducera mängden transporterat material förbi en kuststräcka
- magasinera den litorala transporten (det vill säga den transport som sker i strandzonen)



Figur 11 Hövderna ger upphov till en ny kustlinje.

Oftast byggs en serie av hövder för att stabilisera en längre kuststräcka (Hansson, uå). När man vill bygga en serie av hövder bör man starta med den som är längst ned i strömriktningen. När läget stabiliserats och man har fått den typiska ackumulationen av sand på uppströmssidan byggs nästa. På detta sätt blir det lätt att avgöra vilket avstånd det skall vara mellan hövderna (Pope, 2003). Om avståndet mellan hövderna är för kort, kommer materialtransporten att passera i nivå med hövdernas ytterändar och om det är för långt blir resultatet att de inte kommer att samverka utan fungera individuellt. En tumregel säger att avståndet mellan hövderna bör vara 2-3 gånger hövdernas längd från strandlinjen (Johansson, 2003). Hövden måste förankras tillräckligt långt upp på stranden så att den inte kringkärs vid kraftig läsideserosion. Om vinden skulle vända så att denna sida blev lovertssida skulle detta få ödesdigra konsekvenser. Den måste också vara tillräckligt hög så att den inte överspolas vid högvatten (Hansson, uå).

Nackdelen med hövder är att de minskar mängden material som annars skulle nå stränder nedströms, vilket kan göra att dessa stränder kan erosionskadas. För att undvika detta bör man alltid fylla på med sand där man bygger hövderna (Pope, 2003). De passar enligt vissa heller inte alltid in i landskapet utan förstör det estetiska intrycket. Hövder kan vara dyra att uppföra och är känsliga för konstruktionsfel (Nilsson, 2004). Genom att utforma hövderna som badbryggor, får de en sekundär användning. Detta gör att de många gånger accepteras i estetisk synpunkt, även där inga konstruktioner tidigare funnits (Johansson, 2003).

3.4 Vågbrytare

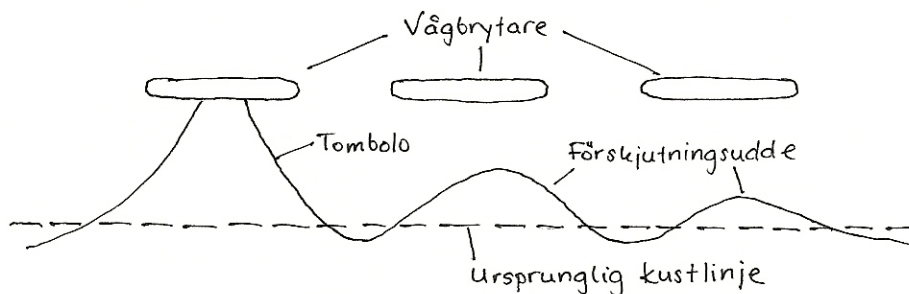
Vågbrytaren är ett friliggande erosionsskydd som oftast konstrueras parallellt med kustlinjen och har till uppgift är att avleda energin från vågorna (Pope, 2003). Då de placeras en bit ut från land skyddar de en längre kuststräcka än vad motsvarande konstruktion i strandlinjen skulle ha gjort. Bakom vågbrytaren blir vågorna mindre och de förmår inte att transportera lika mycket sediment som tidigare (Johansson, 2003).



Figur 12 En serie vågbrytare i Ystad.

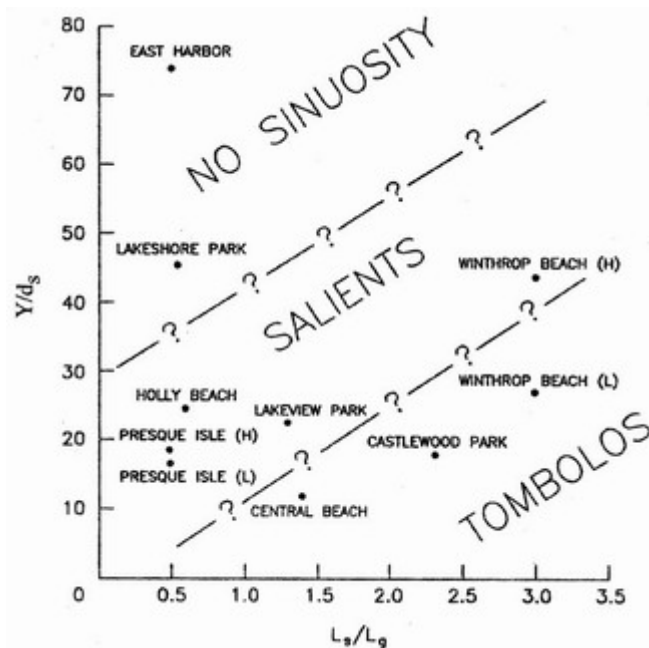
Resultatet leder till en ansamling av material mellan vågbrytaren och den ursprungliga strandlinjen. Om vågbrytaren är tillräckligt lång i förhållande till avståndet från den ursprungliga strandlinjen, kommer utbuktningen till slut att nå ut till vågbrytaren och en så kallad tombolo har bildats (Hansson, uå). Låga vågbrytare gör att vattnet lättare kan komma över och därmed hindras generellt sett tombolos från att bildas (Pope, 2003). För uträkning av längd på vågbrytare, mellanrum mellan vågbrytare samt avstånd från stranden hänvisar jag till CEM.

Ju längre av strand är desto mer känslig är den. Genom att bygga en serie av vågbrytare, som i sin tur ger upphov till tombolos, gör att man delar upp den i flera delar och därmed minimerar längden (Pope, 2003). Avståndet mellan vågbrytarna är 0,5 – 2 gånger dess längd (Johansson, 2003).



Figur13 visar hur tombolos bildas

En tombolo blockerar den normala kustparallella sedimenttransporten, medan en förskjutningsudd (eng, salient) tillåter den att fortsätta. När en tombolo har bildats kan man säga att man har fått en T-format hövd. Även om en del sediment följer med ripströmmarna så kan det leda till att stränder nedströms inte får lika mycket sediment som tidigare, vilket leder till ökad erosion där (Pope, 2003). Därför är det i allmänhet inte önskvärt att tombolos bildas. Empiriska formler har utvecklats för att man ska kunna uppskatta hur stor möjlighet/risk det är för att en tombolo eller en förskjutningsudd ska bildas (Johansson, 2003) se figur 15.



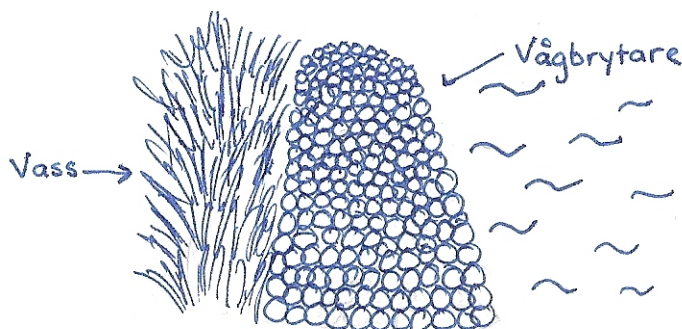
Figur 14 visar sannolikheten för att en tombolo eller en förskjutningsudd ska bildas, där $Y =$ Vågbrytarens avstånd från stranden, $d_s =$ vattendjupet vid vågbrytaren, $L_s =$ vågbrytarens längd och $L_b =$ avståndet mellan vågbrytare (Pope, 2003)

Fördelen med tombolos är att de till skillnad mot förskjutningsuddar är lättåtkomliga för underhåll. Tyvärr är de lika lättåtkomliga för badgäster och det kanske inte alltid är önskvärt (Hansson, uå).

Om vågklimatet är relativt konstant kan man förutsäga med ganska stor noggrannhet hur stranden kommer att ta form. Genom att använda sig av mobila vågbrytare som successivt flyttas, kan man forma stranden så att den får den profil man önskar (Hansson, uå)

Vågbrytare byggs oftast med stora stenblock men man kan även bygga dem med prefabricerade betongblock eller sandfyllda geotextilsäckar. Geotextilsäckar är dock inte lika hållbara som sten och betong (Pope, 2003). Vågbrytare finns även som flytande variant¹.

Vågbrytare kan också byggas nära land för att exempelvis skydda växtlighet som på figur 15 och kallas då för tröskelvallning (Nilsson, 2004).



Figur 15. Vågbrytare som skyddar vassen innanför.

¹ Persson, Jesper Personligt meddelande 2007

3.5 Artificiell sandtillförsel

3.51 Sandfodring

Sandfodring är ett mjukt kustskydd som användes för första gången i Portugal 1950. Sandfodring går ut på att man hämtar sand antingen från havet eller från land och lägger ut det längs kuststräckor med erosionsproblem. Detta kan utföras på olika sätt, men de fyra följande är vanligast:

- *Strandplans- och klitterfodring* – sand pumpas via en rörledning från ett fartyg upp på stranden.
- *Strandnära profilfodring* – sand sprutas ut nära kustlinjen genom ett munstycke fastsatt i fören på ett fartyg.
- *Revelfodring* – sand töms ut genom botten på ett fartyg.
- *Profilfodring* – sand fördelas över hela profilen dvs från stranden till och med en bit ut i vattnet.

(Hansson, Rydell & Andersson, 2006).

I Danmark gjordes första försöket med strandfodring 1975, men det var först under 1990-talet som metoden tog riktig fart. Längs Jylland västkust används idag tre typer av sandfodring: Strandplans- och klitterfodring, strandnära profilfodring samt revelfodring. Sanden som används hämtas på utvalda platser i Nordsjön, ca 8-10 km från land och på 15-20 meters djup. Sammanlagt läggs flera miljoner kubikmeter sand ut längs Jyllands västkust per år. Under 2006 var siffran 2,6 miljoner kubikmeter. Arbetena görs under perioden 1 mars till 30 september. Resten av året gör oftast väderförhållandena det omöjligt för fartygen att arbeta, då de som mest klarar 1,5 m höga vågor (Kystdirektoratet, uå).

Strandplans- och klitterfodringen går till på följande sätt: innan sanden pumpas genom den 1000 m långa ledningen av stål, blandas sanden med vatten. När sand- och vattenblandningen når stranden blir sanden liggande kvar medan vattnet rinner tillbaka ut i havet. Efterhand förlängs rörledningen så att man får en jämn fördelning av sand på stranden. Sanden kan pumpas upp till en kilometer på varje sida om ledningen. I vanliga fall pumpas mellan 75 och 100 kubikmeter sand per löpmeter strand ut. Vid behov kan det bli så mycket som 200 kubikmeter. När sandfodringen är klar, fylls rörledningen med luft tills den flyter. Därefter flyttas den till nästa plats med hjälp av en bogserbåt (Kystdirektoratet, uå).

Vid strandnära profilfodring pumpas sanden direkt från skeppet ut på havsbotten antingen via flytande rörledning eller från fören av båten. Havsdjupet ska inte vara mer än 4 m. Den senare metoden som också kallas Rainbow-metoden är mer flexibel eftersom den inte kräver någon rörledning. I detta fall kör fartyget så lång in mot land att den slår mot botten innan den börjat pumpa (Kystdirektoratet, uå).

Vid revelfodring töms sanden ut på 5 meters djup. För detta krävs ett särskilt fartyg som kan dela sig i två delar, så att sanden i lastrummet faller ner på havsbotten, direkt under skeppet. För att sanden skall hamna på rätt ställe använder man sig av satellitnavigation. När sanden har tömts ut fälls fartyget ihop igen och ger sig ut för att fylla på en ny last (Kystdirektoratet, uå).

Sandfodring hindrar inte erosionen från att fortsätta, men istället för att ta sand från befintlig strand tas det nu från den ditlagda sanden. Fördelen med detta är att sandfodringen inte har den negativa påverkan som hårda erosionskydd kan ha på kuststräckor nedströms. (Hansson, Rydell & Andersson, 2006).

Hur sandfodring påverkar djur- och växtliv, både i det område där sanden tas upp och där den placeras, har inte tagits upp i den litteratur som jag har gått igenom.

3.52 Sanddyner

När man konstruerar dyner bör man göra dem lika stora som naturliga dyner i omgivningen. Finns det inga sådana, anpassar man höjden efter hur högt vågorna slår upp under den typ av storm som man har dimensionerat för. Sandbanken under bör vara tillräckligt bred så att den klarar erosionen som sanddynen utsätts för (Pope, 2003). Artificiella dyner byggs oftast linjärt både av praktiska och ekonomiska skäl. De kräver mindre ansträngning och material. Om man istället skulle bygga ett oregelbundet mönster skulle den dyn som var närmast vattnet erodera först. Detta skulle inte skydda lika bra mot översvämningar då belastningen på dynerna skulle bli ojämn (Genetti, 1989).

Sanddyner är ett viktigt skydd då de minskar risken för översvämning vid stormar och höga vågor (Pope, 2003). De har också en positiv inverkan vad det gäller rekreation, genom att ge skydd från blåst och fungera som avskärmning från byggnader och annat. För höga dyner kan dock förstöra utsikten inifrån land (Genetti, 1989).

Sanddyner kan förstärkas med hjälp av vegetation. Generellt tar det två till fem år innan rotsystemet är färdigutvecklat och upp till tio år innan de är maximalt resistenta för erosion. Genom gödning kan man öka överlevnadsgraden och effektiviteten hos gräset (Pope, 2003). Bland de vanligaste växterna på sanddyner är sandrör och strandråg. För att snabbt stabilisera en sanddyn kan man lägga ut geotextilmattor, av exempelvis kokos, i vilka man sätter pluggplantor. Vilken typ eller storlek på kokosmatta man använder, avgörs av sanddynens lutning (Thulica, uå). Förutom att skydda mot vinderosion fungerar vegetationstäckets som en viktig materialbuffert vid stormar med extremt höga vattenstånd då vegetationen hindrar sanden från att dras med ut i havet med vågorna (Johansson, 2003).

För hårt utnyttjande av sanddyner kan allvarligt försämra stabiliteten hos dem. Badgäster på väg till och från stranden förstör vegetationen längs välanvända stigar. Undersökningar har visat att trots att de närliggande dynerna växte i och med att sand fastnade i vegetationen och dynerna därmed byggdes på, låg stigarna kvar på samma höjd eller till och med sjönk med upp till en halvmeter per år. Det räckte med att 175 personer per år hade passerat för att växterna skulle ha utsatts för maximal förstörelse. Fordonstrafik förstör i ännu större utsträckning (Genetti, 1989).

3.6 Dränering

Av misstag upptäckte man i Danmark att man genom dränering av stranden sänkte grundvattennivån och gjorde stranden bredare (Pope, 2003). Dräneringsrören placeras horisontellt eller vertikalt, beroende på typ av dränering, i strandplanet och

uppskölningszonen. Det är främst under stormar som dräneringsrör är effektiva. Genom att öka sandens infiltrationsförmåga, rinner mindre vatten tillbaka till havet och därmed minskas erosionen. Detta förutsätter också att vattnet pumpas ur rören. Huruvida metoden fungerar på lång sikt återstår att se (Johansson, 2003). Fördelen med dräneringsrör är att de inte syns och därmed inte påverkar det estetiska intrycket (Nilsson, 2004).

4 Laster

Det är inte bara erosionsskyddet som skall stå emot de eroderande krafter som stranden utsätts för. När konstruktionen utsätts för en belastning förs kraften ner via konstruktionen ner i undergrunden, dvs marken som erosionsskyddet är grundlagt på. Jorden måste därför också kunna stå emot alla dessa krafter och dessutom orka bära upp själva konstruktionen. För att ta reda på de grundläggande egenskaperna hos jorden bör man, innan dimensioneringen, göra en geoteknisk undersökning. De olika belastningarna som jorden utsätts för kan delas upp i statiska laster, dynamiska laster samt olyckslaster (Odén & Johansson, 2005).

4.1 Statiska laster

Med statiska laster menar man laster som är mer eller mindre konstanta. Hit hör bland annat egentyngheten av konstruktionen som är relativt jämn. Vattnets belastning räknas också till de statiska lasterna, även om denna belastning är mer ojämn och varierar med vattenståndet. Vattnets belastning måste främst beaktas för konstruktioner på stora vattendjup eller konstruktioner grundlagda på inhomogena jordlager, dvs osorterade jordar (Odén & Johansson, 2005).

4.2 Dynamiska laster

De dynamiska lasterna är de som i motsats till statiska laster varierar både vad det gäller tidpunkt, varaktighet och intensitet. Till dessa hör vindar, vågor, strömmar, tidvatten, is samt jordbävningar och dylikt. Då variationen på dessa laster är så stor är det svårt att beräkna dem. Det kräver observationer och mätningar under långa tidsperioder och det saknas ofta. Därför bör man vid dimensionering ansätta den mest ofördelaktiga, men fortfarande troliga, lastkombinationen (Odén & Johansson, 2005).

4.2.1 Vind

Vind uppstår på grund av ojämnheter i lufttrycket, då luften rör sig från områden med högt lufttryck till områden med lågt lufttryck. Ju större skillnaderna är desto snabbare rör sig luften. På land är vindhastigheterna lägre än ute till havs tack vare friktionen. Vid kusten kan vindriktningen och vindhastigheten variera på ett komplicerat sätt. I vår del av världen är vindar mellan syd och väst vanligast. På västkusten kan det dock vintertid vara vindar mellan nord och ost som dominerar (Sjöberg, 1992).

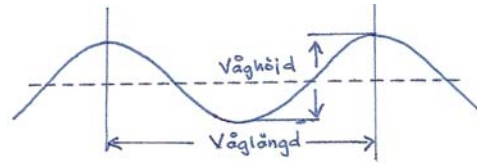
Vind påverkar både direkt och indirekt. Dels kan vinden föra med sig sand som blåstrar allt i dess väg och dels ger den upphov till vågor och strömmar som i sin tur kan verka eroderande. De vinddrivna strömmarnas hastighet är 1-2% av vindhastigheten (Sjöberg, 1992).

4.2.2 Vågor

Vind och båtar ger upphov till vågor. Vind är det vanligaste men utanför hamnar och i skärgården med tung färjetrafik kan båtarnas påverkan vara betydande. När vinden blåser med en hastighet av minst 0,4 m/s bildas små kapillärsvågor och när vinden

kommer upp i 0,9 m/s börjar mer regelbundna gravitationsvågor att bildas. Om vinden ökar ytterligare försvinner kapillärvågorna och gravitationsvågorna tar över (Larsson, 1987).

Vågor mäts i amplitud (våghöjd), våglängd och frekvens eller period. Våglängden är avståndet mellan två toppar och frekvensen är vågens hastighet delat på våglängden, dvs hur tätt vågorna kommer.



Figur 16 visar våglängd och våghöjd

Vågornas höjd och längd ökar dels med tiden och dels med stryklängden, det vill säga över den sträcka som vinden påverkar vattenytan. När vågen i det närmaste nått samma hastighet som vinden har den nått sin högsta höjd. Höjden H ges grovt av $H \approx (1/3)\omega$, där ω är vindstyrkan. Om vinden är för stark blir vågorna instabila och bryter (Larsson, 1987). Våglängden hos vindgenererade vågor varierar från ca 10 cm till omkring 1 km. Mest energi har vågor med våglängden 150 m (Massel, 1989).

Vågor färdas snabbare med ökande vattendjup. Detta betyder att den del av vågen som färdas på djupare vatten går fortare än den del som färdas på grundare vatten. Det i sin tur leder till att vågen gradvis böjer sig mot det grundare vattnet och så att vågkammen blir nästan parallell med kustlinjen. När vågorna närmar sig stranden ändrar de drastiskt sin form (Massel, 1989). På grund av friktion mot botten, bromsas vågorna upp vilket gör att våglängden minskar och vågorna blir högre och brantare. Vågens energi bibehålls dock. Om förhållandet mellan våghöjd och våglängd överstiger 1/7 bryter vågen och en del av vågenergin förbrukas (Larsson, 1987).

Det finns olika modeller av för att mäta vindvågor. På SMHI används HYPHA, som är en andra generationens vågmodell, men man håller på att byta till WAM, som är en tredje generationens vågmodell (SMHI, 2003). Omfattande vindstatistik krävs för att modellerna skall ge tillförlitliga resultat. I CEM (Pope, 2003) hittar man ekvationer för att göra beräkningar på vågor som Hunts formel och Savilles metod. Då formlerna är komplicerade tas de inte med här. Ju längre bort vågorna bryter från stranden, desto mindre kraft ha de när slår in över stranden. Förutom kraften från själva vågorna kan vågorna även nöta på stenar och annat med hjälp av de sedimentpartiklar de för med sig (Massel, 1989).

4.23 Tidvatten

Tidvattnet står oftast för de dominerande variationerna i vattenståndet och beror på månens och solens dragningskraft (Engström, 1996). Ofta kallar man högvatten för flod och lågvatten för ebb, men egentligen innebär flod när vattnet kommer in mot kusten och ebb när det drar sig tillbaka. Ebb och flod sker med jämna intervall. Beroende på jordens, månens och solens position i förhållande till varandra, varierar kraften på tidvattnet. När de tre himlakropparna är i linje är krafterna som starkast och detta sker vid nymåne och fullmåne. Då når tidvattnet sin maximala höjd och detta kallas springflod. På samma sätt är krafterna som minst vid halvmåne och då når tidvattnet sin lägsta höjd. Detta kallar man för nipflod (Massel, 1989). Skillnaden mellan högvatten och lågvatten kan på sina håll vara en bra bit över 10 m. I Sverige märks dock inte

tidvattnet av så mycket då skillnaden mellan högvatten och lågvatten i Östersjön endast är några centimeter (Engström, 1996).



Figur 17. Ebb i Blackpool den 26 maj 2003

4.24 Vattenstånd

I Sverige är det främst de varierande vindförhållandena som reglerar vattenståndet, men även lufttrycker påverkar vattenståndet. I slutet av 1700-talet började man göra regelbundna mätningar sedan man insett dess praktiska betydelse för exempelvis sjöfart och anläggandet av hamnar (Sjöberg, 1992).

4.25 Is

Till skillnad från de flesta andra ämnen är vatten i fast form lättare än i flytande form. För ren is vid 0°C är densiteten 0,917 g/cm³ och för naturis 0,89-0,95 g/cm³. Det kan jämföras med 1,000 g/cm³ för flytande vatten vid samma temperatur. Eftersom isen är lättare flyter den på vattnet och bildar ett isolerande skikt som motverkar bottenfrysning. I havsvatten med en salthalt på 35 ‰ fryser isen först vid -2°C (Engström, 1996). Vind och vågor motverkar bildandet av is och gör att det krävs ännu lägre temperaturer för att vattnet ska frysa.

Isen påverkar erosionsskydden på olika sätt. När vattnet fryser till is ökar dess volym med ca 9 %. Denna expansion kan leda till frostsprängning och tjällyftning. Skillnaden dem emellan är att frostsprängningen gäller berggrund medan tjällyftningen gäller jordart (Engström, 1996). Detta innebär i sin tur risk för förskjutningar i konstruktionen. Tjälen utvecklas olika beroende på jordart och tillgång på vatten. I grova sandiga jordar som innehåller små mängder vatten, fryser nästan allt vatten snabbt och man får en homogen tjäle. I finkornigare jordar, framför allt mjåla som har god förmåga att transportera vatten, bildas islinser som i sin tur ger tjällyftningar (Engström, 1996). Detta bör således tas med i beräkningarna för konstruktionen. Isen i sig innebär också

en extra tyngd som erosionsskydden måste kunna bära. Vid islossning bildas isflak och om dessa slår mot erosionsskydden kan det innebära stora påfrestningar.

4.3 Olyckslaster

Olyckslaster är belastningar på erosionsskydden uppkomna av olyckor och är ganska svåröversägbara. En olyckslast kan till exempel vara en båt som kör in i en konstruktion (Odén & Johansson, 2005).

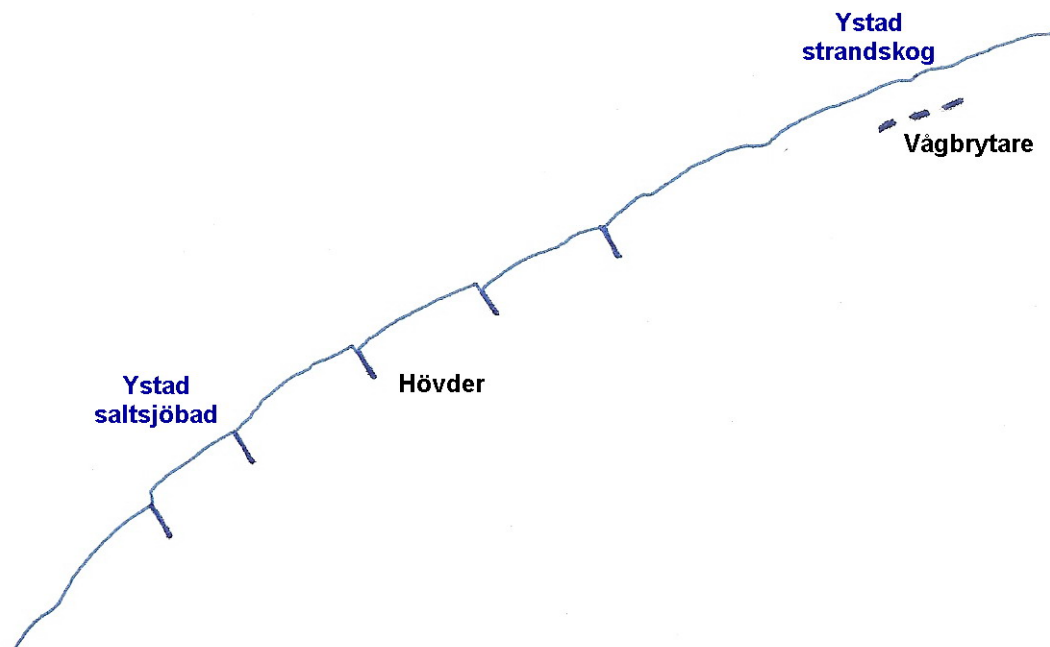
5 Exempel på användning av erosionsskydd

5.1 Flera typer av erosionsskydd i Ystad kommun

När det gäller den kustparallella sedimenttransporten utgör Ystadbukten i stort sett ett slutet system med endast en mindre del sand som transporteras in och ut ur systemet. Beräkningar som gjorts tyder på att man har en nettotransport av sand på ca 80 000 m³ österut. Hur stort erosionsproblemet är varierar mellan olika kustavsnitt beroende på vilken grad av jämviktsläge de har nått (Rankka, 2005). Sedan 50-talet har det på vissa ställen försvunnit upp emot 300 m land. Bara under stormen Per, den 14 januari 2007, försvann 13 meter vid Löderups strandbad (Patel, 2007). I området kring hövderna (se figur 18) har det de senaste 50 åren inte skett så stor förändring, på vissa delar har det försvunnit lite medan andra delar har fått mer sand beroende på vågbrytarna. Mellan hövderna och vågbrytarna har det dock på vissa håll uppskattningsvis försvunnit 30m strand (Rankka, 2005).

De högsta vindstyrkorna nås oftast när vinden blåser från S till V. Höga vindstyrkor förekommer också ganska ofta i riktning SO. Detta betyder att de längsta stryklängderna finns mellan SO och S samt i SV (Rankka, 2005).

Enligt en analys av de kustnära vågförhållandena, rör sig sand och vatten mot normalt sett mot buktens mitt. Men när hård vind blåser i sektorn SO till SV bildas underströmmar som troligtvis drar med sig stora mängder sand ut till djupare vatten (Rankka, 2005).



Figur 18. Visar strandrörelser mellan 1956 och 2001 (Rankka, 2005)

I Ystad kommun har problemen med erosion funnits länge och via kartor kan man spåra stranderosionen tillbaka till 1820-talet (Nilsson, 2004). I ett området mellan Jaktpaviljongsvägen och Hackspettvägen inom Ystad Sandskog, var risken att havet skulle bryta igenom de närmast obefintliga klitterna mycket stor 1993, vilket eventuellt även kunnat hota riksväg 10 (Blomgren & Hansson, 1993) För att försöka lösa problemen har man under de senaste årtiondena uppfört flera olika typer av erosionskydd.



Figur 19. Erosionsproblem.



Figur 20 visar två typer av hövder vid Ystad saltsjöbad. I bakgrunden kan man skönja vågbrytare (den gråa pricken bakom den sista hövden). Sanddynen närmast har förstärkts med vegetation



Figur 21. Närbild av hövdens stålspont.

På 60-talet byggde man den första hövden vid Ystad saltsjöbad och under 90-talet byggdes den senaste som blev nummer fem i ordningen. I samband med det gjordes tre av de tidigare hövderna om med stålspont. Så nu har alla stålspont. Alla hövderna fungerar som badbryggor². När badsäsongen är över tar man bort planken så att man inte kommer ut på bryggan.

² Alm, Erling Personligt meddelande 2007

Avståndet mellan hövderna är enligt min uppskattning mellan två och tre gånger hövdernas längd (se figur 19 & 29). Samtidigt som man byggde den sista hövden, grävde man ner dräneringsrör som går parallellt med strandlinjen, det så kallade UDC-projektet. Dräneringsrören ligger nära markytan³, längs en sträcka på ca 100 m på vardera sidan om den västligaste hövden (Rankka, 2005) och är kopplade till en pumpstation som pumpar vattnet tillbaka ut i havet. Huruvida det är hövden eller dräneringsrören som har gett resultat vet man inte, just av den anledningen att de installerades samtidigt⁴.

Hövderna fick avsedd effekt men orsakade i viss omfattning erosionsproblem längre österut (Rankka, 2005). Som man ser på bilden nedan, så har det bildats en ansamling av sand på ena sidan av hövden, vilket är det mönster man kan förväntas uppnå.



Figur 22 Strandskoning med stora block i Ystad

Vad det gäller strandskoningar har flera uppkommit spontant och utan att beslut har fattats, genom att folk har börjat placera stenar för att skydda stranden mot vågor. På de ställen där man har gjort reparationer har man lagt duk och fint material under stenarna⁵. Vilken fraktion man använt har inte framkommit. Släntlutning saknas men jag uppskattar den i figur 24 till ca 1:3.

I Ystad har man även byggt strandskoningar med bland annat gabionmattor, betongmattor, sk flexplattor (i betong), samt geotextilmattor med vegetation⁶

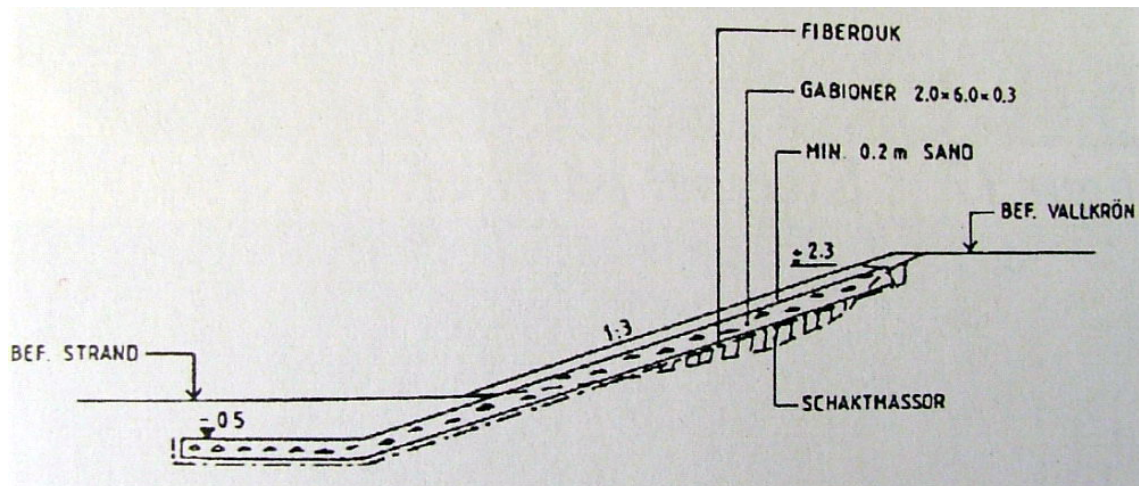
Gabioner som mätte 2,0×6,0×0,3 har lagts ovanpå en fiberduk och sedan har man påfört ett lager av sand som var åtminstone 0,2 m tjockt. Allt eftersom har växtlighet börjat att få fäste i sanden ovanpå gabionerna, vilket har gett ett mer naturligt intryck. Gabionerna har använts både som släntskydd och utfyllnad och finns att hitta öster om reningsverket (Nilsson, 2004).

³ Alm, Erling Personligt meddelande 2007

⁴ Alm, Erling Personligt meddelande 2007

⁵ Alm, Erling Personligt meddelande 2007

⁶ Alm, Erling Personligt meddelande 2007



Figur 23. Ritning/sektion över gabioner (Nilsson, 2004)

Betongmattor av typ Foreshore protection har använts öster om reningsverket (Nilsson, 2004). De byggdes 1990 och täcker en yta av 1200 m² (Tectomatic AB, uå). Lite vegetation har lyckats etablera sig men större delen är fortfarande kal. I övrigt fungerar det mycket bra mot vågorna (Nilsson, 2004).

Geotextilmattor har använts för att förstärka slänter och sanddyner. Mattorna man använde, bestod av antingen juteväv eller plast. Dessa förankrades med videpinnar och släntfoten förstärktes med stenar. När mattorna var på plats, planterades växter in och därefter har man låtit naturen ha sin gång⁷. Exempel på inplanteringsväxter är strandråg, trift, strandsvingel, saltgröe, havssäd och havtorn (Nilsson, 2004).

Längs vissa viktiga sträckor av kusten har sandfodring använts⁸. Vilket sätt av strandfodring man har använt sig av framkom inte.

De nyaste tillskotten är tre vågbrytare utanför Ystad strandskog som ligger ca 100 m utanför kusten. Dessa byggdes under hösten 2006 och därför har man ännu inte kunnat se något resultat⁹. Vågbrytarna är uppbyggda med krossmaterial av storlek 100-400 mm i mitten och stenblock med en minimivikt på 1500 kg. I botten ligger en geotextilmatta som fortsätter upp runt foten på vågbrytaren. Vid foten är minimivikten på stenblocken endast 150 kg. Den synliga delen av vågbrytarna blir ca 20 × 6 meter (se figur 26) och avståndet mellan varje vågbrytare ca 40 m (Göransson, 2006). Efter att ha tittat på ritningarna (se bilaga) uppskattar jag vågbrytarens längd till ca 36 m vid foten. Vattendjupet ligger på ungefär 2,5 m.



Figur24 visar en av de tre vågbrytarna

⁷ Alm, Erling Personligt meddelande 2007

⁸ Alm, Erling Personligt meddelande 2007

⁹ Alm, Erling Personligt meddelande 2007

Anledningen till att man valt att bygga vågbrytare istället för hövder eller stenskoningar är troligtvis på grund av att Ystad sandskog är avsatt som naturreservat med syfte att bland annat bevara ett viktigt bad- och rekreationsområde, de kulturhistoriska värdena och naturvärdena i området (Länsstyrelsen, 2004). Det är också ett Natura 2000 område (Rankka, 2005)

Försöken i Ystad att försöka hålla kvar sanden har varit lyckade, men det finns fortfarande ett behov av att återföra förlorad sand. Önskemål finns om att fortsätta med sandutfyllnaden genom att ta sand från Sandhammaren (Nilsson, 2004), men ärendet ligger hos regeringen och det är inte säkert att de får tillstånd (Patel, 2006).

5.2 Minehead

Minehead ligger vid Bristolkanalen, som är en vik vid Englands sydvästkust. På grund av sin trattform, har Bristolkanalen ett mycket kraftigt tidvatten. Skillnaden mellan ebb och flod vid springflod uppgår till 10-12 m (Engström, 1996). Höga vattenstånd tillsammans med svåra stormar har då och då orsakat stor förödelse.



Figur 25. Karta från 1937 (Ordnance Survey). Idag har staden växt och bebyggelse finns längs hela "The Strand". Dagens erosionsskydd sträcker sig från hamnen (Harbour) till slutet av "The Strand", där kartan tar slut.

Skydd mot havet har funnits i Minehead i flera hundra år. När staden var en liten by hade man en hög strand som backades upp av en vall av klappersten. När staden växte ersatte man successivt denna med en stenmur. Väster om hamnen byggdes även hövder. Kombinationen av en mur och hövder, ledde till att man under 1900-talet förlorade väldigt mycket strandmaterial (klappersten och sand) (Environment Agency, 2001).

Fram till 1996 hade muren slitits väldigt hårt och trots reparationer hade muren nått sin slutgiltiga ålder och behövde ersättas. Om staden skulle utsättas för en 100-årsstorm, räknade man ut att den skulle översvämmas med 550 miljoner liter vatten, vilket skulle innebära att stora delar av staden skulle hamna under vatten. En sådan förödelse skulle inte vara acceptabel och man uppskattade att den skulle kosta staden £21.000.000. I november 1996 beslutade man sig för att bygga nya skydd som skulle klara en 100-årsstorm (Environment Agency, 2001).

Förutom att bygga ett säkert skydd ville man också bevara den fina havsutsikten samt förbättra tillgängligheten till stranden som tidigare varit dålig, då turismen är en stor näring för staden (Environment Agency, 2001).

Innan man kunde börja utforma erosionskydden, var man tvungen att ta reda på platsens förutsättningar. För att förstå komplexiteten mellan tidvatten, vågor och sedimentrörelser, framför allt under extrema stormar använde man sig både av fysiska modeller som datormodeller. Man tittade på en rad olika förslag, som sedan reducerades till tre, innan man till slut bestämde sig. Valet föll på förslag nummer 3. Det gick ut på att man ersatte den gamla muren med en betongmur, som bara skulle behöva vara 0,6 meter högre än den gamla muren, höjde sandstranden med två meter och byggde en serie med fyra nya hövder i sten, för att förhindra den nya sanden från att försvinna bort. Vad de andra förslagen innebar tas inte upp i detta arbete (Environment Agency, 2001).

Den gamla muren krossades på plats och man lyckades återanvända nästan allt material när man byggde de nya skydden, så väldigt lite behövdes köras till tippen. När den gamla muren var borta började man uppföra den nya. Större delen av muren byggdes med hjälp av prefabricerade betongenheter. Detta för att få en genomgående hög kvalitet och enheter som passade ihop lika bra som lego. Dessutom var det en mer effektiv metod än om man hade gjutit på plats (Environment Agency, 2001).

Framför lite drygt hälften av betongmuren (den västra halvan) byggdes en strandskoning med betongblock, som bildade en trappa, för folk att sitta på. Först jämnade man ut marken med hjälp av bulldozers innan man lade på en geotextilduk. Därefter lade man på ett lager med krossmaterial, för att sedan lägga på de prefabricerade betongblocken. Det var främst framför denna del som man lade på ny sand (Environment Agency, 2001).



Figur 26 visar en del av stenskoningen i Minehead. Muren bakom är böjd för att förhindra att vågor stänker ner förbipasserande.

Framför den andra hälften av betongmuren byggde man en stenskoning med stora block. Denna konstruerades på motsvarande sätt som strandskoningen med betongblock. Syftet med en stenskoning var att vågorna skulle brytas tidigare och inte slå upp över muren i annat än extrema fall. Muren är dessutom böjd för att försöka förhindra att människor som går på promenaden bakom, inte ska bli blöta av inkommande vågor (Se figur 28) (Environment Agency, 2001)



Figur 27 visar en av hövderna sedd från en av utsiktsplatserna. Man kan se hur den smalnar av.

Förutom strandskoningar konstruerades även fyra hövder. Dessa byggdes med hjälp av stora stenblock. De är bredast längst upp mot muren för att sedan smalna av. De har heller inte samma höjd hela vägen utan sluttar nedåt. Detta kan man se i figurerna 29 och 30. Vid flod ligger därför delar av hövderna under vatten, vilket innebär att en viss sedimenttransport tillåts. Som man kan se på bilden till vänster så ligger det en del sand på stenarna.

Till vänster om den ostligaste hövden anlades en liten klapperstensstrand (Environment Agency, 2001).



Figur 28 visar lutningen på hövderna.

Våren 2001 stod projektet klart och den 15 maj var det invigning. Skyddets längd uppgår till 1,8 km och totalt användes 100 000 ton sten och 320 000 ton sand och klappersten (Environment Agency, 2001).



Idag 6 år senare finns fortfarande mycket sand kvar, fast vågor och vind har flyttat den längre upp, så att stora delar av betongtrappan knappt syns längre. Stenskoningen har på sina ställen också blivit mer eller mindre täckt av sand och/eller klappersten, dock inte alls i lika stor utsträckning som betongtrappan. Växter har också börjat etablera sig (Se figur 31). Man kan inte se några tydliga tecken på erosion.

Figur 29. Del av stenskonig täckt med sand och klappersten

5.3 Porlock

Porlock ligger 8 km västerut från Minehead (se kapitel 5.2) vid Bristolkanalen. Problemet här är detsamma som i Minehead, med stora skillnader i tidvatten och återkommande stormar. Området är en så kallad Site of Special Scientific Interest (SSSI), ett slags naturreservat (Holden et al, 2007).

I Porlock har man till skillnad från Minehead kvar sin klapperstensbank. Troligtvis bildades den för ca 8000 år sedan genom att delar av klipporna i Culbone, en bit därifrån, ramlat sönder och med hjälp av havet, försatt Porlock med sten. Den naturliga tillförseln av sten når numera bara den östra delen av stranden. Detta har lett till att den västra delen av klapperstensbanken har försvagats och blivit tunnare (Holden et al, 2007).

Stormar tillsammans med höga vattenstånd har ibland gått väldigt hårt åt banken vilken lett till att den på vissa ställen gett vika. Mellan 1888 och 1988 har banken flyttats mellan 45 och 55 m inåt land (Defra/Environment Agency, 2001). För att försöka förhindra detta och skydda den bakomliggande våtmarken och betesmarken, har många försök gjorts för att förstärka klapperstensbanken. Försöken har gått ut på att bygga hövder av timmerstockar (se figur 32) samt att fylla på med klappersten (Holden et al, 2007). De första hövderna, som finns beskrivna byggdes 1824. Mellan 1967 och 1971 byggdes 20 nya hövder, samtidigt som man fyllde på med mer sten. Under 70- och 80-talen fyllde man på med sten vartefter stormar hade fört fram. Den sista stora reparationen tog plats 1990. Då detta inte hjälpte beslutade man sig för att istället låta naturen ha sin gång. Sedan dess har därför inga ingrepp gjorts (Defra/Environment Agency, 2001). Man bör dock påpeka att detta inte var ett alltför populärt beslut, framför allt hos lokalbefolkningen. Många var oroliga för vad som skulle hända med vallen och betesmarkerna bakom, om havet fick fritt fram (English Nature, 2003).



Figur 30 visar en av hövderna i Porlock.

En häftig storm i oktober 1996 lämnade ett stort hål i banken och en kanal bildades till bakomliggande områden. I början var erosionen i kanalen rätt omfattande. Mellan 1996 och 1999 eroderade kanalen 180 m rakt in. Erosionstakten har avtagit något allteftersom området fått en mer stabil utformning och en lagun bildats (Defra/Environment Agency, 2001).

Även om man låtit naturen ta över, har man hela tiden följt processen och gjort mätningar för att kunna följa förändringar bland annat med GPS (Defra/Environment Agency, 2001).

6 Jämförelse mellan manualer och anläggningar

Ingen plats är den andra lik och därför får man anpassa erosionsskydd efter platsens förutsättningar. Som tidigare nämnts använder man oftast den mest ofördelaktiga, men fortfarande troliga, lastkombinationen som grund för dimensionering vad det gäller de dynamiska lasterna. Då uträkningarna är komplicerade har jag valt att utesluta dimensioneringsarbetet från detta arbete. Detta gör att det är svårt att bedöma huruvida de olika konstruktionerna har konstruerats på rätt sätt utifrån rådande förhållanden på de olika platserna. Eftersom alla erosionsskydd anpassas efter platsen finns det heller inga exakta manualer att gå efter. Jag har heller inte fått tag på några ritningar över erosionsskydden med undantag för vågbrytarna och gabionerna. Därför får man titta på om erosionsskyddet klarar det som den är byggd för att göra, dvs att förhindra eller i alla fall minska erosionen.

6.1 Ystad

Hövderna fungerar, som tidigare nämnts, precis som de ska, men har orsakat vissa erosionsproblem österut, vilket är en av hövdens nackdelar enligt Hansson (uå). Den typiska ackumuleringen av sand (se figur 11) har bildats på höger sida av hövd 3-5, räknat väster ifrån, medan det på hövd 1 har bildats på vänster sida. Hövd 2 har ungefär lika mycket sand på båda sidor. Av detta kan man utläsa att den kustparallella strömmen går åt två håll.

Avståndet mellan hövderna uppskattas vara 2-3 gånger hövdernas längd vilket var en tumregel enligt Johansson (2003). Att man praktiskt använder dem som badbryggor är ett plus, om man som vissa inte tycker att hövder är estetiskt tilltalande (Johansson, 2003).

Stenskoningarna som jag tittade på verkade också fungera ganska bra. Några av stenarna hade förflyttats en bit ut i vattnet, men det är nog något man kan förvänta sig då inget erosionsskydd är helt underhållsfritt. Trots att några stenar var borta såg man inga övriga tecken på erosionskador. Enligt US Army Corps of Engineers (1995) rekommenderas i de flesta fall en maximal lutning på 1:2, vilket inte överskreds, då min uppskattning på lutningen var 1:3.

Gabionerna verkar också fungera bra. Ritningen i figur 23 liknar den i figur 10, med undantag för sanden och schaktmassorna. Sanden gömmer gabionerna och gör att växterna lättare får fäste vilket de inte skulle få om man använde endast stenar. Detta har gett ett mer naturligt intryck. Lutningen 1:3 är innanför ramarna enligt US Army Corps of Engineers (1995) rekommendation.

Betongmattorna står bra emot vågorna enligt Nilssons genomgång från 2004 och 17 år är ju en rätt lång provperiod. De har dock ett ganska onaturligt intryck då mattorna ännu inte har täckts av vegetation.

De vegetationsförstärkta sanddynerna var täckta med riklig vegetation som verkade stå emot vinden väldigt bra och därmed förhindra sandflykt. Då jag var där i december kunde jag inte säkert avgöra vilka växter som växte där.

Något som hade varit intressant att titta på är lutningen på de olika slänterna samt hur stora ytor man har gjort försöken på, men sådana uppgifter har jag inte fått tag på, med undantag av gabionerna. Större ytor av erosionsmaterial påverkar i större utsträckning mängden material som kan föras med i de kustparallella strömmarna. En större yta kanske skulle ge en bättre bild av hur väl konstruktionen fungerar.

Vågbrytarna verkar vara ordentligt gjorda med en geotextil som stabiliserar själva foten av dem. Eftersom jag inte kunnat hitta några bra exempel på utformning av vågbrytare har jag jämfört med riktlinjer som gäller för hövder vad det gäller uppbyggnad samt fotförstärkning (jmf Pope, 2003). Då de är nybyggda är det för tidigt att säga om de kommer att klara alla påfrestningar som framtida stormar. Men man kan i alla fall göra en uppskattning om det kommer att bildas några tombolos eller förskjutningsuddar genom att använda diagrammet i figur 15 på sidan 15.

$Y = 100$ m (vågbrytarens avstånd från stranden)

$d_s = 2,5$ m (vattendjup)

$L_s = 36$ m (längd på vågbrytare)

$L_g = 40$ m (längd mellan vågbrytare)

$$\frac{Y}{d_s} = \frac{100}{2,5} = 40$$

$$\frac{L_s}{L_g} = \frac{36}{40} = 0,9$$

Stoppar man in dessa siffror ser man att det varken kommer att bildas någon tombolo eller förskjutningsudde. Detta vill man troligtvis inte heller ha då det är ett naturreservat samt ett Natura 2000 område.

6.2 Minehead

Stenskoningarna verkar fungera bra och min uppskattning är att de inte överstiger en lutning på 1:3, vilket är mindre US Army Corps of Engineers (1995) rekommendation för maximal lutning. Jag såg inga tecken på erosion. Såvitt jag vet har man ännu inte drabbats av någon 100-årsstorm, så om skydden skulle klara det återstår att se. Att vissa delar blivit övertäckta med sand och eller klappersten borde inte spela någon roll, då detta gjort stranden högre, vilket i sin tur betyder att vågorna kommer att bryta längre ut från muren och detta var anledningen till att man i första hand byggt en stenskonung (Environment Agency, 2001).

Vegetationens etablering tyder på att vågorna sällan når upp till de högre belägna delarna av stranden, då det inte är växter som vill stå under vatten.

Hövderna har inte samma avstånd mellan sig. Jag räknar hövden längst västerut om hövd 1 och den längst österut som hövd 4. Avståndet är kortast mellan hövd 1 och 2. Där uppskattar jag avståndet till att vara ungefär 1 gång hövdernas längd. Avståndet mellan hövd 2 och 3 uppskattar jag till knappa 2 gånger hövdernas längd och avståndet mellan hövd 3 och 4 till mellan 2 och 3 gånger hövdernas längd. Det är alltså bara mellan de sista två hövderna som avståndet är som Johanssons (2003) tumregel. Det var

svårt att avgöra huruvida det hade bildats någon ackumulation av sand på någon sida av hövderna. Detta kan bero på att det var ebb vid mitt besök.

Min slutsats av varför hövderna lutar är att då stranden påverkas av tidvatten, skulle de nedre delarna skulle behöva vara så pass höga att det skulle se onaturliga och kanske även mindre inbjudande ut, om hela hövderna var att sticka upp över vattenytan även vid flod. Det bör ändå vara tillräckligt stor del av hövden som är ovanför vattenytan oavsett havsnivå.

Enligt CEM (Pope, 2003) ger hövder, som tillåter sediment att passera över den, mindre vågreflektioner och det gör de ju i detta fall. CEM säger också att långa hövder påverkar stranden mer än korta då sandansamlingen blir större. Även om dessa hövder är långa så borde lutningen göra att denna faktor inte påverkar i lika stor utsträckning.

Enligt min uppfattning fanns det mycket sand kvar och därför drar jag slutsatsen att hövderna fungerar. Hur mycket sand som finns kvar i förhållande till vad som fanns där precis efter färdigställandet av stranden är svår att uppskatta och därför kan min slutsats vara fel.

6.3 Porlock

Det finns många hövder i Porlock. Avståndet mellan dem varierar, men är ofta ganska kort. Inte heller här har man följt Johanssons (2003) tumregel. Man tror att en av anledningarna till att försöken att bevara klapperstensbaken inte lyckats är att lutningen på den blivit för brant och därigenom mer instabil, i och med att man byggt hövder (Holden et al, 2007). En annan anledning kan vara att man inte underhållit hövderna så bra, då man låtit det gå lång till mellan varje gång (Defra/Environment Agency, 2001).

Jämför man med de åtgärder som man gjort i Minehead (kapitel 5.2) så känns det inte så förvånande att de inte klarar att stå emot stormar. Omfattande undersökningar verkar heller inte ha gjorts innan man byggde hövderna. Om man hade gjort som i Minehead, det vill säga bygga en mur, hade det förstört utseendet på stranden och då byn inte ligger alldeles vid kusten utan har ett grönområde mellan sig och havet, hade det sett väldigt onaturligt ut. Dessutom är området skyddat, på grund av dess rika djur- och växtliv, vilket gjort att det troligtvis inte var genomförbart.

I och med att klapperstensbanken gick sönder 1996 och saltvatten tilläts komma igenom barriären, så har nya intressanta djur- och växtsamhällen uppstått (English Nature, 2003).

7 Diskussion

Det finns inga exakta beskrivningar på hur man ska uppföra ett erosions skydd, detta beror på att varje plats är unik och förutsättningarna därför skiljer sig åt. Den litteratur som jag har läst (se referenslista) ger således bara riktlinjer, hur man ska bygga. Detta tillsammans med att jag har haft svårt att få tag på ritningar över de konstruktioner som jag har studerat, har gjort det svårt för en ordentlig jämförelse.

I Ystad känns det som om man fortfarande är på experimentstadiet i och med de nya vågbrytarna. Det vore intressant att se vad man tyckte var bäst om 20 år om man ser det ur ekonomisk, estetisk och/eller hållbarhetssynpunkt. 2004 gjordes en nulägesanalys av erosions situationen i Ystad kommun som beskriver de problem man har och vilka typer av åtgärder man har gjort. Tyvärr står det bara att försöken var lyckade. Man går inte in mer i detalj hur varje erosions skydd har fungerat.

En annan känsla jag fått under detta arbete är att man ofta fortsatt på inslagen väg. Ta exemplet i Porlock, där började man med hövder i början av 1800-talet. Trots att de inte fungerat riktigt som man ville har man ändå fortsatt att bygga nya hövder utan att undersöka hur man kunde göra det på något annat, bättre sätt. Även om man inte hade alla resurser under 1800-talet som finns idag, borde det inte ha dröjt till 1990-talet. I Minehead dröjde det till 1996 innan man beslöt sig för att bygga helt nytt och då hade de gamla skydden inte fungerat bra på länge, snarare förvärrat läget. Många gånger dröjer det till dess att det blir riktigt akut innan man verkligen gör något åt saken.

Vad det gäller sandfodring har jag ställt mig frågan om det finns en risk för att man skadar växt- och djurlivet på botten när man tar upp sand och vad man i så fall gör för att undvika detta. Det enda man hittar är alla positiva effekter med sandfodring, då man slipper bygga ett erosions skydd och man inte riskerar erosion nedströms på grund av att den kustparallella sedimenttransporten minskat. Det tas heller sällan upp hur övriga erosions skydd påverkar livet under vattnet. Det som är viktigt tycks vara att bara skydda landmassor.

Om jag var tvungen att välja skulle jag nog i stor utsträckning välja sandfodring, då det inte förändrar strandens utseende. Finns det hus i närheten är det bättre att välja en mer långsiktig och hållbar lösning som exempelvis strandskoning. Det allra bästa vore dock om man kunde låta naturen ha sin gång och inte exploatera kustnära områden. Där det redan finns bebyggelse har man tyvärr inte så mycket att välja på. Sten och betong känns fortfarande som de mest hållbara alternativen.

Något som kunde eftersträvas är en bättre dokumentation. Ritningar och dimensioneringsberäkningar borde tillsammans med en utvärdering förvaras på samma plats så man lätt kunde gå tillbaka och titta på dem. Dessa kunde sedan användas som referens vid uppförandet av nya konstruktioner. Detta borde kompletteras med undersökningar på hur naturen runt omkring har förändrats.

8 Slutsatser

Mina slutsatser är att om man konstruerar erosionskydd på rätt sätt så fungerar de väldigt bra. Det man måste fråga sig är det som tidigare konstaterats:

- Vad är det för typ av erosionsproblem?
- Vilket är syftet med erosionskyddet? Är det att stabilisera en slänt eller minska mängden sand som försvinner från stranden?
- Vad används området till?
- Vilka blir konsekvenserna av åtgärderna? Ökar erosionen någon annanstans? Påverkas djurliv?
- Estetiska aspekter?
- Ekonomiska aspekter?

Alla konstruktioner kräver mer eller mindre underhåll.

Något som man kanske borde ändra på är den omständliga processen för att få bygga ett erosionskydd. Vad gör man om åtskilliga meter av stranden försvinner under en storm och man snabbt vill åtgärda problemen?

I vissa fall som i Porlock kan det vara positivt om man låter naturen ta över, då man fått följa hur nya växt- och djursamhällen utvecklats.

Om man slutade att exploatera kuster, framför allt de som har erosionsproblem, skulle man slippa en stor del av erosionsproblematiken.

9 Källförteckning

Blomgren, S. & Hanson, H. (1993). *Kusterosion i nio skånska kommuner – Skador och förslag till åtgärder*. Inst. för teknisk vattenresurslära, Lunds Universitet. Lund.

Defra/Environment Agency. (2001). *R&D Technical Report STCG024/TR*. [Internet] Tillgänglig http://environment.gov.uk/commondata/acrobat/stcg024_tr_943358.pdf [2007-07-20]

Engström, C. (red). (1996). *Nationalencyklopedin*. Höganäs: Bokförlaget Bra Böcker AB.

English Nature (2003) *Guidance for the Management of Coastal Vegetated Shingle*. [Internet] Tillgänglig http://www.english-nature.org.uk/livingwiththesea/project_details/good_practice_guide/shingleCRR/shingle_guide/Annexes/Annex01Porlock/Index.htm [2007-07-20]

Foreshore Protection. (uå). *Process Information*. [Internet] Tillgänglig <http://www.foreshore.com.au/process.htm> [2006-11-24]

Fredén, C. (temavärd), Wastenson, L. (1998). *Sveriges Nationalatlas/Berg och jord*. Stockholm: Sveriges Nationalatlas Förlag.

Göransson, C. (2006). *Erosionsskydd byggs i Ystad Sandskog*. [Internet] Tillgänglig <http://www.ystad.se/Ystadweb.nsf/AllDocuments/8055411CCCFFCF40C1256D800030163D> [2006-11-17]

Hansson, H. (uå). *Kustskydd*. Kompendie från Chalmers tekniska högskola, Göteborg.

Hansson H. & Rydell, B. & Andersson, M. (2006). *Strandfodring - skydd av kuster mot erosion och översvämningar*. Publikation Varia 562.

Holden, T. & Heddon, M. & Roberts, H. (2007). *Porlock Bay*. [Internet] Tillgänglig http://www.everythingexmoor.org.uk/P/Porlock_Bay.php [2007-07-20]

Johansson, L. (2003). SGI. *Stranderosionsskydd. Typer – Dimensionering – Modeller*. Publikation Varia 532.

Kirby, M. J. & Morgan, R. P. C. (1980). *Soil Erosion*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.

Kystdirektoratet. (uå). *Beskrivelse av kystfodring*. [Internet] Tillgänglig <http://www.kyst.dk/sw421.asp> [2007-01-08]

Lermar, P & Rydell, B. (2003). SGI. *Ansvar och regler vid stranderosion*. Publikation Varia 534.

- Länsstyrelsen i Skåne län. (2004). [Internet] Tillgänglig <http://www.m.lst.se/skane/index.cfm?page=BD42025B-F5EF-EF52-9661EAFBBC509474>. [2007-06-13]
- Massel, S. R. (1989). *Hydrodynamics of Coastal Zones*. Amsterdam: Elsevier.
- Nilsson, L. (2004). *Erosionsrapport över kusten i Ystad kommun*. Rapport från Ystad kommun.
- Odén, K & Johansson, L. (2005). SGI. *Dimensionering och modellering av erosionskydd*. Publikation Varia 558.
- Pope, J. (2003). *Coastal Engineering Manual (CEM)* [Internet] Tillgänglig <http://www.usace.army.mil/publications/eng-manuals/cecw.htm> [2006-11-10]
- Patel, E. (2007). Aftonbladet. *Havet tar deras hus*. [Internet] Tillgänglig <http://www.aftonbladet.se/vss/nyheter/story/0,2789,977236,00.html> [2007-01-17]
- Rankka, K & Hågeryd, A-C & Rankka, W & Rosqvist, H (2005). SGI. *Strandmorfologi. Studie av kuststräckan från Ystad till Sandhammaren*. Publikation Varia 554.
- Rankka, K & Rankka, W (2003) SGI. *Mekanismer vid stranderosion*. Publikation Varia 533.
- Rydell, B & Angerud, P & Hågeryd, A-C. (2006). SGI. *Omfattning av stranderosion i Sverige*. Publikation Varia 543-2.
- Sjöberg, B. (temavård), Wastenson, L. (1992). *Sveriges Nationalatlas/Hav och kust*. Höganäs: Bokförlaget Bra Böcker AB.
- SGI. (2004) *Erosionsförhållanden: Kävlinge, Landskrona, Lomma*. Publikation
- SMHI. (2003). *Ocean forecasting*. [Internet] Tillgänglig [http://smhi.siteseeker.se/?q=HYPA&t=simple&ls=2&f=0&ff=0&d=0&d1=01&d2=1&d3=1970&d4=08&d5=01&d6=2007&l=0&ll=-2&s=1&so=1&h=0&hn=10&hd=1&i=sv&kpid=822&kurl=www.smhi.se%2Fsgn0106%2Fif%2Focanografi%2Ffield_of_research1.htm&klang=2&kdtype=1&knum=1&p=frame&b=1&c=0&cc\[\]\]=126&t=s&ua=8be0b4d754eabdd90c41f29c92c161bf](http://smhi.siteseeker.se/?q=HYPA&t=simple&ls=2&f=0&ff=0&d=0&d1=01&d2=1&d3=1970&d4=08&d5=01&d6=2007&l=0&ll=-2&s=1&so=1&h=0&hn=10&hd=1&i=sv&kpid=822&kurl=www.smhi.se%2Fsgn0106%2Fif%2Focanografi%2Ffield_of_research1.htm&klang=2&kdtype=1&knum=1&p=frame&b=1&c=0&cc[]]=126&t=s&ua=8be0b4d754eabdd90c41f29c92c161bf) [2006-12-28].
- Thulica AB. (uå). *Biologiska erosionskyddsprodukter*. [Internet] Tillgänglig <http://www.thulica.com/index.htm> [2006-11-30]
- Tectomatic AB. (uå) Foreshore Protection. [Internet] Tillgänglig http://www.tecomatic.com/index.asp?page=tecowebb_03/foreshore.html [2006-11-24]
- U.S. Army. (1995) *Engineering Use of Geotextiles*. [Internet] Tillgänglig http://www.army.mil/usapa/eng/DR_pubs/dr_a/pdf/tm5_818_8.pdf [2006-11-10]

US Army Corps of Engineers. (1995). *Design of Coastal Revetments, Seawalls, and Bulkheads*. [Internet] Tillgänglig <http://www.usace.army.mil/publications/eng-manuals/cecw.htm> [2006-11-10]

US Army Corps of Engineers (1989). *Environmental Engineering for Coastal Protection*. [Internet] Tillgänglig <http://www.usace.army.mil/publications/eng-manuals/cecw.htm> [2006-11-10]

Vägverket. (1987). *Erosionsskydd i vatten vid brobyggnad*. Publikation 1987:91. [Internet] Tillgänglig www.vv.se/filer/publikationer/Utförande_erision.pdf [2006-11-16]

Wiklander, L. (1976). *Marklära*. Uppsala: LHS.

Personliga meddelanden

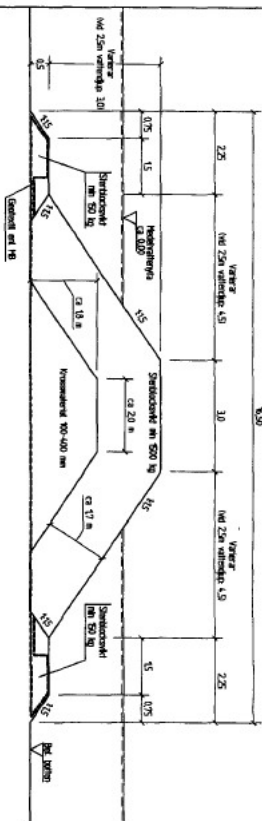
Alm, Erling. Direktör –strategiska frågor, Ystads Kommun
Persson, Jesper. LTJ-fakulteten, SLU Alnarp

Bildreferenser

Figur försättsblad	Bild tagen av Charlotta Axberg
Figur 1	Bild ritad av Charlotta Axberg
Figur 2	Bild ritad av Charlotta Axberg
Figur 3	Bild ritad av Charlotta Axberg
Figur 4	Bild ritad av Charlotta Axberg
Figur 5	Bild ritad av Charlotta Axberg
Figur 6	Bild ritad av Charlotta Axberg
Figur 7	Bild ritad av Charlotta Axberg
Figur 8	Bild ritad av Charlotta Axberg
Figur 9	Bild ritad av Charlotta Axberg
Figur 10	Bild tagen av Charlotta Axberg
Figur 11	Bild ritad av Charlotta Axberg
Figur 12	Bild tagen av Charlotta Axberg
Figur 13	Bild ritad av Charlotta Axberg
Figur 14	Hämtad ur Pope, 2003 Del V, kapitel 3, sid 55
Figur 15	Bild ritad av Charlotta Axberg
Figur 16	Bild ritad av Charlotta Axberg
Figur 17	Bild tagen av Charlotta Axberg
Figur 18	Bild ritad av Charlotta Axberg
Figur 19	Bild tagen av Charlotta Axberg
Figur 20	Bild tagen av Charlotta Axberg
Figur 21	Bild tagen av Charlotta Axberg
Figur 22	Bild tagen av Charlotta Axberg
Figur 23	Hämtad ur Nilsson, 2004
Figur 24	Bild tagen av Charlotta Axberg
Figur 25	Hämtad ur Nilsson, 2004
Figur 26	Bild tagen av Charlotta Axberg
Figur 27	Karta från 1937 av Ordnance Survey
Figur 28	Bild tagen av Charlotta Axberg
Figur 29	Bild tagen av Charlotta Axberg
Figur 30	Bild tagen av Charlotta Axberg
Figur 31	Bild tagen av Charlotta Axberg
Figur 32	Bild tagen av anonym fotograf
Figur 33	Bild ritad av Charlotta Axberg

Bilagor

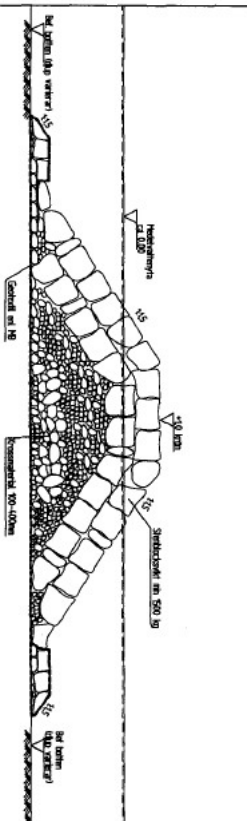
Kernansicht A-A - mittelsoll
1:100 (A3)



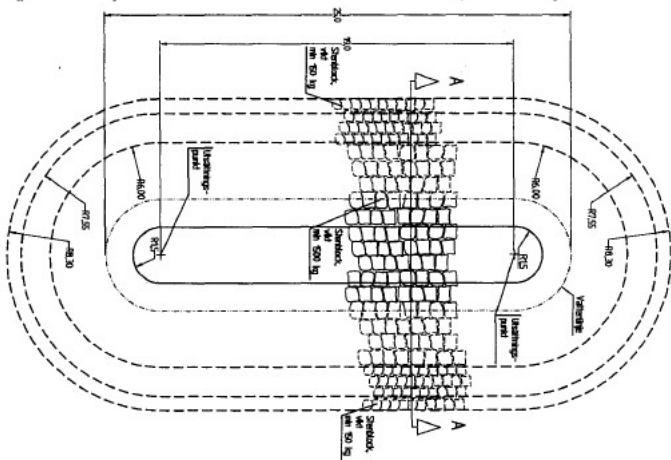
Detail - Kerndetail
1:100 (A3)



Kernansicht A-A - abgedeckte
1:100 (A3)



Plan - mittelsoll
1:200 (A3)



Einbaueingabe
 Anzahl vertiefte / innendruck: 25 m
 Anzahl vertiefte / innendruck: 0%
 Betondeckung im vertiefte Bereiche ab Fertig
 und abgedeckt

PROJEKT	1001_1008_01/VR-01
ZEICHNER	
PRÜFER	
VERLEGER	
VERZEICHNIS	
PROJEKT	
ZEICHNER	
PRÜFER	
VERLEGER	
VERZEICHNIS	
PROJEKT	
ZEICHNER	
PRÜFER	
VERLEGER	
VERZEICHNIS	
PROJEKT	
ZEICHNER	
PRÜFER	
VERLEGER	
VERZEICHNIS	