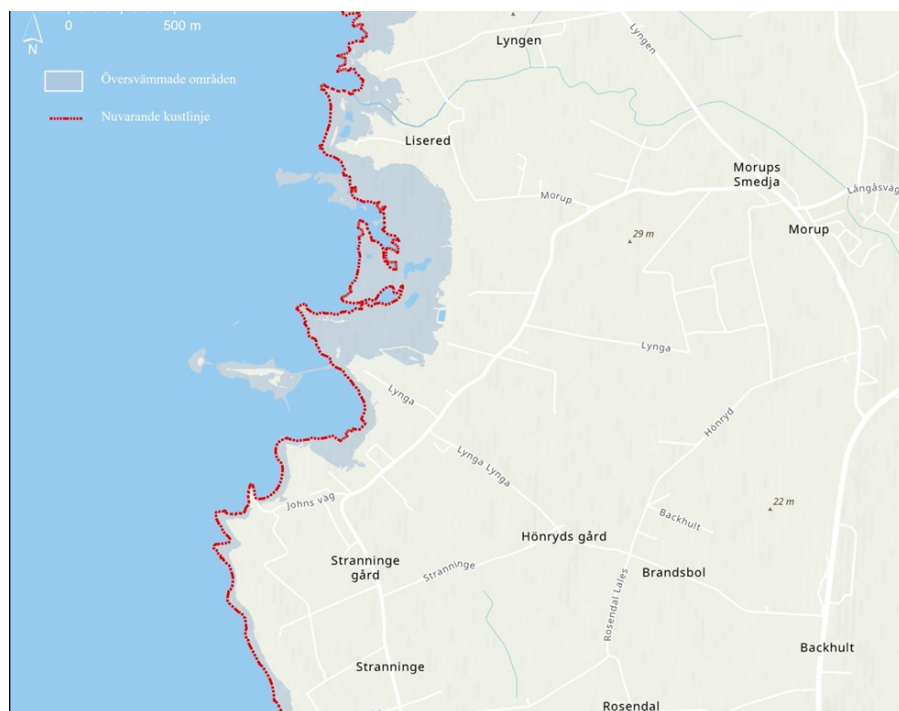


GIS-Analys av effekten vid stormflod/ havsnivåhöjning, Morupstrakten, Halland

Danny Wong

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,
kandidatarbete, nr 634
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen
Lunds universitet
2022

GIS-analys av effekten vid stormflod/havsnivåhöjning, Morupstrakten, Halland

Kandidatarbete
Danny Wong

Geologiska institutionen
Lunds universitet
2022

Innehåll

1. Introduktion	7
2. Syfte	7
3. Bakgrund	7
3.1 Klimatförändring och globaluppvärmning	7
3.2 Havsnivåförändringar	8
3.3 Prognoser kring förhöjda medelvattenstånd i framtiden	8
3.4 Stormfloder	8
3.5 Höga vattenstånd vid storm, påverkan av vindriktning och vindstyrka	8
3.6 Vågor	9
3.7 Tidigare stormfloder genom åren	9
3.8 Sediment egenskaper och sediments känslighet för erosion	10
3.9 Topografi och batymetri påverkan på erosionsförhållanden	11
3.10 Erosionsindex	11
3.11 GIS (Geografisk informationssystem)	11
4. Metod	11
4.1 Material och data	11
4.2 GIS-analyser	12
4.3 Litteratur och informationssökning	13
5. Områdesbeskrivning, geologisk bakgrund	13
6. Resultat	14
6.1 Kustlinje förändring	14
6.2 Topografi och batymetri i Morups trakten	15
6.3 GIS-analys av stormflodsscenario	15
6.4 GIS-analys av framtida stormflodsscenario	15
6.5 Stormfloder och vågrörelser	18
6.6 Erosion	18
6.7 Konsekvenser	19
7. Diskussion	19
7.1 Morupskusten jämfört med kuststräckor i Sverige	19
7.2 Erosionsåtgärder kring Morup	19
7.3 Förbyggande åtgärder mot erosionsproblem.	19
7.3 Osäkerhet i analysen	20
8. Slutsats	20
9. Tackord	21
10. Referenser	21
11. Bilagor	23

Omslagsbild: Översvämmade områden under en simulerad stormflod med en vattenståndsnivå på 147 m. Påverkade markområden är markerade med ljusblå färg. Berörda området är belägget i Morupstrakten, Halland. Kartografi: Danny Wong, 2022. Kartdata: ©Lantmäteriet, 2022.

GIS-analys av effekten vid stormflod/havsnivåhöjning, Morupstrakten, Halland

Danny Wong

Wong, D., 2022: GIS-analys av effekten vid stormflod/havsnivåhöjning, Morupstrakten, Halland. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 634, 25 sid. 15 hp.

Sammanfattning: Havsnivåhöjning och förhöjda vattenstånd som stormfloder är begrepp som kan kopplas till ökad erosionsrisk, översvänningsrisk och förändrade kuststräckor. Medelvattenståndet i haven ökar till följd av den globala uppvärmningen. Klimatförändringar leder även till att extremväder som stormar och stormfloder blir allt vanligare. I detta arbete har kustområdet kring Morupstrakten, Halland undersökts. Undersökningarna visar hur kustens utformning har förändrats över tid samt hur stormfloder hade kunnat påverka området i Morup. Undersökningen har gjorts genom en litteraturstudie för att bygga en djupare förståelse kring begrepp som stormfloder, erosionsrisk och havsnivåförändringar. ArcGIS pro som är ett Geografiskt informationssystem (GIS) har använts för simulering, analysering och visualisering av data. Bildningen av stormfloder och havsnivåstigningen påverkas beroende av det geografiska läget. I Morupstrakten, Halland kan man se att det skett en viss förändring av kuststräckan och att kust förändringen troligtvis kommer att fortsätta i framtiden. Kusten är en dynamisk miljö där förändringar sker dagligen genom erosion, sedimenttransport, regression och transgression. Simuleringar av stormfloder visar på att det finns en sårbarhet längs med kustlinjen där det förekommer översvänningsrisker. På grund av stigande medelvattenstånd kan stormfloder i framtiden få större konsekvenser med större påverkan på landmassa.

Nyckelord: Stormflod, havsnivåförändringar, Morup, Halland, GIS, erosion, klimatförändringar

Handledare: Helena Alexanderson och Martin Lund

Ämnesinriktning: Kvärtärgeologi

Danny Wong, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: Danny.Wongan@gmail.com

GIS-analysis of the impact of Storm surge and sea level change in Morup, Halland

Danny Wong

Wong, D., 2022: GIS-analysis of the impact of storm surge and sea level change in Morup, Halland. *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 634, 25 pp. 15 hp (15 ECTS credits) .

Abstract: A rise in sea level and temporarily elevated sea level changes such as in situations like storm surges, can often lead to complications like flooding, erosion, and geomorphological changes of the nearby landscape. The mean sea level is steadily increasing due to the impact of global warming. At the same time metrological event such as storms and storm surges seem to occur more frequently. In this research the coastline of Morup, Halland have been studied. The change of the coast's morphology and shape have been studied to dictate changes overtime. The impact of storm surges in the area have been analyzed to locate areas that can be affected by the storm surge. The research method is conducted through literature studies. Analyses with map data and simulations is conducted with ArcGIS pro, a program with capabilities in Geographic information system (GIS). Through the conducted research the results indicates that storm surges and sea level rises is highly dependent on the areas local geographic placement. In Morup, Halland there were indications of changes of the coastline overtime. These changes since 1960 seems to progress since the impact of sea level changes and storm surges further amplifies these processes. The coastline is a dynamic zone where environmental changes and challenges occur on daily bases. Simulations of storm surges near coastlines can give indications on the coastal vulnerability in the area. This is an important topic since storm surges in the future is expected to cause more damage on properties and infrastructures due to the increase of mean sea level.

Keywords: Storm surge, sea level change, GIS, Morup, Halland, erosion, climate change

Supervisor(s): Helena Alexanderson and Martin Lund

Subject: Quaternary Geology

Danny Wong, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: Danny.wongan@gmail.com

1. Introduktion

Havsnivåförändring och havsnivåhöjning är begrepp som vi idag hör alltmer om och är mer angelägna om i dagens samhälle. Att det sker variationer i vattenståndet längs med kusterna dagligen är inte enbart orsakat av klimatförändringar som global uppvärmning och smältande glaciärer. Klimatförändringarna står för den eustatiska förändringen men det sker också en isostatisk förändring orsakad av landhöjning. Medelvattenståndet beräknas att stiga med ca 1,5 meter fram till år 2150 (SMHI, 2020). Det kan upplevas som att konsekvenserna för havsnivåhöjningen är försumbar eller så pass liten att åtgärder inte behövs. Vad man då räknar bort är att medelvattenståndets stigning också leder till kraftigare momentana höjningar orsakade av stormrelaterade event (SMHI, 2020). Dessa tillfälligt förhöjda vattenstånd kan påverka landmassor flera hundra meter in från kusten och orsaka stora skador på bebyggelse och infrastruktur.

Med hjälp av GIS-program kan man studera var erosion och deposition har skett samt hur kustens utformning förändrats. Man kan bedöma känsligheten och utsattheten för framtida stormfloder. Vilka kustremsor är de mest känsliga? Hur påverkar strandvallar, strandslutning, sedimentegenskaper och andra egenskaper stranderosionen? Med hjälp av statistisk data kan man beräkna sannolikheten att event som stormfloder kommer att ske i framtiden (SMHI, 2010).

Varför Morup är ett område av intresse är för att det gjorts studier som tyder på att det kan finnas spår av tidigare stormfloder i området (Sassner, 2021). Vid kusten finns även ett större vattendrag som mynnar ut mot Kattegatt, vilket påverkar erosionsprocesserna vid kusten. Kan man med hjälp av tidigare spår av stormfloder dra paralleller och se om området redan vid tidigare stormfloder varit utsatt?

Havsnivåförändringar och klimatförändringar är idag en växande fråga. Detta samtidigt som markanvändningen längs med kusterna vill exploateras och bevaras av naturskyddsändamål.

2. Syfte

I denna studie har jag undersökt hur kustlinjen längs med västkusten i Morupstrakten i Halland har förändrats över tid och kan komma att förändras i framtiden. Vid högre vattenstånd påverkas olika delar av samhället och det är viktigt att kunna identifiera vilka områden är de mest utsatta. Målsättningen är att ta fram kartdata som visar vilka områden som har större sårbarhet vid havsnivåstigning/stormflod i Morupsområdet. Mina frågeställningar är:

- Hur har kustlinjen förändrats och hur kan den förändras i framtiden?
- Vilka faktorer påverkar kustens geomorfologi och utformning?
- Hur högt skulle en stormflod kunna nå och vilka områden blir då påverkade?
- Hur ser markanvändningen ut idag i dessa områden och vad för infrastruktur som riskerar att bli påverkad?

3. Bakgrund

3.1 Klimatförändring och global uppvärmning

Global uppvärmning är en följd av en ökande mängd växthusgaser i atmosfären. Den främsta anledningen till att mängden växthusgaser ökar är förbränning av fossila bränslen. Växthuseffekten, d.v.s. att värmestrålning från jorden absorberas av växthusgaser och strålas sedan tillbaka mot jorden, är nödvändigt för liv på jorden men ökningen av växthusgaser leder till att mer värmestrålning blir kvar på jorden och det är detta som brukar refereras till som global uppvärmning. Vattenånga står för 2/3 av den globala uppvärmningen men ökningen av koldioxid anses vara den drivande faktorn (Bogren et al. 2008).

Mängden koldioxid i atmosfären har ökat med 30% sedan 1950. Till största del beror detta på förbränning av fossila bränslen som kol, olja och naturgas. Ökad skogsskövling bidrar också till ökningen av koldioxid i atmosfären eftersom det påverkar kolcykeln (Al-Ghussain, 2019).

Utsläppet av metan har mer än dubblats de senaste 150 åren. Metan frisätts till atmosfären från naturgas, boskap, jordbruk och mänskligt avfall. Metan kan absorbera 10 gånger mer värmestrålning än koldioxid men dess koncentration i atmosfären är betydligt lägre och halveringstiden betydligt kortare än den för koldioxid (Al-Ghussain, 2019).

Klimatet påverkas även av naturliga faktorer som förändringar i jordens rörelsemönster kring solen och jordens lutning kring sin egen axel. De naturliga faktorerna har ett cykliskt mönster som sträcker sig över tiotusentals till hundratusentals år. Även kontinentaldrift påverkar klimatet. Milankovic-cyklerna avspeglar variationer i mängden solljus som når jorden, beroende av jordens rörelsemönster kring solen och jordens lutning kring sin egen axel. Förändringarna som tas i beaktning är excentricitet, axellutning och precession (Harvey, 2000). Excentriciteten påverkar genom att jordens bana runt solen varierar över tid. Jordens bana kan gå från att ha en mer svagt oval bana till en mer cirkulär bana. Varaktigheten för en skiftning av banmönstret är omkring 110 000 år. Vid en ovalformad banform fås en större variation av solinstrålning under året. Axellutningen som även benämns som skevhet är påverkan av jordens axellutning. Jordaxel lutning har en cykel som tar 41 000 år att fullborda. Lutningen varierar mellan 21,5° och 24,5°. Skevheten påverkar årstidsvariationerna exempelvis vid nordligare breddgrader leder en större lutning till större variationer mellan somrar och vintrar. Precession innebär att det sker en viss variation när jorden är som närmast i förhållande till solen. Denna parameter påverkar inte den totala solinstrålningen men påverkar fördelningen av energi som når jorden (Bogren et al., 2008). Totalt kan dessa faktorer påverka mängden solljus som når jordens mellanlatituder med upp till 25%. NASA har mätt solinstrålning sedan 1978, och data från deras mätningar visar att variationer i solinstrålning inte kan stå för mer än 10% av den globala uppvärmningen (Al-Ghussain, 2019).

3.2 Havsnivåförändringar

Havsnivåförändringar påverkas av den globala uppvärmningen. Med stigande temperaturer utsätts vattnet i världshaven för termisk expansion vilket innebär att vattenvolymen ökar. Expansionen är orsakad av den förhöjda medeltemperaturen som i sin tur värmer upp världshaven. Ett varmare klimat orsakar även ett tillskott av vatten i takt med att glaciärerna smälter (Bogren et al. 2008).

Havnivåstigning påverkar normalvattenståndet, men variationer i vattenståndet kan ibland få snabbare och mer abrupta variationer. Det kan exempelvis bero på tidvattensfenomen där månens dragningskraft påverkar vattenmassorna. Lufttrycket har den största påverkan där olika lufttryck kan leda till att stora mängder vattenmassa rör på sig i olika riktningar. Exempelvis kan man se stora säsongsvariationer i Östersjöområdet, när ett högtryck infaller i området tvingas vattenmassorna att röra sig ut från Öresund och vidare ut till Nordsjön. Detta leder till en sänkning i vattenståndet i Östersjön medan det sker en höjning längs med västkusten (Schöld et al., 2017).

Havsnivåstigning leder inte alltid till en transgression. Transgression eller en strandförskjutning som rör sig in mot land är en summa av den relativa havsnivån i världshaven och den landhöjning eller landsänkning som sker. I Sverige sker det en kontinuerlig landhöjning som är orsakad av jordskorpan återfjädring eller jämviktstillstånd efter inlandsisen. För 20 000 år sedan hade inlandsisen en mycket stormassa och tyngd som påverkade jordskorpan. När den sedan började smälta och avta skedde det en återfjädring av jordskorpan (Andréasson et al., 2015). Denna återfjädring sker än idag där landhöjningen är som störst i de norra delarna av Sverige, Bottenvikskusten där isen smälte bort senast. Landhöjningen är som störst 10 mm/år och som lägst i Skåne där den enbart ligger på ca 1 mm/år (Lundqvist et al., 2011).

3.3 Prognoser kring förhöjda medelvattenstånd i framtiden

I Sverige har SMHI gjort prognoser och estimeringar av hur vattenståndet kan komma att förändras i framtiden. SMHI använder data tagna från IPCC rapport ”AR6 Delrapport 1 – Den naturvetenskapliga grunden”. Man har låtit göra flera olika projektioner, där respektive projektion utgår från olika utsläppsmål och hur andra storskaliga event som inlandsisars instabilitet skulle kunna påverka projektionsbilden. Man delar in projektionerna i olika scenarion kallade SSP klasser.

SSP står för ”Shared Socioeconomic Pathways”. SSP värdet kan ses som ett index för hur samhället utvecklas och hur utvecklingen kommer att påverka framtidens klimat. Desto högre SSP värde desto större konsekvenser skulle havsnivåstigningen få. Scenariot SSP5-8,5 innebär att användningen av fossila bränslen fortsätter i den takt vi förbrukar dessa naturresurser idag. Modellen SSP5-8.5 lämpar sig därför vid undersökningar av områden som kräver stora säkerhetsmarginaler (SMHI, 2022).

Återkomsttid är ett begrepp som används för att beskriva förekomsten av extremväder. Extremväder kan innefatta olika meteorologiska fenomen som exempelvis torka, kraftig nederbörd och stormar. För att kunna analysera händelser vid extremväder samlar man in data under förekomster av extremväderförhållanden. Extremvärden kan vara mått på nederbörd, vind, vattenflöde, temperatur och vattennivå. Återkomsttider används ofta för att man ska kunna framtidssäkra projekt och kunna göra rätt dimensioner under projekteringen. Återkomsttid är en balans mellan risk och sannolikhet. 100års återkomsttid innebär att händelsen kommer att ske en gång var hundra år (SMHI, 2015).

3.4 Stormfloder

Stormfloder inträffar när starka ihållande vindar blåser med vindriktning in mot land. Vindarna som har vindriktning mot land benämns som pålandsvindar. Starka ihållande vindar uppstår ofta när passager av lågtryck sker ute till havs. Detta leder till tillfälligt förhöjda vattenstånd längs med kusterna (Johansson et al., 2017). Stormfloders nivåer definieras enligt:

$$\text{Stormflod} = \text{Havsnivå före storm} + \text{Nettohöjningen}$$

3.5 Höga vattenstånd vid storm, påverkan av vindriktning och styrka

Vindriktningen tillsammans med vindstyrkan är två faktorer som påverkar vattenstånden längs med kusterna kraftigt. Vattenstånden vid kusterna är mer känsliga gällande vindriktning eftersom det kan medföra höga vattenstånd orsakade av vindstuvning. Vindstuvning är ett begrepp som används när starka vindar tillsammans med vindriktningar in mot kusten driver vattenmassor mot land. Vattenmassorna som ansamlas bidrar till tillfälligt förhöjda vattenstånd. Vindstuvningen är kraftigast vid pålandsvind eftersom ansamling av vattenmassorna ackumuleras vid kustremsan (Johansson et al., 2017).

Tabell 1. Sammanställning över hur återkomsttidens sannolikhet att inträffa varierar med olika tidsintervall.

Återkomsttid (år)	Sannolikhet under 1 år (%)	Sannolikhet under 10 år (%)	Sannolikhet under 50 år (%)	Sannolikhet under 100 år (%)
2	75	100	100	100
10	19	65	99	100
50	4	18	64	87
100	2	10	39	63

3.6 Vågor

Vattenvågor bildas i hav och sjöar. Vågbildningen beror främst på vindar men kan också påverkas av geologiska fenomen som jordbävningar och tektoniska rörelser samt vattenströmmar. Vattenvågor orsakade av vind får olika energi. Mängden energi ökar med ihållande vindar och vindar över stora ytor. Vågor sorterar sig efter dominanta våglängder och frekvenser. Det kan dock förändras efter hur batymetrien ser ut. Batymetri påverkar våghöjden, om djupet till botten är mindre än en halv våglängd. Kurvaturen i bottenområdet kan då leda om vågorna till nya riktningar, kallad refraktionseffekt (Johansson et al., 2017).

Batymetri påverkar vågors form och var brytning av vågen sker. Vågor färdas med högre hastighet på djupare vatten. När vågorna kommer in närmare mot land kommer djupet till botten att minska. Minskningen i djup leder till att hastigheten vid ytan är högre än längs med botten. Skillnaden i hastighet orsakar att vågen bryter. Vid brytningen börjar vågen att förlora energi således vid en långgrundstrand bildas vågorna längre ut till havs och förlorar energi i form av att våghöjden minskar. Vid en mindre långgrundstrand behålls en större våghöjd och energi när den når kustlinjen (Goodfellow, 2022).

Beroende på vågornas inkommande riktning mot kustlinjen sker olika sorters sedimenttransport. Det är viktigt att förstå att sedimenttransport inte måste innebära nettoerosion. Nettoerosion sker först efter de att mer sediment transporteras bort från stranden än tillskottet av sediment. Kustvinkelrät transport sker när vågorna infaller 90° i förhållande till strandlinjen. Vid stormar och stormfloder sker erosion då stora mängder sediment transporteras från stranden ut i havet. Vid normala förhållanden sker också en viss läkning av stranden då sediment återinförs till stränderna. Förhållandet mellan stormars förekomst dikterar alltså erosionens påverkan. Kustvinkelrät transport sker under korta tidsförlopp och kustens utformning blir mer dynamisk. Kustparallelltransport sker när vågorna infaller med en snedriktad vinkel (Nyberg et al., 2021). Vågorna som bryter nära kusten ger upphov till vattenströmmar som omfördelar befintligt sediment parallellt med kusten. Omfördelningen av sediment leder till att kustlinjen kan förändras över längre tidsintervall, sediment transporteras och deponeras på nya ställen vilket leder till en förändrad kustlinje (Komar, 1998).

3.7 Tidigare stormfloder genom åren

Västkusten har under åren varit utsatt för flertal kraftigt förhöjda vattenstånd till följd av stormar. År 2015 drog stormen Gorm in över Sveriges södra delar, med vindstyrkor uppmätta till 39,5 m/s på Hallandsväderö. Stormen resulterade till kraftigt förhöjda vattenstånd som på vissa platser uppgick till 235cm över det normala vattenståndet (SMHI, 2015). Kraftiga stormar orsakar stora skador på samhället, både socioekonomiskt och materiellt. Konsekvenserna för stormar i dessa kategorier påverkar skogsbruket kraftigt eftersom vindbyarna välter träden. Det ska understrykas att stormar också kan leda till konsekvenser som översvämningar, erosionsrisker, skred och ras. Andra stor-

mar med insamlad statistik och data som kraftigt påverkat västkusten är:

- Stormen Gudrun, 2005 där stormfloder vid Göteborg uppmättes till 149 cm och 165 cm vid Ringhals (SMHI, 2011).
- Stormen Simone, 2013 med stormfloder uppmätta till 170 cm utanför Halmstad (SMHI, 2014).
- Stormen Egon, 2015 med vindbyar uppmätta till 30 m/s och vattenstånd på 160 cm (SMHI, 2016).

Stormars intensitet och vindstyrka påverkar vattenståndet men det finns ytterligare faktorer som också påverkar vattenståndet. En storm med svagare vindstyrkor kan leda till större stormfloder än vid kraftigare stormar. Stormar delas vanligtvis in i olika varningar: gul varning, orange varning och röd varning. Varningen går ut till allmänheten för att uppmärksamma konsekvenser och risker för allmänheten. Tidigare hade man ett varningssystem indelat i klasser, mellan klass 1 och klass 3. Dessa klasser baserades på förutbestämda gränsvärden (SMHI, 2021). Stormar kan också klassas genom att titta på stormens återkomsttid. Stormen Gudrun hade en återkomsttid på 50 år i delar av västkusten medan stormen Simone hade återkomsttid på ca 10 år. Trots skillnader i stormars intensitet var ökningen i vattenståndet relativt lika. Det beror på att den momentana ökningen av vattenståndet är beroende på hur vattenståndet sett ut innan stormens inträffande. Innan stormen kan vattenståndet ha varit påverkat av säsongsvariationer och tidvattenförändringar. Stormflodens dynamik påverkas till största del av stormens varaktighet. Långvariga stormar kan amplifiera och förstärka stormfloderna på så sätt att vattenmassorna inte hinner sjunka utan kan nå högre nivåer innan stigningen avtar.

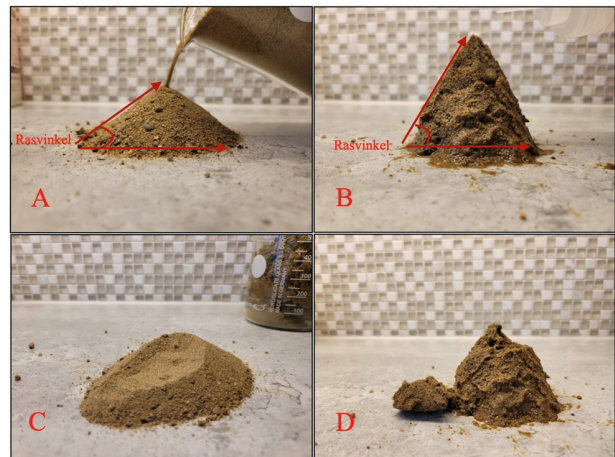
3.8 Sediment egenskaper och sediments känslighet för erosion

Geologin har en stor påverkan på erosionsförhållandena. Beroende på jordart och bergmaterial ser erosionsförhållandena väldigt olika ut. Jordarterna i ett bottenmaterial delas in i ett flertal olika kornstorlekskategorier, vilka bestäms genom siktning eller sedimentationsanalys. Nomenklaturen som används i Sverige kommer från Sveriges geotekniska förening tidigare användes en nomenklatur enligt Atterberg fram tills 1996 (SGU, 2022).

Tabell 2. Kornfraktions nomenklatur enligt Sveriges geotekniska förening.

Block	Groblock	> 2000 mm
		630–2000 mm
Sten	Grovsten	200–630 mm
	Mellansten	63–200 mm
Grus	Grovgrus	20–63 mm
	Mellangrus	6,3–20 mm
	Fingrus	2–6,3 mm
Sand	Grovsand	0,63–2 mm
	Mellansand	0,2–0,63 mm
	Finsand	63–200 µm
Silt	Grovsilt	20–63 µm
	Mellansilt	6,3–20 µm
	Finsilt	2–6,3 µm
Ler		0,63–2 µm
	Finler	< 0,63 µm

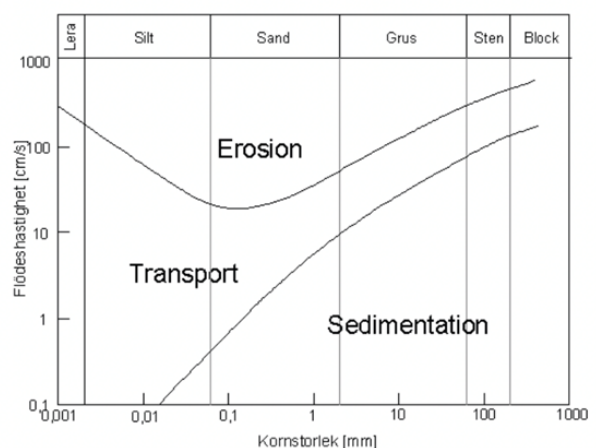
Vid arbete kring erosionsrisk är man intresserad av att ta fram egenskaperna i mineraljorden och mindre intresserad av humusjorden, eftersom de överliggande jordlagren oftast har en liten mäktighet som inte är av betydelse. Mineraljord med olika kornstorlekar påverkar direkt erosionsförhållandet. Sand och grus är icke-kohesiva material, icke-kohesiva material hålls samman av friktionskraft (Komar, 1998). Friktionskraften verkar mellan individuella korn. Friktionskraften kan demonstreras genom att man exempelvis håller sand eller grus i en hög rasvinkeln (fig 1). Enligt figur 1 kan man också se hur vattenmättnadsgraden i sedimentet kan påverka erosionsrisken och konsekvenserna vid erosion. En högre rasvinkel kan leda till att erosionen orsakar större skador eftersom större mängd sediment kan lösgöras vilket också gör att rasrisken ökar drastiskt.



Figur 1. Experiment som visar hur jordarters egenskaper förändras vid olika vattenmättnadsgrad. **A.** Torr sand där rasvinkeln är begränsad och vid påfyllnad av sand ökar inte rasvinkel utan utbredning av sedimentet sker. **B.** Vattenmättad sand med samma volym som i bild A, här kan man se att rasvinkeln kan få en betydligt större rasvinkel. **C-D.** Visar hur sedimentet reagerar vid erosion. Torr sand omförflyttas ytligt medan den vattenmättade sanden vid erosion kan släppa sammansatta större massor. Fotografi: Danny Wong.

Kohesiva material domineras främst av lera, silt och gytja. Istället för att enbart friktionskraft håller materialet samman påverkar även kohesiva krafter materialet. Kohesiva jordar hålls samman av attraktionskrafter mellan partiklarna (Rydell et al., 2012). Attraktionskrafterna som påverkar är bindningar nere på molekylär nivå men även atomernas elektronegativitet.

Jordarternas eroderbarhet minskar vid högre friktionskrafter och vid högre kohesionskrafter. Detta redovisas i figur 2 där man kan se förhållandet mellan flödeshastighet och kornstorlek. I figur 2 kan också se att de känsligaste kornstorlekarna för erosion är finsand och grovsilt.



Figur 2. Modifierat Hjulströmsdiagram, visar hur olika kornstorlekar reagerar i strömmande vatten (Rydell et al., 2012).

3.9 Topografi och batymetri påverkan på erosionsförhållanden

Topografin vid kusten påverkar vilken typ av erosion som sker. Det finns olika erosionsprocesser som har inverkan längs med kusterna. Kronisk erosion, akut erosion som visar på hastigheten på erosionen och erosionsprocesser som klint- och klippkusterosion. Kronisk erosion drabbar främst flacka sand- och grusstränder där borttransporten av sediment är större än tillförseln av sediment. Kronisk erosion är inte kopplat till stormrelaterade event utan påverkas mer av processer över längre tidsskalor.

Akut erosion påverkas av vågor och höga vattenstånd men även säsongsvariationer i vattenståndet. Erosionen som sker vid event som dessa återhämtar sig ofta över tid och förlusten av sediment behöver inte vara permanent. Det finns dock situationer där erosionsprocessen är irreversibel, exempelvis vid klint- och klippkuster där rasvinkeln är överstigen och sedimentpacken har tillräcklig stor mäktighet. Det kan då ske att större sedimentpackar kollapsar ner i havet. Denna process är då irreversibel och landförlust sker. Denna landförlust kan liknas vid effekterna som visas i figur 1. Akut erosion kommer ofta med större konsekvenser då erosionen kan leda till genombrott av sanddynor och till följd av detta översvämningar och skador på infrastruktur.

Klint- och klipperosion förekommer vid branter och klippor där slutningsvinkel är närmare 90°. Vatten och vågor underminerar brantens underdel där sediment transporteras bort. När bärcraften försvinner rasar ovanliggande sediment ner och orsakar skred och ras. Till följd av detta kan strandplanet bli bredare på grund av de nedrasade jordmassorna. Konsekvenserna blir också att markplanet rycker tillbaka och landmassa går förlorad. Detta är en oåterkallelig process (Nyberg et al., 2021).

Topografin är viktig att analysera eftersom den är avgörande för hur långt upp vattnet kan nå vid stormfloder och höjda havsnivåer. Vågor som bryter när olika högt upp beroende på hur topografin ser ut. Är landskapet flackt med en låg strandlutning och avsaknad av strandvallar när vattenståndet betydligt högre upp än vid exempelvis en brant, klippa eller klint. Konsekvenserna av erosionen blir också olika beroende på kustens utformning (Nordstrom et al., 1990).

3.10 Erosionsindex

För att kunna ta fram och identifiera områden som kan komma att påverkas av framtida stormfloder och havsnivåförändringar, har man tagit fram ett index som visar och beskriver sårbarheten kring området. Coastal Vulnerability Index (CVI) används som ett verktyg i de tidigare stadierna vid utredningar kring erosionsrisk och sårbarhetsanalyser. CVI är en sammanställning av ett flertal parametrar som benämns som delindex. Det bör nämnas att olika länder och olika undersökningar använder sig av olika delindex. Således är CVI en viktning och summering av olika delindex (Rydell et al., 2012).

Delfaktorer som används i störst utsträckning är naturliga förhållanden, påverkan och samhällsvärden.

- Naturliga förhållanden är de naturliga egenkaperna som stränderna har, som geologin, topografi och batymetri. Detta beskriver motståndskraften och känsligheten på stranden.
- Påverkan, kan beskrivas som de yttre påverkande krafterna som påskyndar och bidrar till erosion och/eller en ökad erosionsrisk. Det kan vara exponering, havsnivåhöjning, vattenhastighet, meteorologiska fenomen och vattenflöde.
- Samhällsvärden, beskriver inverkan på befintlig infrastruktur som kan påverkas till följd av erosion. Det kan vara påverkan på bebyggelse, industrier, vägar, järnvägar och kulturvärden.

Tabell 3. Sammanställning över vilka kriterier för Coastal Vulnerability Index (CVI) som beskriver ett områdes erosionsrisk och kusters sårbarhet.

Erosionsindex		
Naturliga förhållanden	Påverkan	Samhällsvärden
<ul style="list-style-type: none"> • Geologi • Topografi • Pågående erosion • Erosionsskydd • Batymetri • Markanvändning • släntlutning 	<ul style="list-style-type: none"> • Exponering • Havsnivåhöjning • Vattenhastighet • Vattenflöde 	<ul style="list-style-type: none"> • Bebyggelse • Industrier • Vägar • Järnvägar • Kulturvärden • Rekreations- och fritidsvärden

3.11 GIS (Geografisk informationssystem)

Geografisk informationsbehandling används för att analysera data, i form av funktioner som lagring, insamling, bearbetning och visualisering av data. Informationen skall vara knuten till ett geografiskt läge. Geografisk informationsbehandling används idag främst hos kommuner, myndigheter och företag där tillämpningsområdena är krisberedskap, trafik och transport, epidemiologi, stadsplanering och miljö och klimatpåverkan.

Geografisk informationsbehandling kan användas för att studera enklare data som visualisering av kartor, tabeller och grafer. Men GIS omfattar ett otroligt brett användningsområde där man kan göra mer avancerade analyser som urvalssökning, geografiska analyser, rumsliga samvariationer, lokalisering, flöden och förändringsprocesser. (Harrie, 2013).

4. Metod

4.1 Material och data

I arbetet har jag använt kartdata från Lantmäteriet och SGU. Datan innefattar ortofoton, flygfoton och digital höjdinformation. Statistikdata från SMHI har också använts för att utföra de analyser som gjorts. Data har laddats ner under perioden 23 mars 2022 till 22 maj 2022. I tabell 4 presenteras den data som använts för analyserna.

Tabell 4. Använd GIS-data för genomförandet av projektet och framtagande av kartmaterial.

Dataset	Beskrivning	Format	Användning	Källa, år
Bebyggelse	Bebyggelse och fastighetskartor	Shapefil, polygonlager	Visualisering och underlagsdata	Lantmäteriet, 2022
Höjddata	Höjddata grid+2	Tif-fil	Hillshade, slope och elevation	Lantmäteriet, 2019
Markanvändning	Markdata	Shapefil, polygonlager	Visualisering	Lantmäteriet, 2022
Kommunikation	Väg och trafik	Shapefil, linjelager	Visualisering och underlags-	Lantmäteriet, 2022
Jordartskarta	Jordarter 1:250 000	shapefil	Jordarts bestämning	SGU, 2022
Ortofoto	Flygfoto i RGB 0,25m	Rasterdata	Visualisering	Lantmäteriet, 2006-2018
Jorddjup	jorddjupsmodell	Shapefil, tif	underlagsdata	SGU, 2022
Historiska ortofoto	Ortofoto 1960 PAN	tif	Analys och underlagsdata	Lantmäteriet, 1960
Terrängkarta	Terrängkarta, topographic map	shapefil	Analys och underlagsdata	Lantmäteriet, 2022
Vattennivå	Havsnivåstigning	text	Analysdata, raster calculation	SMHI,2022

4.2 GIS-analyser

Med hjälp av ArcGIS Pro har jag analyserat, genererat och visualiserat kartor för att visa påverkan av havsnivåförändring och stormfloder. Genom att se hur förhöjda vattenstånd påverkar kusten längs Morup har sårbarheten av kustlinjen identifierats.

Flygfoton från 1960 inhämtade från Lantmäteriet har använts för att analysera hur kustlinjen har förändrats över tid. Kustlinjen från 1960 har ritats in i en modern karta, historiska kartdata har överlagrats över dagens kustlinje för att på så sätt kunna ge en mall för inritning.

För att visa hur förhöjda vattenstånd kommer påverka området kring Morups trakten har jag identifierat hur framtida förhöjningar beräknas att ske. Denna information är inhämtad från SMHIs data gällande framtida medelvattenstånd, denna information presenteras kommunvis. I analysen har värdet från Falkenbergskommun använts, den estimerade havsnivån beräknas stiga med 116 cm enligt SSP5-8.5.

Flertalet kartlager genererades för att studera områdets topografi, batymetri, jordarter och markanvändning. Gällande topografi, batymetri och landskapsformer har data som baseras på digital höjddata använts, som är inhämtad från Lantmäteriet. Hillshade-funktionen har använts för att få en tydligare tredimensionell bild av hur landskapsformerna ser ut i området. I verktyget hillshade ges det en möjlighet att använda lidar-data för att sedan kunna se mindre landformer och topografisk variation. Med hjälp av informationen kring områdets topografi, batymetri och landskapsformer har jag kunnat analysera och se hur erosion kan ske i området och vilka konsekvenser till följd av erosion kan ge. Hillshade har gett en bild

kring områdets strandvallar eftersom man kan justera vilken riktning belysningen ska infalla samt göra en överdrift för att kunna se småskaliga variationer.

Slope är ett verktyg där GIS-programmet automatiskt kan beräkna den exakta lutningen av terrängen. Skillnaden i terrängens höjd räknas ut i respektive cell i ett rasterdata för att därefter få nya värden som kan visualiseras. Slope har använts för att se hur topografins lutning ser ut. Lutningen är viktig eftersom detta kan ge en indikation för var det kan finnas skred- och rasrisker i området.

För att kunna se hur en stormflod kan komma att påverka området kring Morups kust har jag valt att simulera en stormflod. Stormflodens intensitet har jag tagit från SMHI data där värdet jag använt är det högsta observerade vattenståndet. Eftersom målplatsen saknade information kring det högsta vattenståndet har istället grannplats använts. Det högsta observerade vattenståndet är relativt årets medelvattenstånd då mätvärdet uppmätts (SMHI, 2020). Den geografiska mätpunkten som använts ligger strax utanför Varberg där det högsta observerade vattenståndet är 147 cm och uppmättes 1921-12-17 (SMHI, 2020).

Simuleringen i ArcGIS är skapad med hjälp av raster calculator där cellernas värden i rasterbilderna omklassificeras beroende på om marknivån ligger under eller över 147 cm. Simuleringen i ArcGIS är skapad genom användningen av raster calculator där cellernas värden i rasterbilderna omklassificeras. De nya cellerna får nya värden för att representera om marknivån ligger under eller över 147 meter. Ytterligare ett stormflodsscenario simulerades, här har medelvattenståndet justerats efter den estimerade havsnivåstigningen enligt SMHI:s prognoser. Medelvattenståndet som använts är 116 cm (SSP 5-8.5 år 2150). Därefter

har det högsta observerade vattenståndet återigen använts, 147 cm. Således har en nivå på 263 cm använts. Denna analys ger en syn på hur en stormflod i framtiden kan påverka området i Morup. Denna typ av analys kan visa vilka områden som ligger i riskzonen för att bli påverkade av en eventuell stormflod. Det kan visa vilka vägar och fastigheter som kan komma att bli påverkade.

För att ta reda på slänthlutningen längs med stranden har höjdprofiler ritats ut. Profilerna är framtagna med verktyget elevation profile. Höjdprofilerna presenteras i diagram tillsammans med de linjära profilerna. Profilerna visar dels slänthlutningen vid kusten, dels hur den kustnära batymetrien ser ut. Denna data har använts för att studera hur höga strandvallarna utmed kusten är eftersom dessa utgör ett naturligt erosionskydd. Jag har även använt datan för att se hur batymetrien kan påverka vågbildningen i området.

4.3 Litteratur och informationssökning

En litteratur och informationssökning har gjorts för att kunna förstå uppkomsten och orsaker som leder till att stormfloder kan ske i området och hur dessa uppträder. Hur påverkas området vid ett förhöjt vattenstånd och hur och var sker erosion. Här har jag tittat på litteratur och rapporter för att se vilka faktorer som påverkar erosionsrisk. Men även använt mig av vinddata från SMHI, och vågportalen från SGI för att kunna se hur dessa faktorer skulle kunna påvisa att det finns en stor risk för stormflodsscenario i området.

5. Områdesbeskrivning, geologisk bakgrund

I det undersökta området kring Morup är urberget bestående av granitisk gnejs. Den gnejs som påträffas i Morup är i regel mindre rödfärgad och upplevs som mer gråfärgad (Svedmark, 1893). Färgen på gnejsen påverkas av mineralsammansättningen. De mer röda gnejserna är förhållandevis mer rika på fältspat medan de gråa är mer benägna att ha en lägre koncentration av fältspater. Gnejs är en metamorf bergart där bildningsprocessen sker genom en omvandling från en ursprungsbergart, huvudsakligen magmatiska bergarter, till en ny metamorft bildad bergart. Detta sker under stora tryck och temperaturer (Marshak, 2019).

Tittar man på jordarterna som finns i området är de dominerande jordarterna postglacial sand. Jordarterna är bildade under kvartärtiden, fram och tillbaka ryckningar av inlandsisen samt den enorma tyngden mot berggrunden som frigjorde stora mängder sediment. Sedimentet har därefter sorterats och omlagrats under postglacial tid. Omlagringen har skett under och i nära anslutning till högsta kustlinjen där vågrörelser och strömmar har påverkat sedimentet. Sanden finns nära strandkantens sluttningar eftersom omlagringen skett vid vågornas bränningszon. En bit in mot land och vid mindre partier utmed kustlinjen finner man även en del svallsediment med grövre kornstorlekar som grus. Här har närvaron av vatten sköljt bort och sorterat finkornigare kornfraktioner. Man finner svallsedimentet på högre punkter inåt land eftersom det har skett och sker en postglacial transgression (Lundqvist et al., 2011).

Vid bukterna inom undersökningsområdet finner man klapper, här har erosionen av vågor och strömmar varit mer extrema och återtillförseln av sediment liten. Klapper är dominerat av kornfraktioner som sten och grovgrus. Materialet är oftast rundade till form efter slipning och nötning orsakade av vågor och strömmar (Svedmark, 1893).

6. Resultat

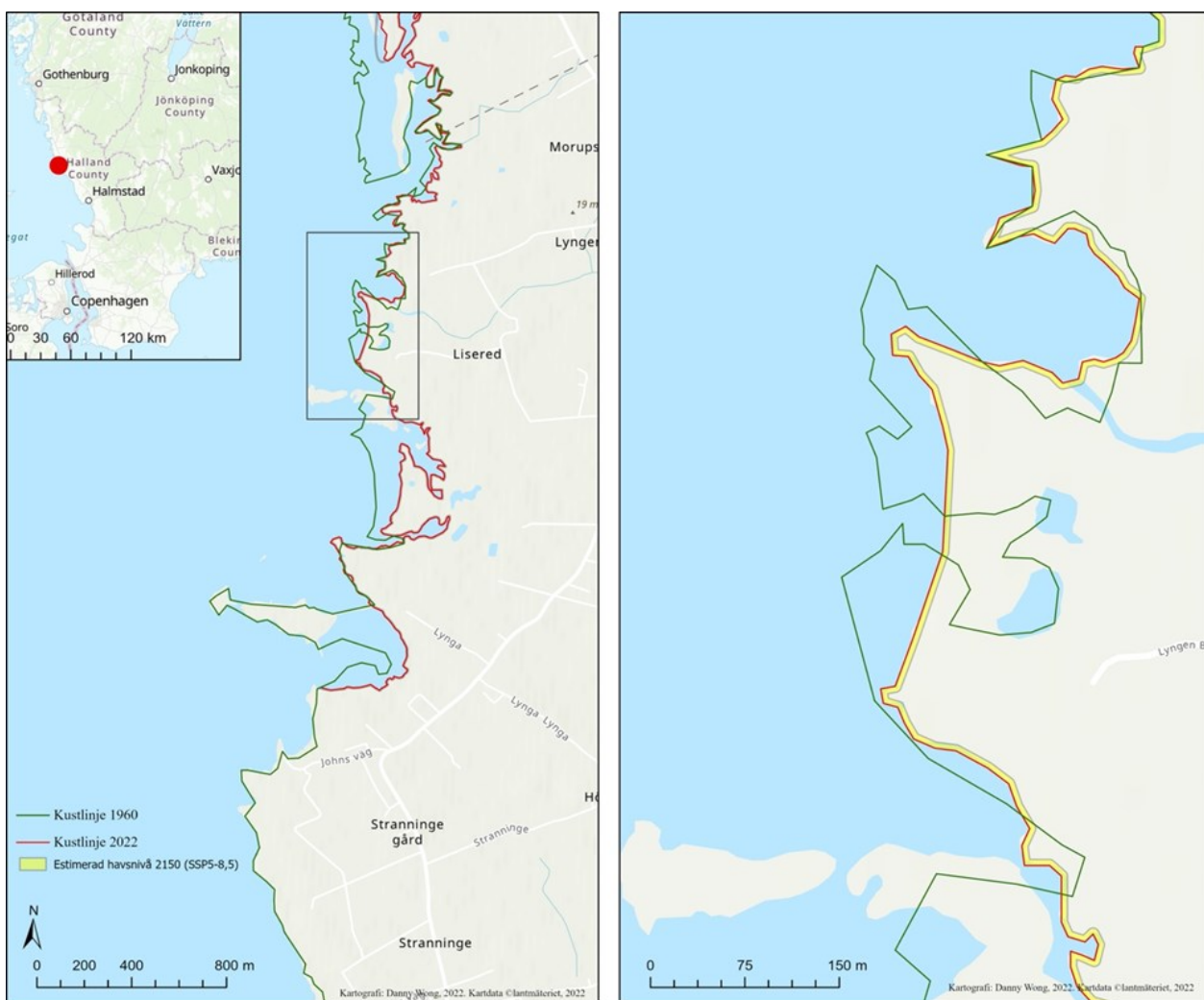
6.1 Kustlinje förändring

Figur 3 visar kustlinjens förändring över de senaste sextio åren. Man kan tydligt se en stor förändring av kustens utformning och utvecklingen till dagens kustlinje. I figur 3 visas även hur den estimerade havsnivån skulle se ut år 2150. Medelvattenståndet i Falkenbergs kommun beräknas stiga med 116 cm till år 2150 (SMHI). Beräkningarna för det höjda medelvattenståndet är framtaget enligt SSP5-8,5 det innebär att den globala uppvärmningen och klimatpåverkan fortlöper med höga utsläppsvärden.

Sedan 1960 har det skett en strandförskjutning i de norra delarna där kustlinjen varit mer komplex (Fig. 3). De norra delarna har en mer komplex kuststräcka

dels p.g.a. förekomsten av mer eroderbart material på sandstränder. Sedimenttransport gör att kuststräckan blir mer dynamisk. I de norra delarna finner man även vattendrag som mynnar ut mot Kattegatt. Vattendragen kan bidra till en tillförsel av sediment som kan förändra kustens utformning.

I den södra delen har det skett en betydligt mindre förändring av kuststräckan (Fig. 3). Den största förändringen som kan ses är att udden en knapp kilometer norr om Stranninge gård har isolerats från fastlandet och blivit en ö. Man har idag även byggt en bro för att nå denna ö. Bron kan ha påverkat sedimenttransporten till de södra delarna eftersom bron agerar som ett erosionskydd och sedimentet ansamlas vid bronns norra sida.



Figur 3. Karta över kusten vid Morup, visar hur kustlinjen har förändrats över tid från 1960 fram till nutid. Kartan visar även hur långt havsnivåstigningen beräknas att nå år 2150.

6.2 Topografi och batymetri i Morupstrakten

Området kring Morup kan beskrivas som ett flackt landskap med små höjdskillnader. Detta gör att området lämpar sig väl för odlingsmark. Idag är markanvändningen fördelad med främst åkermark med mindre samhällen och utspridda fastigheter. På kartan (bilaga.3) kan man se att det förekommer många mindre strandvallar som ligger parallellt med kustlinjen. Strandvallarna finns även längre in i landskapet, dessa kan ha avsatts tidigare under högsta kustlinjen. Utmed kusten kan man se att de första strandvallarna som vågorna kommer i kontakt med har höjdvariationer där de högsta är uppmätta till cirka 5 meter (fig.4). Strandslutningen har relativt låga vinklar med variationer mellan 1 och 8,3 grader som syns på bilaga 2. Den kustnära batymetrin visar på att stranden är en långgrund strand med små djupvariationer (fig.4).

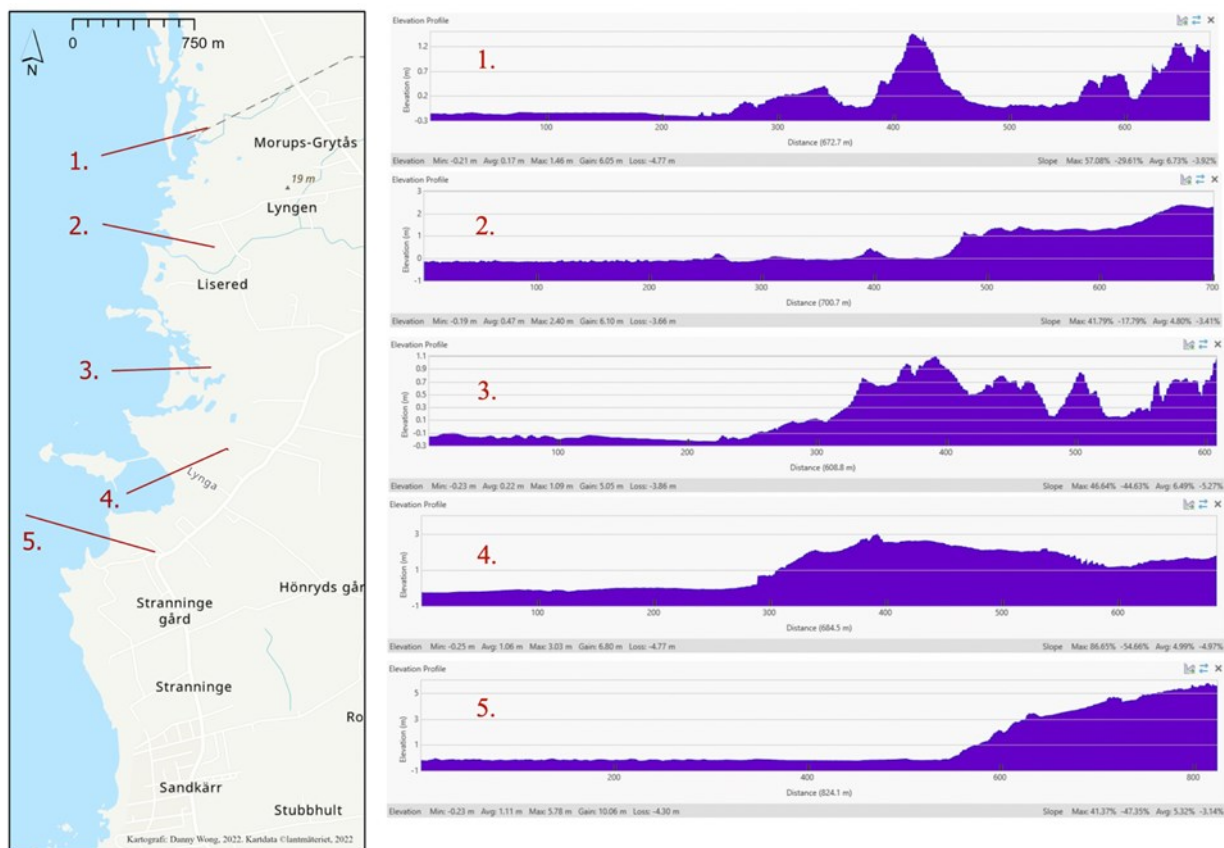
6.3 GIS-analys av stormflodsscenario

Figur 5 och 6 visar hur en stormflod skulle påverka området kring Morup. Stormfloden är simulerad efter SMHI:s högsta uppmätta vattenstånd. Vattenståndet uppmättes till 147 cm. Stigningen var uppmätt i Kattegatt utanför Varberg 1921-12-17. Simuleringen visar att vattenmassorna troligtvis kommer penetrera strand-

vallar på flertal platser (fig. 5,6). Man kan se att en del strandvallarna utmed kusten som visas i figur 4 kommer att översvämmas eftersom vattenmassorna når så pass högt upp. Vid en stormflod kommer följderna bli att stora översvämningsrisker finns i området. Enstaka tomter kommer att kunna påverkas samt en del kommunikationsstrukturer.

6.4 GIS-analys av framtida stormflodsscenario

I figur 7 har ett framtidsscenario simulerats vattenståndet har justerats efter den estimerade havsnivåstigningen (SSP 5-8.5 år 2150). Medelvattenståndet har adderats med det högsta observerade vattenståndet detta resulterade i ett vattenstånd på 263cm. Denna simulering visar hur stor påverkan ett förhöjt medelvattenstånd i framtiden skulle förändra situationen vid en stormflod. Man kan se att konsekvenserna av framtida stormflod skulle påverka området i högre grad. Här drabbas betydligt fler fastigheter och översvämningsrisken skulle orsaka större problem för vägar och infrastruktur. Man kan också tänka sig att erosionsrisken ökar eftersom nya områden blir utsatt för erosionsrisk. Det skulle också kunna finnas en ras och skredrisk vid strömdraget eftersom lutningen här ligger mellan 20 till 40 grader (bilaga 2).



Figur 4. Höjdprofiler ritade som genomskärningen i Z-led där strandprofiler tagits fram på fem ställen längs med kustlinjen.



Figur 5. Översvämmade områden under en simulerad stormflod med en vattenståndsnivå på 147 m. Påverkade markområden är markerade med ljusblå färg. Berörda området är beläget i Morupstrakten, Halland.



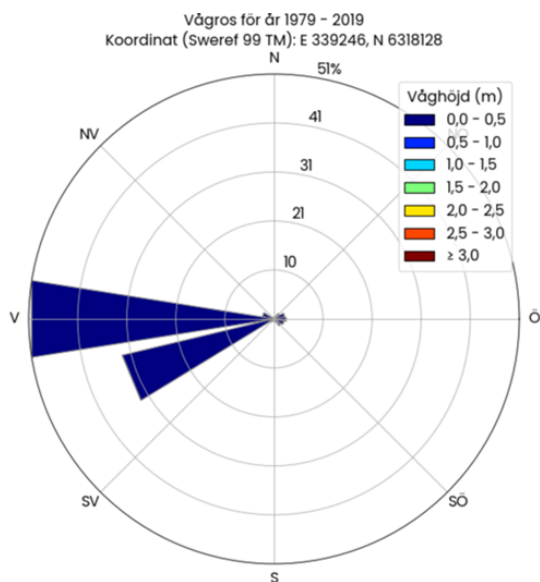
Figur 6. Ortofoto som visar översvämmade områden under en simulerad stormflod med vattenståndsnivå på 147 cm. Påverkade markområden är markerade med färgindikation. Berörda området är beläget i Morups trakten, Halland.



Figur 7. Ortofoto som visar översvämmade områden under en stormflod med ett högsta vattenstånd på 147 cm plus det estimerade framtida vattenståndet på 116 cm. Kartan är således simulerad efter ett vattenstånd på 263cm. Påverkade markområden är markerade med färgindikation. Berörda området är beläget i Morups trakten, Halland.

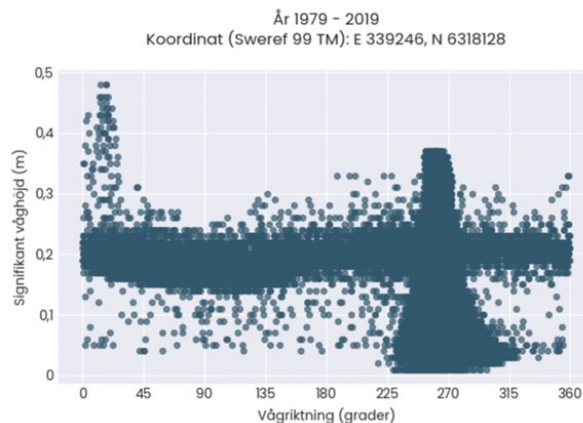
6.5 Stormfloder och vågrörelser

Kuststräckan längs med Morupstrakten kan betraktas vara ett område där förekomsten av stormfloder och höga vattenstånd är mer frekventa (Schöld et al., 2017). Vattenståndet i denna region har tendenser kring att kunna fluktuera kraftigt. Orsaken är beroende på att stora vattenmassor kan röra sig och komma in från Atlanten och Nordsjön. Vattenrörelserna stimuleras med kraftiga lågtryck och västvindar. Vågbildning orsakad av vind är vanligt förekommande. Vågorna som bildas har relativt höga våghöjder (Schöld et al., 2017). Våghöjderna är högre jämfört med exempelvis Sveriges östkust (Schöld et al., 2017). Vågorna som bildas på grund av vind har en längre sträcka på sig att bygga upp en högre energi därav högre våghöjder (Apel, 1984). Vid Morupstrakten har man en naturlig skyddsbarriär i form av Danmarks landmassa. Landmassan gör att direkt västliga vågor inte har lika lång sträcka och area för att bygga upp energi och våghöjd. Vågor som når kusten vid Morup kommer ifrån västligt till sydvästlig mellan 225 och 280 grader (Fig. 8-9).



Figur 8. Rosdiagram som visar våghöjden samt vågriktningen längs med kusten vid Morups trakten. Data efter numerisk vågmodell som beräknat vågförhållandena för perioden 1979–2019, mätpunkt:964. Våghöjden kan vara något låg eftersom mätpunkten är belägen relativt nära kusten. Liknande mätpunkter på samma breddgrad men längre ut mot havet visar på våghöjder med betydligt högre värden. (SGI vågportalen, 2022).

Längs med Hallands kust kan man se att den dominerande vindriktningen ligger mellan 220-260° vilket innebär västliga till sydvästliga vindar. Enligt SMHIs vindstationer i Varberg (latitud:57.1084, longitud:12.2741) och Glommen (latitud:56.9303, longitud:12.3579). Vindriktningen från SMHI indikerar också att Hallandskusten oftare är påverkad av pålandsvindar än frånlandsvindar (SMHI, u.å.). Denna information korrelerar med vågdata från SGI som styrker att vågriktningen ofta är från väst och sydväst (fig.8).



Figur 9. Plottat diagram som visar den signifikanta våghöjden och vågriktningen längs med kusten vid Morupstrakten. Data efter numerisk vågmodell som beräknat vågförhållandena för perioden 1979–2019, mätpunkt:964 (SGI vågportalen, 2022).

6.6 Erosion

Erosion till följd av förhöjt vattenstånd inom undersökningsområdet kommer att ske på olika platser och med varierande intensitet. Kuststräckan har olika egenskaper när det kommer till geologi, topografi och strandmorfologi. Stora delar av den kuststräcka är flacka sandstränder (fig.4) men det finns även klapperstränder där materialet har grövre kornstorlekar. Klapperstränderna drabbas mer sällan av erosion eftersom materialet inte lika har stor benägenhet för erosion som exempelvis sandstränder. Största delen av den erosion som uppstår vid sandstränderna är kopplad till borttransport av sediment. Detta kan man se eftersom det på delar av kusten har skett en avsmalning av stranden detta syns vid jämförelse mellan historiska flygfoton sen 1960 (bilaga.1) och nyare flygfoton (fig.6). Sediment transporteras bort från stränderna och dras ut mot djupare vatten, en nettoförlust av sediment uppkommer därför. Erosionen uppstår till följd av att sedimenttransporten är i obalans. Enbart en liten del av sedimentet kan komma att påverkas av erosion. Sedimenttransport kommer att ske längs med kusten. Eftersom vågorna oftast når kusten från väster och sydväst kommer det ske en kustparallell transport där sedimenten omfördelas längs kusten.

Stormvågor är något brantare och kortare vågor jämfört med normalt brytande vågor. Det flacka landskapet och den långgrunda stranden gör att det tar längre tid för en våg att bryta. Brytningen sker därför närmare in mot land och kan bibehålla högre energi. Stormvågorna kan orsaka erosion på sediment längre in mot land. Stormvågorna kan förstöra strandvallarna och därför underminera de naturliga erosionsskydden (Nordstrom et al.,1990). Det flacka landskapet gör att området saknar ett naturligt erosionsskydd. Strandvallarna som finns i området är inte mer än 5 meter (fig.4) vattenmassorna kan passera strandvallarna eftersom strandvallar inte finns längs med hela kusten. Vattenmassorna kan påverka strandvallarna och erodera dessa då sediment från strandvallarna kan deponeras på nya ställen.

6.7 Konsekvenser

Konsekvenserna vid en stormflod där vattenståndet ökar med 147cm (stigning som motsvarar det högsta uppmätta vattenståndet i Varberg) skulle påverka området kraftigt (fig.6). Enligt fastighetskartan från lantmäteriet kommer endast småvägar och en del passager att påverkas och riskera att bli översvämmade till följd av stormfloder. Framkomligheten för allmänheten kan då begränsas. Enstaka markområden kan komma att bli översvämmade och ligger i riskzonen vid en stormflod. Konsekvenserna för dessa markområden om det finns exempelvis bostadshus är att man riskerar dels materiella skador som översvämmade källarutrymmen, dels långvarigare problem som exempelvis höjda premier för försäkring av fastigheten.

Konsekvenserna med avseende på framtida havsnivåstigningar blir desto värre vid området i Morups trakten. Med ett medelvattenstånd som ökar med 116cm skulle påverkan på landytan öka från 0,85 km² till 1,5 km².

7. Diskussion

7.1 Morupskusten jämfört med kuststräckor i Sverige

Vattenståndsdynamiken för kuster varierar beroende på kustens geografiska placering. Vid detaljerade undersökningar på specifika platser sker desto större variationer i vattenståndsdynamiken. Ett område kan ha lokala förhållanden som kan påverka vattenståndsdynamiken på olika sätt. Lokalt kan det finnas skillnader i hur kuststräckan är utformad, det kan vara en rak öppen kust eller förekomst av vikar och bukter som kan ge lokala skillnader. För generella undersökningar av vattenståndsdynamik kan området i Morup ge en representativ bild hur förändringar kan ske för västkusten. För västkusten är förhållandena relativt lika gällande orsaksgrunderna kring havsnivåhöjningar och vattenståndsdynamiken. Lokala skillnader förekommer självklart. Men Morup kan inte ge en tydlig representativ bild kring vattenståndsdynamik för resten av Sveriges kuster. Majoriteten av Sveriges kuster finns på den östra sidan som angränsar mot Östersjön. Östersjön har en annorlunda vattenståndsvariation än den som finns på västkusten. På västkusten förekommer exempelvis tidvattenvariationer som ebb och flod orsakad av solens och månens gravitationskraft (Schöld et al., 2017). Östersjön påverkas också av tidvattenvariationer men effekten är liten och är försumbar (Schöld et al., 2017). Olika delar av Sverige påverkas olika mycket av landhöjning, eftersom landhöjningen är så pass olik gör att södradelarna av Sverige exempelvis Falsterbo är betydligt mer känsliga och sårbara vid höga vattenstånd än exempelvis Umeå. Vid undersökning av vattenståndsdynamiken är det därför viktigt att undersöka de lokala förutsättningarna för att kunna rättfärdiga resultatet. Morup ger således en representativ bild kring hur havsnivåstigning och storm kan komma att påverka oss i framtiden längs en mindre del av Sveriges kust. Företrädesvis kan helt annorlunda förutsättningar finnas längs med andra kuststräckor i Sverige.

7.1 Erosionsåtgärder kring Morup

Eftersom erosion till följd av stigande havsnivå och förhöjda vattenstånd anses vara små, kan därför åtgärderna också begränsas. Tittar man på Coastal Vulnerability Index (CVI) och undersöker de parametrar som används, kan man se att Morups naturliga förhållanden som geologi, pågående erosion, släntlutning och markanvändning visar på relativt låg risk för erosion. Påverkan orsakad av vattenflöde och vattenhastighet har en viss inverkan längs med kustlinjen där exponering kan anses vara begränsad. Samhällsvärden som skulle kunna påverkas samt ligga i riskzonen är väldigt liten där konsekvenserna och sårbarheten är låg. Till följd av detta kan det vara en rekommendation att åtgärder inte behöver göras då konsekvenserna inte anses motivera den ekonomiska kostnaden.

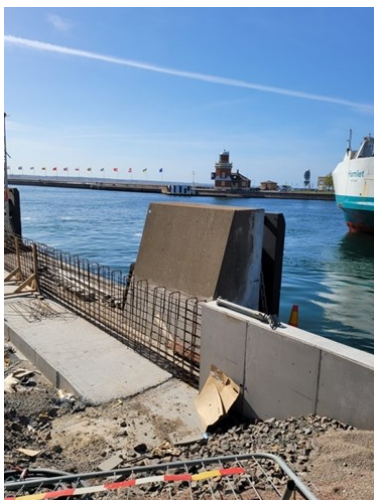
En stor del av sedimentet längs Morupskusten påverkas av sedimenttransport. Att sedimenttransport sker i området längs med Morup kan observeras genom att titta på kustlinjeförändringen (fig.3) i området. Förändringen tyder på att sediment har transporterats och deponerats på nya ställen längs med kusten. Man kan även se hur de långgrunda stränderna har förändrats över tid genom jämförelsen mellan historiska flygfoton från 1960 (bilaga.1) nyare ortofoton (fig.6). Förändringarna över tid kan tolkas som att det skett en signifikant sedimenttransport i området. Sedimenttransporten kan orsaka att sandstränder utmed kusten delvis kan försvinna eller bli förminskade genom att sediment transporterats och deponeras till andra delar längs med kusten. Eftersom stränderna är platser som lockas av badsugna lokalbor och turister vill man ofta behålla sandstränderna. Som åtgärd i stället för att bygga dyra erosionskydd för att hålla sedimentet på plats skulle man kunna återintroducera sediment dit det behövs även kallat "beach nourishment". Sand tas då från andra källor alternativt från andra stränder för att återinföra det mekaniskt (Munoz-Perez & Moreno, 2021).

7.3 Förebyggande åtgärder mot erosionsproblem

Helsingborgs kommun bedriver idag ett stort expansionsprojekt där man upprättar nya bostäder och infrastruktur längs med kusten i Öresund kallat Oceanhamnen. Satsningen av Helsingborgs kommun har gått så långt att man även ska fylla ut havet och upprätta en konstgjord ö för att sedan exploatera ön (Helsingborgsstad, 2018). Öresund är tillskillnad från Kattegatt mindre benäget att drabbas av stormfloder på grund av de geografiskt skyddade placeringen. Men Öresund i sig är ett komplext område där hastiga fluktueringar i vattenstånd kan ske (Schöld et al., 2017). Vattenståndet i Öresund påverkas av vindriktningen, i norra passagen påverkar västvindar som pressar Kattegatts vatten söderut och vid södra passagen pressar Östersjöns vatten. Den trånga passagen gör att vattenståndet snabbt kan förändras orsakad av koncentration av vattenvolymen (Schöld et al., 2017).

Idag ligger marken cirka 2,5 meter över havet. För att skydda sig mot havsnivåstigningar har man ett progressivt arbete med att bygga ut skyddsvallar. Skyddsvallarna ska på sina platser förstärkas och byggas på

med upptill 80 cm (fig.10) (Helsingborgsstad, 2011). I detta scenario är det rimligt att göra en satsning på att förstärka erosionsskydden eftersom samhällsvärdena samt konsekvenserna motiverar för en åtgärd (Helsingborgsstad, 2011).



Figur 10. Förstärkning och förhöjning av den nuvarande erosionsskyddet vid Oceanhamnen, Helsingborg, erosionsskyddet gjuts på plats bestående av armerad betong.



Figur 11. Nya kajpromenaden tar form i Oceanhamnen, Helsingborg. Fastigheterna ligger så nära som 10 meter till kajkanten.

7.3 Osäkerhet i analysen

Avgränsningen av arbetet var att visa och simulera hur en stormflod kan påverka området vid Morup. Eftersom det använda värdet vid simuleringen är tagen efter det högsta uppmätta vattenståndet försvinner en del parametrar som egentligen hade kunnat vara aktuella att använda sig av. Man hade behövt data från målplatsen som exempelvis randvillkor, temperaturvariationer och detaljerad jordartskartering. För studier kring erosionsrisk hade geofysiska undersökningsme-

toder varit aktuella för bestämning av jorddjup och mäktighet. Genom att i stället använda sig av extremvärdesanalyser och beräkningar för att få fram en 100års återkomsttid för stormflod är ett exempel. För att få fram lämpligt och aktuellt värde krävs en mer djupgående undersökning. En numerisk strömningsmodell hade kunnat användas, strömningsmodellen tar hänsyn till parametrar som vindriktning, vindhastighet, randvillkor, djup i geografin och en undersökning och validering av målplatsen. Ibland används också data som salthalt i vattnet, lufttryck och temperaturvariationer. Med hjälp av informationen kan man simulera vattenrörelser och vattenstånd på mer lokala platser. Saknar målplatsen tillräcklig data använder man omkringliggande grannplatser och extrapolerar datan för att få fram säkrare resultat. Återkomstvärdet för förhöjda vattenståndsnivåer vid Falkenberg är beräknat till 165cm med en återkomsttid på 100 år. Falkenberg ligger ungefär 10 km ifrån det undersökta området. Differensen mellan det använda värdet 147 cm (högsta uppmätta vattenståndet i Varberg) och återkomstvärdet vid Falkenberg uppgår till 18 cm (Johansson et al., 2017). Det innebär att det finns en differens som slår på 12,25%, detta kan anses vara godtyckligt eftersom tidsintervallet är så långt som 100 år.

Stormfloder som tas upp i undersökningen är inte den enda faktorn när det kommer till erosion och förhöjda vattenstånd. Erosion orsakad av vattendrag och mynningar påverkar också till stor del erosion och kustlinjeförändringar. Inom erosion hos vattendrag finns det ett eget erosionsindex. Där har stor betydelse vid kraftig nederbörd och omkringliggande marks permeabilitet. Detta är faktorer som påverkar vattenflödet i vattendrag kraftigt. Den mänskliga påverkan gällande hårdgjorda material som stenläggning och asfaltering ökar erosionsrisken kraftigt. Detta kan leda till att större sedimenttransport ut med exempelvis kusterna där tillförseln av sediment kan förändra strandmorfologin.

Datakvaliteten som tillhandahållits och använts håller goda standarder. Data tagen från Lantmäteriet håller hög reliabilitet tack vare att man följer standarder från OGC (opengeospatial) data. OGC använder sig av ISO standarder som ISO 19157 och ISO 19115. (OGC, 2022).

ISO 19115 är ett bevis på att begrepp, innehåll och tillgänglighet i metadatan håller höga kvalitetsegenskaper. ISO 19157 är den särskilt viktigaste standarden som visar riktlinjer och kvalitetsmål för inrapportering av geografiska data samt för att säkerställa kvalitativa inrapporteringar (Harrie, 2013).

8. Slutsats

Kustlinjen vid Morups trakten har sedan 1960 förändrats genom en transgression. Strandlinjen har på många platser dragit sig tillbaka där landmassor försvinner till havet. Enligt framtidsscenario från SMHI ser det ut som transgressionen kommer att fortsätta. Detta till följd av att den eustatiska påverkan inte avtar utan tilltar. Global uppvärmningen är den bidragande faktorn till att eustatiska påverkan inte avtar. Att havsnivån stiger kan bidra till att stormfloder kan ha en större påverkan gällande erosion och översvämningar. Vid en stormflod som påverkar vattenståndet

och når 147 cm hade området kring Morup påverkats drastiskt, hela 0,85 km² landyta hade påverkats. Om medelvattenståndet hade varit 116 cm som SMHI estimerar nå år 2150 hade 1,5 km² påverkats. Detta visar på att stormfloder i framtiden kommer få större konsekvenser i form av ökad erosion, översvämningsrisk och även bidra till förändringar i kustens utformning. Kustens utformning kan komma att förändras med ökad sedimenttransport och erosion av dagens landsformer.

Närhet till vatten och hav har alltid varit en av människans prioriteringar vare sig gällande närhet till fiske och föda, bördiga marker, vattentillgång eller för en ökad livskvalitet och livsnjutning. Till detta följer även många utmaningar, inte minst den stora utmaningen kring frågan om förhöjda havsnivåer. Rådande klimatfrågan om globaluppvärmning som påverkar vattenståndet samtidigt som stormar och extremväder blir allt vanligare. Konsekvenserna vid situationer som stormfloder bör beaktas och förebyggande åtgärder behöver tas i akt. För att kunna sätta in de nödvändiga åtgärderna krävs att man ska ha en tydlig bild över konsekvenser som kan uppstå kopplat till stormfloder. Man behöver förstå hur erosion sker, varför den sker, var den kommer att ske samt hur detta kommer att påverka ett område. Först då kan man ta välgrundade beslut för att skydda dagens samhälle och de intresseområden vi har. GIS är de verktyg som kan hjälpa oss att ta fram relevanta data för just kunna ta dessa beslut.

GIS-analyser med avseende till att analysera kustlinjeförändringar, erosions förhållanden och simuleringar av stormfloder möjliggör alltså förutsättningar till att se brister och risker som kan uppstå i framtiden. GIS är även ett bra verktyg för att förmedla och utrycka information på ett effektivt sätt. På ett sätt som tillåter alla människor att kunna ta del av den information som är relevant men även mer djupgående forskningsmaterial som görs inom området. Tack vare tydliga, lättolkade och illustrativa kartor och figurer.

9. Tackord

Jag vill rikta ett stort tack till mina handledare Helena Alexanderson och Martin Lund för den inspiration, vägledning, engagemang och tid ni lagt på detta arbete och på mig. Er kunskap inom området har varit ovärderlig för mig under arbetet med den här rapporten.

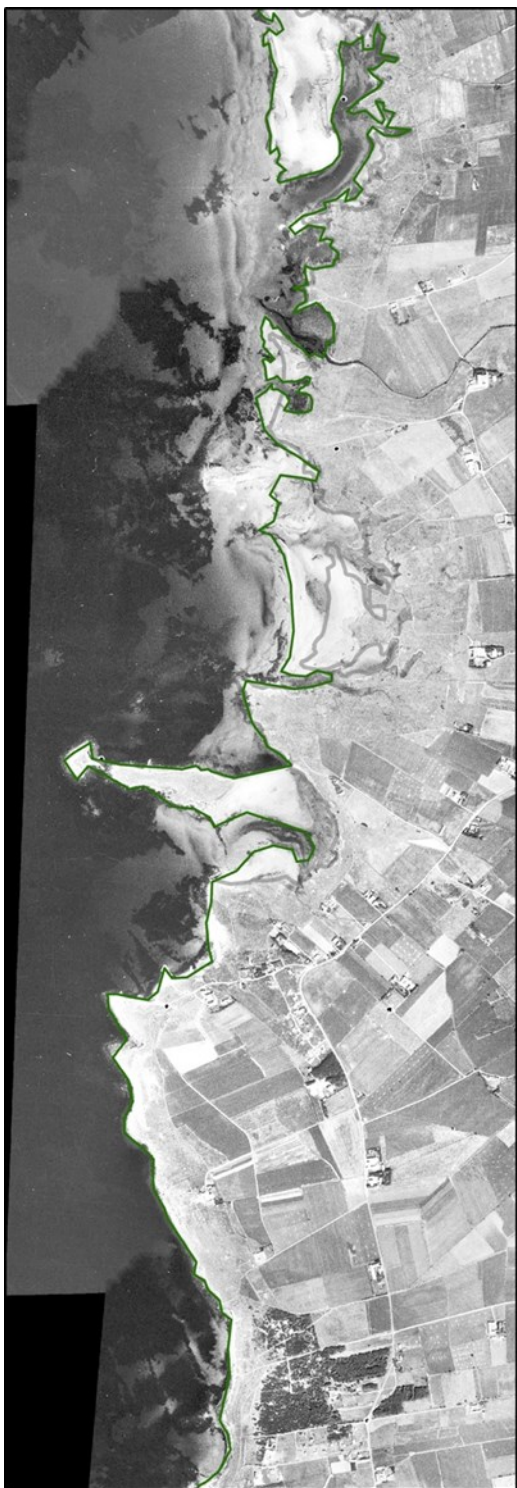
10. Referenser

- Al, G. L. (2019). Global warming: review on driving forces and mitigation. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 38(1), 13–21. <https://doi.org/10.1002/ep.13041>
- Andréasson, P.-G. (2015). *Geobiosfären: en introduktion* (2., uppdaterad och utök. Uppl.). Studentlitteratur.
- Apel, J. R. (1987). *Principles of ocean physics*. Academic Press.
- Bogren, J., Gustavsson, T., & Loman, G. (2008). *Klimat och väder (första upplagan)*. Studentlitteratur.

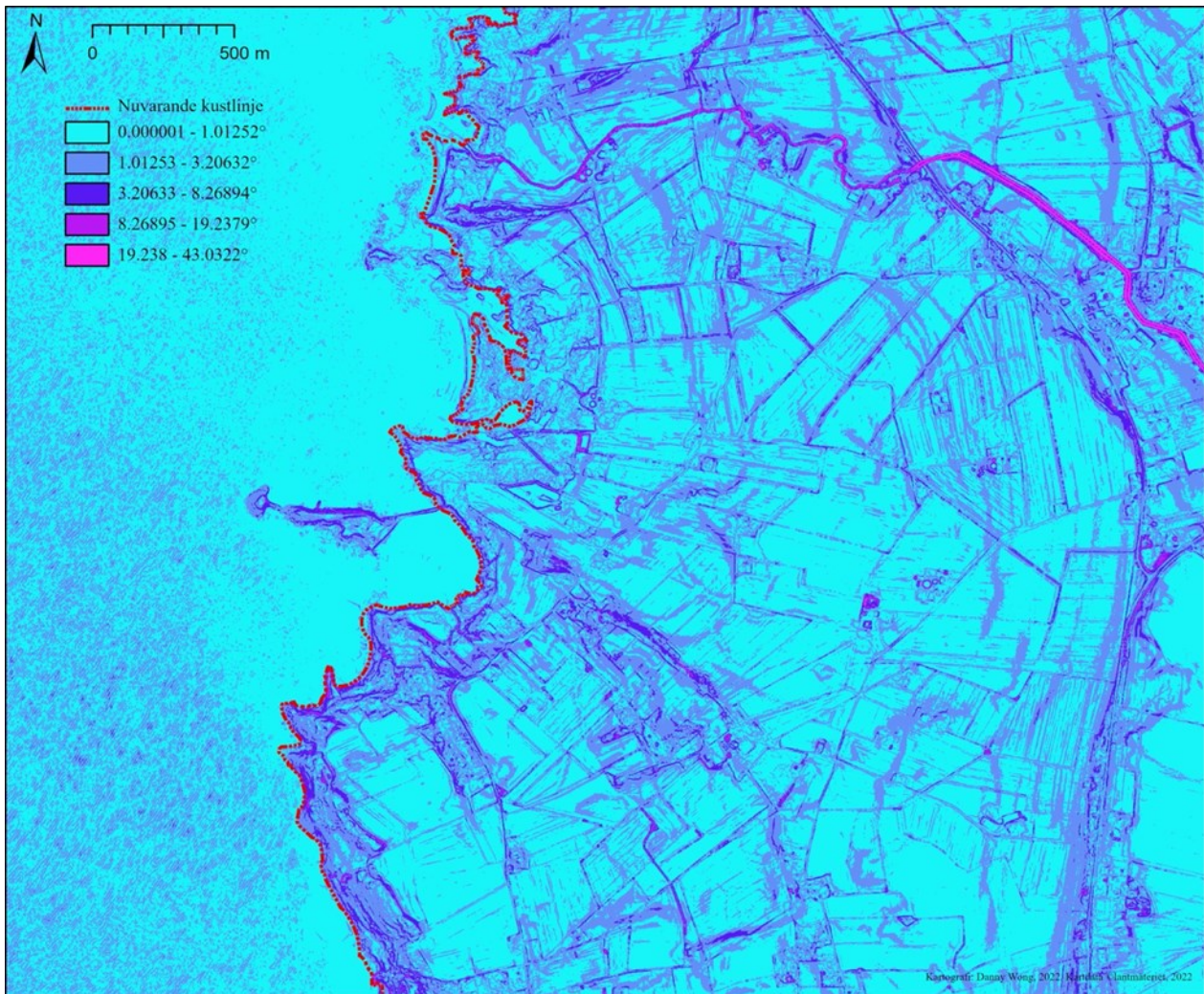
- Harrie, L. (2013). *Geografisk informationsbehandling: teori, metoder och tillämpningar* (6., [rev.] uppl.). Studentlitteratur.
- Harvey, L. D. D. (2000). *Global warming : the hard science*. Longman.
- Helsingborgsstad. (2018, 5 oktober). Detaljplan för del av fastigheten Gamla staden 1:1 och Söder 1:100, Oslopiren och ön, Oceanhamnen. https://download.icatserver.com/ark/yoda/external/helsingborg/icatserver4b21e7998f9d653826aeb45dca67939c405aff4514597aea8a18c93527fba604c77742c97b9dc28e18c6b743dd1f0b7bc83abc6c7338f5e6e4d841b67593e664_pr_planuppdrago slopirenochnetapp4-170007.pdf
- Helsingborgsstad. (2011). *Antagandehandling, MKB för betydande miljöpåverkan. Stadsbyggnadsförvaltningen, Helsingborg*. https://helsingborg.se/wp-content/uploads/2014/12/fop_hplus_antagandehandling_del4_mkb_sbf.pdf
- Johansson, L., Gyllenram, W., & Nerheim, S. (2017). Lokala effekter på extrema havsvattenstånd. (oceanografi nr 125). SMHI. <https://smhi.diva-portal.org/smash/get/diva2:1184663/FULLTEXT01.pdf>
- Komar, P. D. (1998). *Beach processes and sedimentation* (2. ed.). Prentice-Hall.
- Lindström, M., Lundqvist, J., Lundqvist, T., Sivhed, U., & Calner, M. (2011). *Sveriges geologi från urtid till nutid* (3. [rev.] uppl.). Studentlitteratur.
- Lundgren Sassner, L. (2021). *A Method for evaluating and Mapping terrestrial Depositions and Preservation Potential-for Paleostorm Surge traces. Remote Mapping of the coast of Scania, Blekinge and Halland, In southern Sweden, with a Field Study at Dalköpinge Ångar, Trelleborg*. Dissertations in Geology at Lund University, Masters thesis, no 616.
- Marshak, S. (2019). *Earth : portrait of a planet* (Sixth edition). W. W. Norton & Company.
- Munoz-Perez, J & Moreno, L. (2021). *Beach Nourishment: A 21st Century Review*. [Elektronisk resurs]. MDPI AG.
- Nordstrom, K. F. (1990) *Coastal dunes : form and process*. Wiley.
- Nyberg, J., Goodfellow, B., & Ising, J. (2021, februari). *Fysiska och dynamiska förhållanden längs Skånes kust – underlag för klimatanpassningsåtgärder*. (Diare-nr: 31–542). Sveriges Geologiska Undersökning. <https://resource.sgu.se/dokument/publikation/sgurapport/sgurapport202102rapport/s2102-rapport.pdf>
- Rydell, B., Blied, L., Hedfors, J., Hågeryd, A., & Turesson, S. (2012). *Metodik för översiktlig kartering av risker för stranderosion*. (Varia 641). Statens Geotekniska Institut. <https://www.sgi.se/globalassets/publikationer/varia/pdf/sgi-v641.pdf>
- Schöld, S., Hellström, S., Ivarsson, C., Kålberg, P., Lindow, H., Nerheim, S., Schimanke, S., Södling, J., & Wern, L. (2017). *Vattenståndsdynamik längs Sveriges kust*. (Oceanografi nr 123). SMHI. <http://smhi.diva-portal.org/smash/get/diva2:1184660/FULLTEXT01.pdf>

- Schöld, S., Ivarsson, C., Nerheim, S., & Södling, J. (2017). Beräkning av högsta vattenstånd längs Sveriges kust. (Klimatologi nr 45). SMHI. <http://smhi.diva-portal.org/smash/get/diva2:1184365/FULLTEXT01.pdf>
- SMHI. (2020, 30 november). Framtida medelvattenstånd. Hämtad den 3 maj 2022 från <https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/framtida-medelvattenstand-1.165493>
- SMHI. (2010, 9 december). Återkomsttider för extremt väder. Hämtad den 3 maj 2022 från <https://www.smhi.se/professionella-tjanster/professionella-tjanster/statistik-och-data/aterkomsttider-for-extremt-vader-1.14134>
- SMHI. (2022, 27 januari). SSP-scenarier. Hämtad den 3 maj 2022 från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatmodeller-och-scenarier/ssp-scenarier-1.178949>
- SMHI. (2015, 1 juni). Återkomsttider. Hämtad den 3 maj 2022 från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/extremer/aterkomsttider-1.89085>
- SMHI. (2015, 30 november). Freja, Gorm och Helga nov-dec 2015. Hämtad den 3 maj 2022 från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/freja-gorm-och-helga-nov-dec-2015-1.104502>
- SMHI. (2011, 13 oktober). Gudrun-januaristormen 2005. Hämtad den 3 maj 2022 från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/stormar-i-sverige/enskilda-stormar-och-ovader/gudrun-januaristormen-2005-1.5300>
- SMHI. (2014, 3 juli). Simone, Hilde, Sven och Ivar okt-dec 2013. Hämtad den 3 maj 2022 från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/stormar-i-sverige/enskilda-stormar-och-ovader/simone-hilde-sven-och-ivar-okt-dec-2013-1.76183>
- SMHI. (2016, 20 maj). Egon och Ole januari-februari 2015. Hämtad den 3 maj 2022 från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/stormar-i-sverige/enskilda-stormar-och-ovader/egon-och-ole-januari-februari-2015-1.104484>
- SMHI. (2021, 26 oktober). SMHIs vädervarningar. Hämtad den 3 maj 2022 från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/varningar-och-meddelanden/smhis-vadervarningar-1.167835>
- SMHI. (u.å.) Ladda ned observationsdata för vind Hämtad den 3 maj 2022 från <https://www.smhi.se/data/meteorologi/vind>
- Svedmark, E. (1893) Beskrifning till kartbladet Varberg. Sveriges Geologiska Undersökning. Kungl. Boktryckeriet. P. A. Nordstedt & Söner. <https://resource.sgu.se/dokument/publikation/ab/ab13beskrivning/ab13-beskrivning.pdf>
- Sveriges Geologiska Undersökning. (Goodfellow, B.). (2022, 31 januari). Beach morphodynamics. <https://www.youtube.com/watch?v=ZCtxKZ4WRS8>
- Sveriges Geologiska Undersökning (2022, 30 mars) Jordartsanalyser. Hämtad den 3 maj 2022 från <https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/oppna-data/jordarter-oppna-data/jordartsanalyser/>

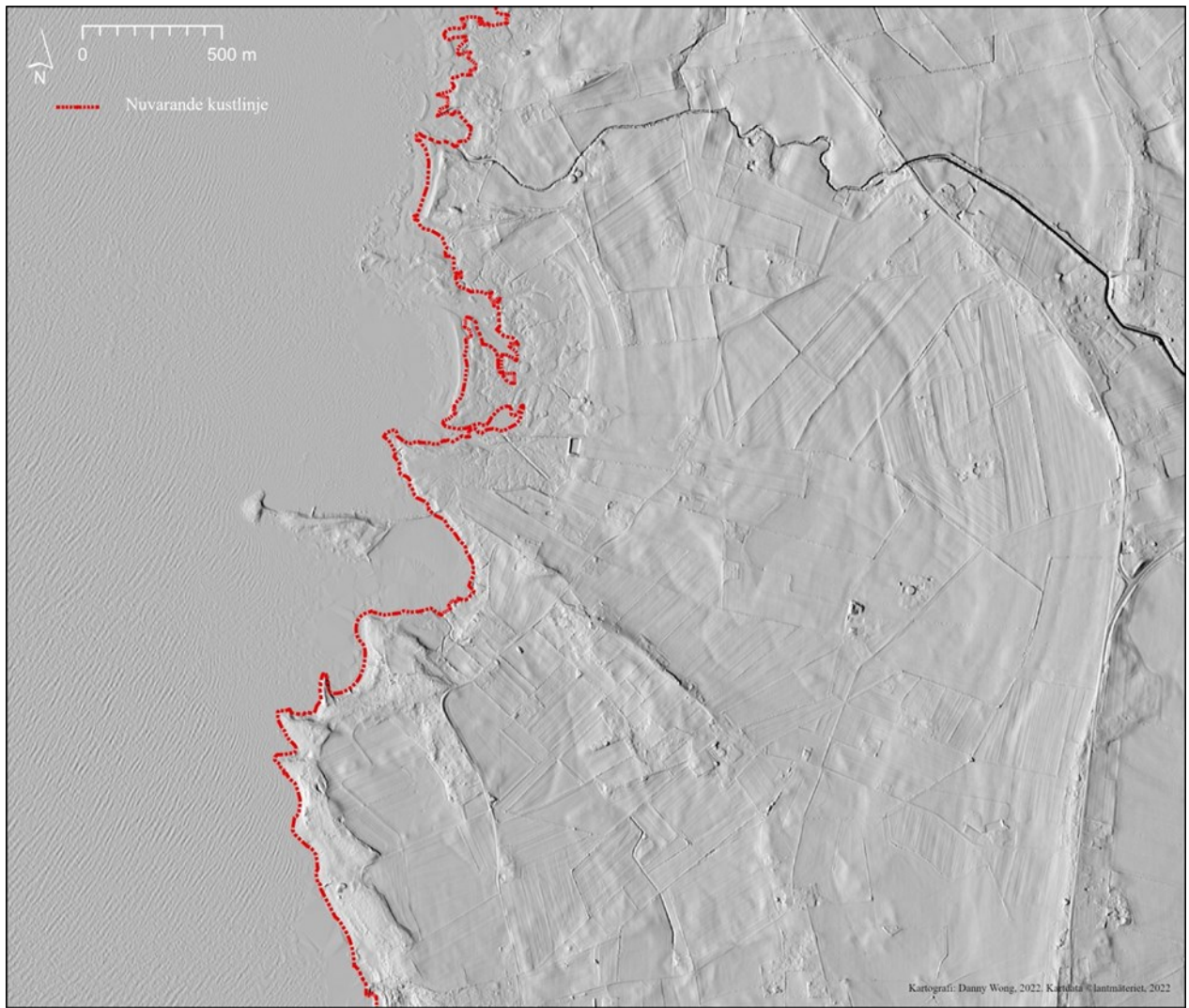
11. Bilagor



Bilaga 1. Underlagsinformation över hur kustlinjen från 1960 är framtagen. Kustlinjen inritad efter historiska flygbilder från 1960. Tolkningen är gjord efter egen bedömning och viss osäkerhet och marginal förekommer.



Bilaga 2. Karta framtagen med hjälp av verktyget Slope i ArcGIS pro. Kartan visar hur brant det är vid förekomsten av höjdvariationer. det finns i området, skalan är uttryckt i grader för att visa lutningen.



Bilaga 3. Hillshade karta över undersökningsområdet. Azimuth: 270 grader, altitude: 45 grader och överdrift: 3.

**Tidigare skrifter i serien
”Examensarbeten i Geologi vid Lunds
universitet”:**

580. Plan, Anders, 2020: Resolving temporal links between the Högberget granite and the Wigström tungsten skarn deposit in Bergslagen (Sweden) using trace elements and U-Pb LA-ICPMS on complex zircons. (45 hp)
581. Pilser, Hannes, 2020: A geophysical survey in the Chocaya Basin in the central Valley of Cochabamba, Bolivia, using ERT and TEM. (45 hp)
582. Leopardi, Dino, 2020: Temporal and genetic constraints of the Cu-Co Vena-Dampetorp deposit, Bergslagen, Sweden. (45 hp)
583. Lagerstam Lorien, Clarence, 2020: Neck mobility versus mode of locomotion – in what way did neck length affect swimming performance among Mesozoic plesiosaurs (Reptilia, Sauropterygia)? (45 hp)
584. Davies, James, 2020: Geochronology of gneisses adjacent to the Mylonite Zone in southwestern Sweden: evidence of a tectonic window? (45 hp)
585. Foyn, Alex, 2020: Foreland evolution of Blåisen, Norway, over the course of an ablation season. (45 hp)
586. van Wees, Roos, 2020: Combining luminescence dating and sedimentary analysis to derive the landscape dynamics of the Velická Valley in the High Tatra Mountains, Slovakia. (45 hp)
587. Rettig, Lukas, 2020: Implications of a rapidly thinning ice-margin for annual moraine formation at Gornergletscher, Switzerland. (45 hp)
588. Bejarano Arias, Ingrid, 2020: Determination of depositional environment and luminescence dating of Pleistocene deposits in the Biely Váh valley, southern foothills of the Tatra Mountains, Slovakia. (45 hp)
589. Olla, Daniel, 2020: Petrografisk beskrivning av Prekambriska ortognejer i den undre delen av Särnskollan, mellersta delen av Skollenheten, Kaledonska orogener. (15 hp)
590. Friberg, Nils, 2020: Är den sydatlantiska magnetiska anomalin ett återkommande fenomen? (15 hp)
591. Brakebusch, Linus, 2020: Klimat och väder i Nordatlanten-regionen under det senaste årtusendet. (15 hp)
592. Boestam, Max, 2020: Stränder med erosion och ackumulering längs kuststräckan Trelleborg - Abbeås under perioden 2007-2018. (15 hp)
593. Agudelo Motta, Laura Catalina, 2020: Methods for rockfall risk assessment and estimation of runout zones: A case study in Gothenburg, SW Sweden. (45 hp)
594. Johansson, Jonna, 2020: Potentiella nedslagskratrar i Sverige med fokus på Östersjön och östkusten. (15 hp)
595. Haag, Vendela, 2020: Studying magmatic systems through chemical analyses on clinopyroxene - a look into the history of the Teno ankaramites, Tenerife. (45 hp)
596. Kryffin, Isidora, 2020: Kan benceller bevaras över miljontals år? (15 hp)
597. Halvarsson, Ellinor, 2020: Sökande efter nedslagskratrar i Sverige, med fokus på avtryck i berggrunden. (15 hp)
598. Jirdén, Elin, 2020: Kustprocesser i Arktis – med en fallstudie på Prins Karls Forland, Svalbard. (15 hp)
599. Chonewicz, Julia, 2020: The Eemian Baltic Sea hydrography and paleoenvironment based on foraminiferal geochemistry. (45 hp)
600. Paradeisis-Stathis, Savvas, 2020: Holocene lake-level changes in the Siljan Lake District – Towards validation of von Post’s drainage scenario. (45 hp)
601. Johansson, Adam, 2020: Groundwater flow modelling to address hydrogeological response of a contaminated site to remediation measures at Hjortsberga, southern Sweden. (15 hp)
602. Barrett, Aodhan, 2020: Major and trace element geochemical analysis of norites in the Hakefjorden Complex to constrain magma source and magma plumbing systems. (45 hp)
603. Lundqvist, Jennie, 2020: ”Man fyller det med information helt enkelt”: en fenomenografisk studie om studenters upplevelse av geologisk tid. (45 hp)
604. Zachén, Gabriel, 2020: Classification of four mesosiderites and implications for their formation. (45 hp)
605. Viðarsdóttir, Halla Margrét, 2020: Assessing the biodiversity crisis within the Triassic-Jurassic boundary interval using redox sensitive trace metals and stable carbon isotope geochemistry. (45 hp)
606. Tan, Brian, 2020: Nordvästra Skånes prekambriiska geologiska utveckling. (15 hp)
607. Taxopoulou, Maria Eleni, 2020: Metamorphic micro-textures and mineral assemblages in orthogneisses in NW Skåne – how do they correlate with technical properties? (45 hp)
608. Damber, Maja, 2020: A palaeoecological study of the establishment of beech forest in Söderåsen National Park, southern Sweden. (45 hp)
609. Karastergios, Stylianos, 2020: Characterization of mineral parageneses and meta-

- morphic textures in eclogite- to high-pressure granulite-facies marble at Allmenningen, Roan, western Norway. (45 hp)
610. Lindberg Skutsjö, Love, 2021: Geologiska och hydrogeologiska tolkningar av SkyTEM-data från Vombsänkan, Sjöbo kommun, Skåne. (15 hp)
611. Hertzman, Hanna, 2021: Odensjön - A new varved lake sediment record from southern Sweden. (45 hp)
612. Molin, Emmy, 2021: Rare terrestrial vertebrate remains from the Pliensbachian (Lower Jurassic) Hasle Formation on the Island of Bornholm, Denmark. (45 hp)
613. Höjbert, Karl, 2021: Dendrokronologi - en nyckelmetod för att förstå klimat- och miljöförändringar i Jämtland under holocen. (15 hp)
614. Lundgren Sassner, Lykke, 2021: A Method for Evaluating and Mapping Terrestrial Deposition and Preservation Potential for Palaeostorm Surge Traces. Remote Mapping of the Coast of Scania, Blekinge and Halland, in Southern Sweden, with a Field Study at Dalköpinge Ängar, Trelleborg. (45 hp)
615. Granbom, Johanna, 2021: En detaljerad undersökning av den mellanordoviciska "furudalkalkstenen" i Dalarna. (15 hp)
616. Greiff, Johannes, 2021: Oolites from the Arabian platform: Archives for the aftermath of the end-Triassic mass extinction. (45 hp)
617. Ekström, Christian, 2021: Rödfärgade utfällningar i dammanläggningar orsakade av *G. ferruginea* och *L. ochracea* - Problemstatistik och mikrobiella levnadsförutsättningar. (15 hp)
618. Östsjö, Martina, 2021: Geologins betydelse i samhället och ett första steg mot en geopark på Gotland. (15 hp)
619. Westberg, Märta, 2021: The preservation of cells in biomineralized vertebrate tissues of Mesozoic age – examples from a Cretaceous mosasaur (Reptilia, Mosasauridae). (45 hp)
620. Gleisner, Lovisa, 2021: En detaljerad undersökning av kalkstenslager i den mellanordoviciska gullhögenformationen på Billingen i Västergötland. (15 hp)
621. Bonnevier Wallstedt, Ida, 2021: Origin and early evolution of isopods - exploring morphology, ecology and systematics. (15 hp)
622. Selezeneva, Natalia, 2021: Indications for solar storms during the Last Glacial Maximum in the NGRIP ice core. (45 hp)
623. Bakker, Aron, 2021: Geological characterisation of geophysical lineaments as part of the expanded site descriptive model around the planned repository site for high-level nuclear waste, Forsmark, Sweden. (45 hp)
624. Sundberg, Oskar, 2021: Jordlagerföljden i Höljeådalen utifrån nya borrhningar. (15 hp)
625. Sartell, Anna, 2021: The igneous complex of Ekmanfjorden, Svalbard: an integrated field, petrological and geochemical study. (45 hp)
626. Juliusson, Oscar, 2021: Implications of ice-bedrock dynamics at Ullstorp, Scania, southern Sweden. (45 hp)
627. Eng, Simon, 2021: Rödslam i svenska kraftdammar - Problematik och potentiella lösningar. (15 hp)
628. Kervall, Hanna, 2021: Feasibility of Enhanced Geothermal Systems in the Precambrian crystalline basement in SW Scania, Sweden. (45 hp)
629. Smith, Thomas, 2022: Assessing the relationship between hypoxia and life on Earth, and implications for the search for habitable exoplanets. (45 hp)
630. Neumann, Daniel, 2022: En mosasaurie (Reptilia, Mosasauridae) av paleocensk ålder? (15 hp)
631. Svensson, David, 2022: Geofysisk och geologisk tolkning av kritskollors utbredning i Ystadsområdet. (15 hp)
632. Allison, Edward, 2022: Avsättning av Black Carbon i sediment från Odensjön, södra Sverige. (15 hp)
633. Jirdén, Elin, 2022: OSL dating of the Mesolithic site Nilsvikdalen 7, Bjørøy, Norway. (45 hp)
634. Wong, Danny, 2022: GIS-analys av effekten vid stormflod/havsnivåhöjning, Morupstrakten, Halland. (15 hp)



LUNDS UNIVERSITET

