

Kustprocesser i Arktis – med en fallstudie på Prins Karls Forland, Svalbard

Elin Jirdén

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,
kandidatarbete, nr 598
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen
Lunds universitet
2020

Kustprocesser i Arktis – med en fallstudie på Prins Karls Forland, Svalbard

Kandidatarbete
Elin Jirdén

Geologiska institutionen
Lunds universitet
2020

Innehåll

1	Introduktion	7
2	Bakgrund	7
2.1	Kontext för arbetet och fallstudien	7
2.2	Områdesbeskrivning	7
2.3	Viktiga kustprocesser och terminologi	9
3	Metoder	10
3.1	Analys av fotodokumentation samt meteorologiska data	10
3.2	Sedimentanalyser	11
4	Resultat	11
4.1	Litteraturstudie	11
4.2	Fotodokumentation	12
4.2.1	Utvalda fotografier	13
4.3	Meteorologiska data	14
4.3.1	Temperatur	14
4.3.2	Vindriktning och vindhastighet	14
4.3.3	Nederbördsmängd	16
4.4	Sedimentanalyser	16
5	Diskussion	17
5.1	Förändringar av arktiska kuster	17
5.2	Prins Karls Forland sommaren 2019	18
6	Slutsatser	19
6.1	Förslag till ytterligare undersökningar	19
7	Tack	19
8	Referenser	20
	Bilaga 1 Resultat från kornstorleksanalyser	22
	Bilaga 2 Resultat från hydrometeranalyser	24
	Bilaga 3 Använda fotografier	25

Kustprocesser i Arktis – med en fallstudie på Prins Karls Forland, Svalbard

ELIN JIRDÉN

Jirdén, E., 2020: Kustprocesser i Arktis – med en fallstudie på Prins Karls Forland, Svalbard. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 598, 26 sid. 15 hp.

Sammanfattning: Arktis står inför stora förändringar i samband med rådande klimat- och miljöförändringar, där de arktiska kusterna är utsatta. Förändringar i temperatur, havsnivå, stormar och havsisens utbredning är några av de faktorer som spelar in i hur kusterna och stränderna kan förändras. Syftet med studien är att först översiktligt se vilka kustmorfologiska förändringar som sker i Arktis idag och huruvida de kan kopplas till storskaliga händelser som klimatförändringar eller extrema väderleksförhållanden. Därefter har jag utfört en fotobaserad fallstudie på en strand på den västra delen av Prins Karls Forland, Svalbard, med syftet att se om strandens geomorfologi förändrats över sommarsäsongen maj – juli 2019 samt att beskriva hur strandens sediment varierar kornstorleksmässigt. Fotografier från varje timme från den 9 maj till den 12 juli har samlats in från The IK Foundations fältstation Martin's Eye vid stranden, där fotografierna har studerats var för sig och tre av dem har ytterligare analyserats med avgränsning av strandens isgräns, kustlinjeslänt och övre strandzon vilka sedan har jämförts med varandra. Fältstationen har även samlat in meteorologiska data där analys av temperatur, vindhastighet, vindriktning och nederbörds mängd mellan den 12 maj och 12 juli sker och en kornstorleksanalys utförs på två sedimentprov från stranden. Det visar sig att Arktis genomgår snabbare förändringar i erosionshastighet under de senaste åren och att kusterna är som känsligast under sommarmånaderna när det inte finns någon skyddande havsis eller is gentemot kustprocesserna som sker på stranden. Det sker ingen förändring för den bakre övre strandzongränsen på stranden på Prins Karls Forland, men en liten förändring på strandens södra del i gränsen mellan kustlinjeslänt och övre strandzon där det under halva undersökningsperioden avgränsas av en isgräns. Förändringen som sker tyder på en erosion av strandens södra del. Sedimenten på stranden klassas som grusig finsand och grusig grovsand.

Nyckelord: Arktis, Svalbard, Prins Karls Forland, kustprocesser, kusterosion, stranderosion, klimatförändringar

Handledare: Helena Alexanderson

Ämnesinriktning: Kwartärgeologi

Elin Jirdén, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige.

E-post: jirden.elin@gmail.com

Coastal processes in the Arctic – with a case study on Prins Karls Forland, Svalbard

ELIN JIRDÉN

Jirdén, E., 2020: Coastal processes in the Arctic – with a case study on Prins Karls Forland, Svalbard. *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 598, 26 pp. 15 hp (15 ECTS credits).

Abstract: The Arctic is facing great changes due to current climate changes, where the Arctic coasts are especially vulnerable. Changes in temperature, mean sea level, storms and sea ice extent are some of the factors that shape how the coasts and beaches can be changed. The purpose of this study is firstly to examine what changes the Arctic coasts are experiencing today and whether they can be correlated to climate change or extreme weather conditions. Thereafter a photography based case study has been done on a beach on the western coast of Prins Karls Forland, Svalbard, to see whether the geomorphology of the beach changes during May – July 2019 and to describe the sediment present on the beach. Photos from each hour from the 9th of May to the 12th of July has been collected by The IK Foundations field station Martin's Eye, overlooking the beach in a northerly direction from the south end. Each of the photos has been studied and three of them have been selected for further analysis where the borders for ice, foreshore and backshore were defined and compared to each other. The field station has collected meteorological data where temperature, wind speed, wind direction and precipitation rate between the 12th of May and the 12th of July could be analysed and analysis of two sediment samples has been done. Results show that the Arctic is going through faster rates of change in the last couple of years, especially considering erosion rates. The coasts are more sensitive during the summer when there is no coverage from the ice against the coastal processes that occur. On the beach at Prins Karls Forland, no change is detected on the back border of the backshore, although a small change can be seen in the south end of the beach at the border between foreshore and backshore. On that border, ice is acting as a constricting factor during half of the time for the studied period and the change occurs first when all ice is melted. The change indicates an erosion of the south end of the beach. The sediments on the shore are classified as gravelly fine sand and gravelly coarse sand.

Keywords: Arctic, Svalbard, Prins Karls Forland, coastal processes, coastal erosion, beach erosion, climate change.

Supervisor: Helena Alexanderson

Subject: Quaternary Geology

*Elin Jirdén, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden.
E-mail: jirden.elin@gmail.com*

1 Introduktion

Vi upplever idag en global uppvärmning där Arktis i sig är ett av de områden som tydligt påverkas av den ökade medeltemperaturen på jorden (Box et al. 2019). Förändringarna av den arktiska temperaturen har till och med har överstigit de globala lufttemperaturförändringarna dubbelt upp (Meredith et al. 2019) och temperaturförändringarna kommer även fortsättningsvis att ske snabbare än den resterande globala uppvärmningen (IPCC 2014). Havsis i Arktis har rapporterats minska både i utbredning och tjocklek sedan 1979 (IPCC 2014; Box et al. 2019; Meredith et al. 2019). Även glaciärer minskar i storlek vilket har registrerats sedan 1979 till 2011, där rapporter visat att avsmältningen till och med skett snabbare under början av 2000-talet och framåt (IPCC 2014). Den globala havsnivån stiger snabbare idag än tidigare årtusenden (IPCC 2014) och fortsätter att höjas jämfört med tidigare år, bland annat på grund av den höjda temperaturen och följande avsmältning av dagens stora glaciärer (Davidson-Arnott 2010). Utöver detta konstaterar även Box et al. (2019) hur både nederbörd och luftfuktighet har ökat i området.

Till följd av detta är de arktiska kustmiljöerna en viktig del som påverkas av dagens rådande klimatförändringar, där kusterna påverkas av en mängd olika faktorer: såväl meteorologiska som oceanografiska både på lång och kort sikt, vilket i sin tur styr effekter som kusterosion (Davidson-Arnott 2010). Även faktorer som stormar påverkar kusterna då de bland annat kan driva på kusterosionen (Coco & Ciavola 2017), något som kan få konsekvenser för kusterna om exempelvis den skyddande havsisen försvinner. I takt med att klimatet förändras är det därför av intresse att kartlägga hur arktiska kustområden påverkas för att få en ökad kunskap om de förändringar som äger rum.

Att de arktiska stränderna påverkas av rådande klimatförändringar och att det därmed också finns ett behov av att undersöka, beskriva och övervaka hur kusterna förändras (Forbes 2011) konstateras av så gott som all behandlad litteratur. Det har utförts betydande studier av stränder och kuster över Arktis, exempelvis i Svalbard (Zagorski et al. 2015; Zagorski et al. 2019; Strzelecki et al. 2020; Zagorski et al. 2020), norra Kanada (Cunliffe et al. 2019; Klein et al. 2019) som i de arktiska delarna av Ryssland (Gunther et al. 2013; Gunther et al. 2015; Sinitsyn et al. 2020) och i Alaska (Barnhart et al. 2014; Farquharson et al. 2018). Med detta sagt är det långt från alla stränder som har undersökts och som Obu et al. (2016) påpekar har många områden undersökts från hur strandlinjen förändrats i plan där fokus inte legat lika mycket på volymmässiga förändringar. Med andra ord sker en genomgående förändring i Arktis i nuläget vilket ger ett behov av fler studier från så många olika platser som möjligt.

1.1 Syfte och frågeställning

- Syftet med arbetet är att se vilka kustmorfologiska förändringar som sker i Arktis idag samt om de går att koppla till storskaliga händelser som klimatförändringar eller extrema väderleksförhållanden som stormar. Denna fråge-

ställning besvaras genom en övergripande litteraturstudie.

Utöver detta har jag utfört en fotobaserad fallstudie av en strand på Prins Karls Forland, Svalbard där frågeställningarna lyder som följande:

- Har strandens geomorfologi förändrats över sommarsäsongen maj – juli 2019?
- Vilka sediment och korstorlekar består stranden av och vilken betydelse har de för eventuella strandförändringar?

Med tanke på omfattningen av arbetet har det begränsats till att storskaligt överblicka kustprocesser och förändringar i Arktis utan att gå in i närmare detalj kring hur alla olika processer fungerar.

2 Bakgrund

2.1 Kontext för arbetet och fallstudien

Detta arbete är en del av det övergripande projektet Bridge Builder Expeditions Spitsbergen 2015 – 2022 via The IK Foundation. Bridge Builder Expeditions Spitsbergen ämnar ge en ökad förståelse för vår jord som att förnya och fördjupa den kunskap som tidigare samlats in av Linnés lärjungar under deras resor, bland annat från Forlandsøyane (The IK Workshop Society at The IK Foundation 2020a) vilket bland annat är varför just Prins Karls Forland är den plats som studeras här i fallstudien.

Litteraturstudien utgår från Arktiska kuster generellt. Fallstudien utgår från den sydvästra stranden vid Levinhamna på ön Prins Karls Forland, Svalbard (figur 1), där the IK Foundations fältstation *Field Station | Naturae Observatio | Martin's Eye* står placerad och har inhämtat data under maj – juli 2019. Koordinater för fältstationens placering är latitud: 78.363333°N, longitud: 11.614458°Ö (The IK Workshop Society at The IK Foundation 2020b).

2.2 Områdesbeskrivning

Prins Karls Forland är en långsträckt ö som utgör den västligaste delen av Svalbard (figur 1). De bergarter som återfinns på ön är bland andra kalksten, skiffer och tillit (Elvevold et al. 2007; Dallmann 2018). Även fyllit förekommer på platsen (Dallmann 2018). Platsen för fallstudien är en långsträckt kuststräcka på den västra sidan av Prins Karls Forland, där det längre in från kusten förekommer ett lågland som avgränsas i norr mot Methuenfjellet och angränsande fjällkedjor. Väst om stranden angränsar Prins Karls Forland öppet hav i form av Grönlandshavet förutom vid Levinhamna där Forlandsøyane ligger intill kusten (figur 1). Från stranden där fältstationen är utplacerad är det drygt 5,5 km till Methuenfjellet som syns i fjällkedjan i bakgrunden av fältstationens fotografier. Methuenfjellet har en höjd om ~ 528 m och fjället direkt väster om Methuenfjellet, Kamtinden, når upp till ~ 594 m (Norwegian Polar Institute u.å.). Strandens ligger i en vik längs kusten där strandkanten är relativt flack vid vattenbrynet vilket övergår inåt land i en sluttning dominerad av grövre grus, vilket sedan övergår till en

Undersökningsområde, Prins Karls Forland

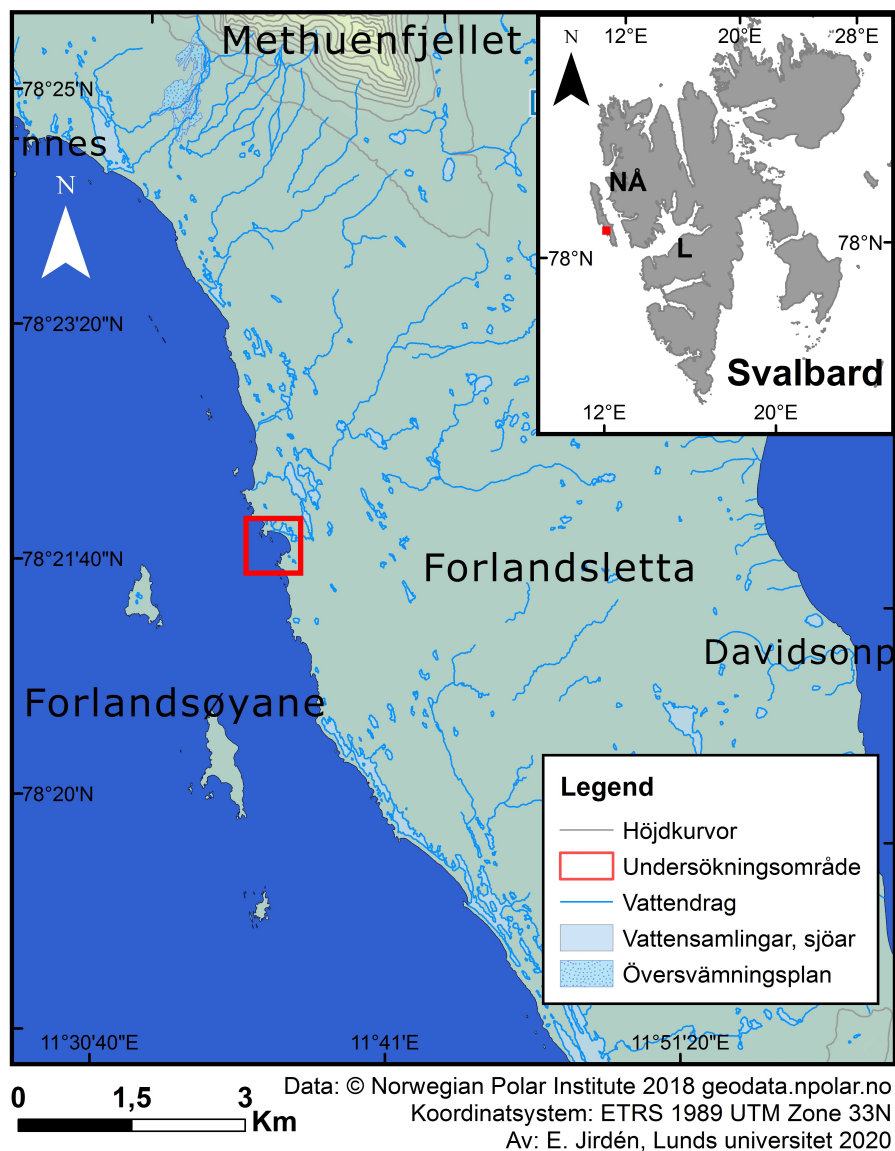


Fig. 1. Karta över Svalbard samt mer detaljerat över undersökningsområdet på Prins Karls Forland. Utmarkerat på översiktskartan är även Ny-Ålesund (NÅ) och Longyearbyen (L). Kartan är skapad i ArcMap 10.5.1.

plan strandslätt. Bukten vid Levinhamna är ungefär 350 m i nordvästlig-sydöstlig riktning och 200–250 m från buktens innersta ut till öppet hav. Bukten vetter mot öppet hav i en västlig-sydvästlig riktning, vilket tillsammans med en något utstickande nordlig udde gör stranden relativt skyddad mot vind. Stryklängden, det vill säga den sträcka som vind kan påverka och bygga upp vågorna in mot stranden (Hanson u.å.; Nationalencyklopedin u.å.-a), är följaktligen störst i västlig-sydvästlig riktning följt av en något mer begränsad stryklängd mer åt nordväst. Från nordväst når vågorna med längst stryklängd främst den södra delen av stranden. I andra vindriktningar begränsas stryklängden av buktens egen form.

Området har påverkats och formats till stor del av repetitiva nedisningar som skett på platsen tidigare

(Elvevold et al. 2007). Prins Karls Forland ingår i den västra del av Svalbard som blev isfritt för 13,600–11,700 år sedan (Hormes et al. 2013). Det har även efter den senaste istiden skett en betydande glacial isostasi av de områden i Svalbard som varit påverkade och täckta av inlandsisen (Elvevold et al. 2007). Klimatet som råder är ett tundraklimat (Nationalencyklopedin u.å.-b).

För områdets tidvatten har jämförelser gjorts med de närmaste mätstationerna för tidvatten; Longyearbyen och Ny-Ålesund (figur 1). I Longyearbyen är medelvattennivån 105 cm över vattennivån för Sjökortsnollnivån (referensnivå Chart Datum) mellan 1996 och 2014, det högsta astronomiska tidvattnet på 210 cm över sjökortsnollnivån och det lägsta astronomiska tidvattnet på -0 cm från sjökortsnollnivån

(Kartverket Sjödivisjonen 2020). Under ett dygn går det två tidvattencykler med lågtidvatten respektive högtidvatten två gånger om (Kartverket Sjödivisjonen 2020), vilket med andra ord är ett halvdagligt tidvatten (SMHI 2020). Data från Ny-Ålesund visar en tidvattenhöjd omkring 140 cm mellan lägsta nivå för lågvatten -18 cm och högsta nivå för högvatten 122 cm under maj (Kartverket u.å). Under juni och juli ligger tidvattenhöjden något lägre på 136 cm utifrån lägsta lågvattennivå 4 cm och högsta högvattennivå 140 cm (Kartverket u.å). Utifrån detta antar jag att tidvattenvariationerna vid Levinhamna är jämförbara med mätstationerna vid Longyearbyen och Ny-Ålesund och därmed har ett halvdagligt tidvatten med en tidvattenhöjd mellan 1–2 m.

2.3 Viktiga kustprocesser och terminologi

För att analysera kustprocesser och förändringar såväl i fallstudien som i litteraturstudien har grundläggande efterforskning gjorts gällande terminologi och definitioner. De engelska benämningarna har i detta arbete översatts med Hansons (u.å.) översättningar från Kustordlistan. Definitioner för kust och strandmorfologi har hämtats från Davidson-Arnott (2010), där avgränsning mellan kustlinjeslänt och övre strandzon går där vågorna når upp på stranden i normala respektive stormiga förhållanden (figur 2). Området av stranden som klassificeras som kustlinjeslänt är även det område där skillnaderna mellan låg- och högvatten inträffar. Gränsen dit lågvattnet når upp på stranden är den yttre gränsen för kustlinjeslänten och utanför det, i botten utanför brytsonen, ligger den del av kusten där

vågor dominerar och förflyttning av sediment sker (figur 2) (Davidson-Arnott 2010).

Klassificeringen av kuster som dissipativa, reflekterande eller intermediära mellan båda lägen (Wright & Short 1984), är också viktiga definieringar i hur stränder och kuster förändras. Dissipativa stränder karakteriseras ofta av att vara mer grunda och flacka jämfört med de reflekterande som slutar brantare ned i havet och därigenom följaktligen också har ett mindre område under vattnet där sand kan lagras (Wright & Short 1984). Detta har betydelse för hur strandens brytson, det vill säga där vågorna bryts innan de når området för kustlinjeslänten (Davidson-Arnott 2010), ser ut samt hur starkt vågenergin slås ut mot stranden (Wright & Short 1984).

Det finns många olika processer som påverkar kusternas morfologi. Vindgenererade vågor har en konstaterad effekt på kusternas morfologi, där de kan ses som en av de allra viktigaste processerna som driver kustförändringar genom kusterosion och förflyttning av sediment till andra delar av stränderna (Wright & Short 1984; Davidson-Arnott 2010). Vilken vindriktning som dominerar i ett område är även det av vikt för hur de vindgenererade vågorna kommer att påverka kusten och hur dessa vågor kommer att brytas mot kusten avgörs dessutom också av typen av kust (Davidson-Arnott 2010). Förändringar i havsnivån påverkar även det kusternas morfologi, både på kortare sikt genom tidvattenförändringar som tillfälliga stormar till långsiktiga förändringar som höjd havsnivå till följd av avsmältning av glaciärer och förhöjda temperaturer (Davidson-Arnott 2010). Påverkan från stormar påverkar också hur kusten formas då stormarna möjliggör för vågorna att nå inte bara kustlinjeslänten utan den övre strandzonen också (Davidson-Arnott 2010; Coco & Ciavola 2017), där stormarna inte enbart på-

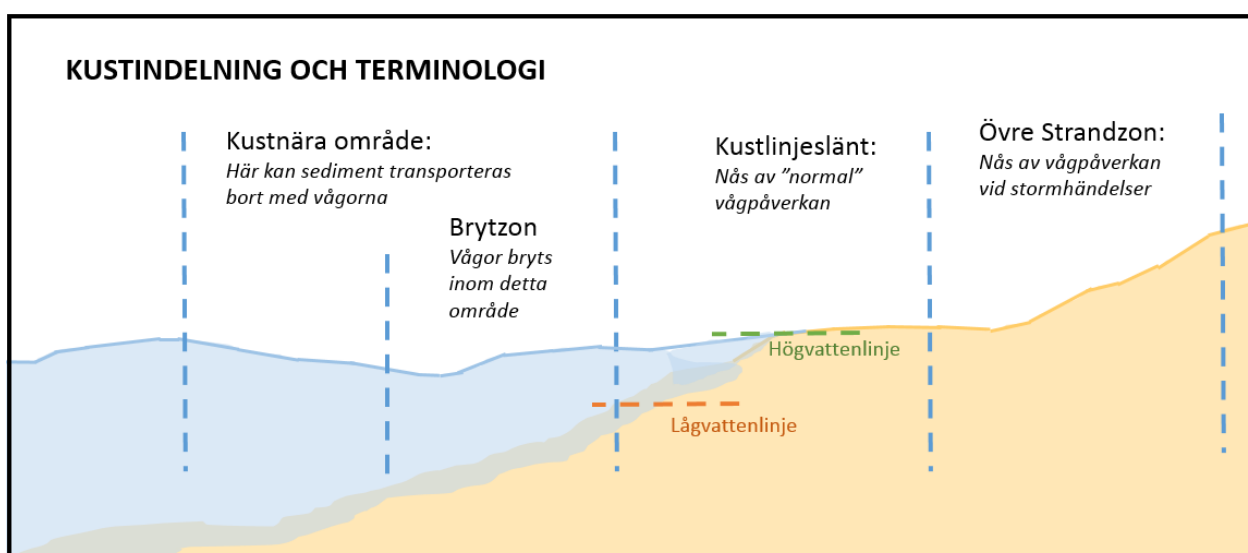


Fig. 2. Illustration över den indelning av stranden som används i detta arbete, utifrån och grundat på Davidson-Arnotts (2010) klassificering och indelning av stränder, där endast de områden som är av intresse för detta arbetet är utmarkerade och simplificerade. Modifierad efter Davidson-Arnott (2010) figur 2.1.

verkar sandstränder utan också har effekt på klippiga stränder (Coco & Ciavola 2017).

3 Metoder

Inledningsvis har jag utfört en litteraturstudie över kustprocesser och kustmorfologi i Arktis. Vid litteraturundersökning har jag främst använt databasen Web of Science samt LUBsearch. De vanligaste sökorden har bland annat varit "coastal processes", "arctic coast + erosion" och "arctic climate change". Vid litteratursökning har jag begränsat litteratur till att vara kvalitetsgranskad och i Web of Sciences fall tillhört Web of Science Core Collection. För att begränsa urvalet i litteratursökningen i Web of Science begränsade jag dessutom sökalternativen till att finnas under open access. Gällande urval av litteraturen efter det har utgångspunkten främst varit hur relevanta de är för ämnet kustprocesser, erosion och kusters geomorfologi i kombination med klimatförändringar.

Utöver detta har jag utfört en fotobaserad fallstudie på stranden vid Levinhamna på Prins Karls Forland där foton, meteorologiska data och sedimentprover analyseras.

3.1 Analys av fotodokumentation samt meteorologiska data

Foton har tagits med hjälp av en Nikon D610 i nordlig riktning från fältstationen, ingående i Cyclapse Pro Camera Systems tillsammans med en Digisnap Pro kontroll för timelapse, där en AF-S Nikkor 24 mm lins har använts (figur 3) (The IK Workshop Society at The IK Foundation 2020c). För analys finns daglig fotodokumentation över kusten i nordlig riktning från varje timme under 9 maj till 12 juli 2019 (figur 4). Vid fotoanalysen har jag till en början valt ut bilder med 7 dagars mellanrum för att i detalj kontrollera strandförändringarna veckovis. Vissa dagar har det inte gått att analysera bilder på grund av dålig sikt, då har bild närmast i datum valts ut istället där sikten är klar. Vid händelser som har skymt sikten betydligt (exempelvis vid snöfall, regn eller dimma) har jag även granskat bilder före och efter för att se om någon förändring skett. Huvudsakligt mål med bildurvalet har varit att välja fotografier med klar sikt samt där det går att jämföra förändringar mellan de olika gränserna på stranden. Utifrån detta har därför fotografier med intervall om ungefärligt 4–7 dagar blivit utvalda förutom mellan den 13–27 juni. Av de utvalda bilderna har jag sedan valt ut tre fotografier för 9 maj, 13 juni och 11 juli för närmare analys. I dessa har jag markerat ut gränser för isutbredning, kustlinjeslänt och övre strandzon på stranden på var bild och därigenom kunnat jämföra dem mot varandra. För övre strandzon/kustlinjeslänt-gränsen där jag använder definitionen från Davidson-Arnott (2010), har jag dragit där vattnet når högst upp på stranden under normala väderförhållanden, antingen genom att se fotografier med högvatten eller genom att följa den gräns som torrläggs vid lågvatten mellan det mer finspolade området och den övre strandzonens mer grova partiklar. För att korrelera fotografiernas position rätt gentemot varandra har referenspunkt legat på Methuenfjället och resterande bergskedja som syns i bakgrunden av alla fotografier. Skala på bilderna har jag uppskattat utifrån erhållna



Fig. 3. Fältstationens utseende från söder. Foto: Lars Hansen, The IK Foundation / Field Station | Naturae Observatio | Martin's Eye | www.ikfoundation.org.

uppmätta referenspunkter i fält (figur 4). Det finns även fotografier att tillgå från fältarbete där referenspunkter (figur 4) mättes. Dessa använder jag inte i själva fotoanalysen, men de erbjuder ett bra material för att se hur strandens sediment ser ut i fält.

Meteorologiska data är insamlad med hjälp av Davis Weather Station Vantage Pro (Cabled) Plus (figur 3) (The IK Workshop Society at The IK Foundation 2020c). Vid analys av meteorologiska data har jag begränsat arbetet till att behandla nederbördshastighet, vindhastighet, vindriktning och temperatur. Data finns att tillgå från den 12 maj – 12 juli 2019, där data har uppmätts varje halvtimme under maj, första dagarna i juni och juli samt varje minut under juni. All data är tillgänglig via The IK Foundation / Field Station | Naturae Observatio | Martin's Eye | www.ikfoundation.org. Alla meteorologiska data har jag först behandlat i MS Excel och plottat i grafer över varje månad. För att kunna representera all data representativt har därför de data som registrerat mätvärden under varje minut blivit omarbetade så att endast värden för varje halvtimme visas även för det tidsintervallet, då resterande data från de andra månaderna också visas i halvtimmesintervall. Därefter jämför jag datan för att urskilja avvikelser från de generella trenderna på platsen samt se om de överskrider extremvärden.

Medelvärden och högsta uppmätta temperatur jämförs för varje månads temperatur. Temperaturdata från fältstationen jämförs även med temperaturdata från 1938–2018 från Ny-Ålesund (Norwegian Meteorological Institute 2020) för att sätta uppmätt medeltemperatur i ett sammanhang över längre tid, där utgångspunkten är att data för Ny-Ålesund är representativ även för undersökningslokalen på Prins Karls Forland bland annat för dess närhet geografiskt. YR (2020) presenterar temperaturdata från Isfjord radio över de senaste 13 månaderna som vid tiden för skrivandet av detta arbete innefattar tiden för undersökningsperioden, vilket jag använder för att sätta fältstationens uppmätta data i en regional jämförelse över ett år.

Vindhastighet och vindriktning plottas tillsammans

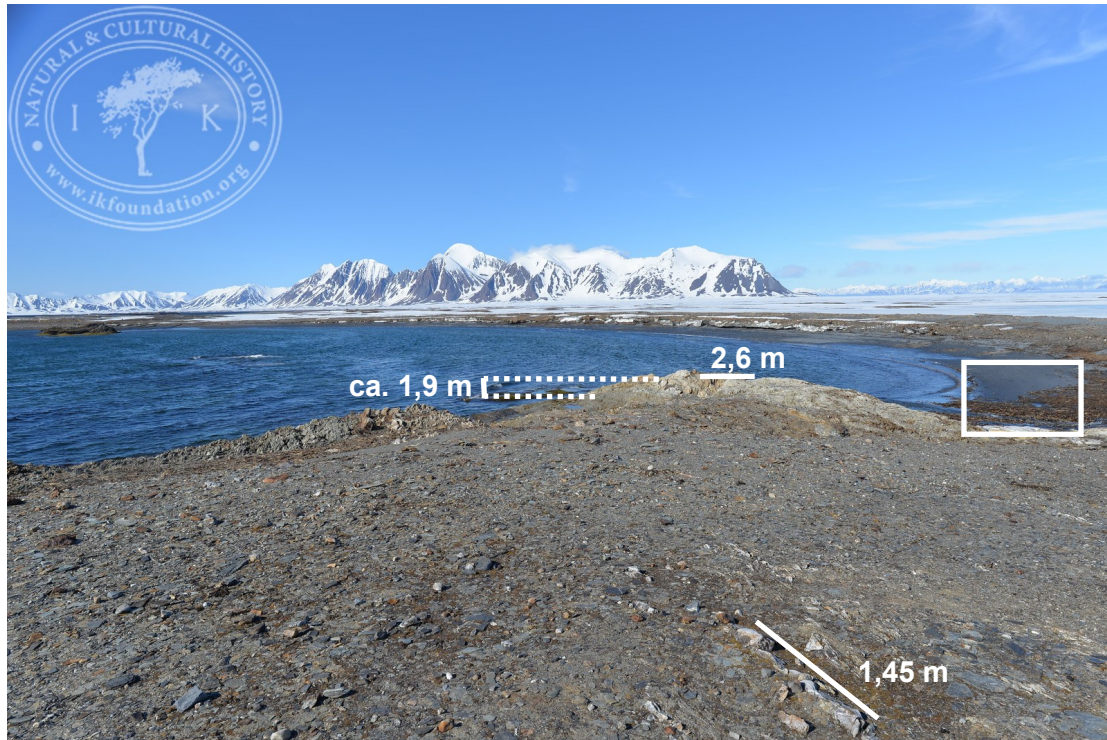


Fig. 4. Foto i nordvästlig riktning från fältstationen Martin's Eye med området där sedimentproverna inhämtats är utmarkerat samt skala utifrån de referenspunkter som uppmätts i fält. Foto: The IK Foundation / Field Station | Naturae Observatio | Martin's Eye | www.ikfoundation.org, modifierad av Elin Jirdén med uppmätta mätvärden från fält.

i ett rosdiagram för att belysa dominerande vindriktningar på platsen samt vilka hastigheter som är vanligast förekommande. Till plottningen av rosdiagrammet har jag först utfört en sällning så att alla vindhastigheter om 0 m/s med tillhörande vindriktningar utesluts, varav resterande data har plottats. Vindhastighet plottas även i ett separat diagram. För vindhastighet har detta arbete använt SMHI:s benämningar för att avgöra vilka hastigheter som är normala respektive extremväder, varav gränsen mellan måttlig och frisk vind går vid 7,9 m/s, gränsen mellan frisk och hård vind vid 13,9 m/s samt gränsen för storm på 24,5 m/s uppåt (SMHI 2019). Vindhastighet för de utvalda månaderna jämförs även med vindhastighetdata från Isfjord radio för året 2019 (YR 2020).

3.2 Sedimentanalyser

Två sedimentprover har inhämtats från stranden vid Levinhamna den 25 september 2019 av Måns Sjöberg och Viveka Hansen via The IK Foundation. Bägge proven är tagna från strandområdet (figur 4), där prov nummer ett är taget vid vattenbrynet och prov nummer två är taget 5 meter från vattenbrynet. Proverna ligger till grund för den kornstorleksanalys som jag har utfört genom siktanalys och hydrometeranalys. Analyserna har jag utfört enligt Delteus & Kristiansson (2000) med följande modifikationer:

Inget av proverna uppvisade partiklar >22,4 mm varav ingen grusanalys genomförs. För siktanalysen mätte jag upp lämpliga mängder från de ursprungliga torkade proverna om ~ 300 g. För prov nummer två använde jag en provdelare för att dela upp provet i lämplig mängd då provet var grövre, vilket inte var

nödvändigt för prov nummer ett bestående av finare partiklar. Dispergering av proverna skedde under kontinuerlig omrörning under 15 minuter och istället för en tvättsikt på 0,074 mm använde jag en sikt med 0,063 mm.

För hydrometeranalysen vägde jag upp lämpliga provmängder upp om ~ 100 g. För dispergering av proverna använde jag en rotationsvagg som rörde om proverna under 15 minuter. Efter den sista avläsningen upprepade jag silomrörningen och avläsningarna fram till 20 minuter för korrelation av analysen. Erhållna resultat gällande vikt, viktprocent och kornstorlekar från såväl siktanalys som hydrometeranalys kunde sedan plottas i Gradistat v 8.0 (Blott & Pye 2001) för kornstorleksfördelningen i proverna (bilaga 1). Med anledning av avsaknad i en tydlig avsänkning för bägge proverna under hydrometeranalyserna (bilaga 2) är det enbart siktanalysen som står för de data som behandlats i Gradistat v 8.0 och som ger resultatet till kornstorleksfördelningarna. Sedimentproverna benämner jag utifrån SGF:s korngruppskala (Karlsson & Hansbo 1984).

4 Resultat

4.1 Litteraturstudie

Från undersökningar av kustområdet kring Herschel Island i norra Kanada, visade det att det sker en omfattande erosion och att området påverkas av vind, vågor och strömmar (Klein et al. 2019). Klein et al. (2019) fann även att erosion sker i högre grad på Herschel Islands norra kuststräckor vilka generellt påverkas mer av vind än det sydvästra området på Herschel Island, där erosionen på platsen är det som bidrar till

den största delen av sediment i närheten av kusten. Flera andra studier har även utförts på Herschel Island. Mellan 1952–2017 studerades kustlinjeförändringar där en betydande erosion konstaterades ske och där erosionens hastighet dessutom översteg medelhastigheten betydligt under sommaren 2017 (Cunliffe et al. 2019). Under 2017 registrerades under de perioder där erosionen var som störst i juli och augusti hur båda tillfällena sammanföll med starkare vindar över 40 km/h (11 m/s) och tidigare varmare temperaturer (Cunliffe et al. 2019), där Cunliffe et al. (2019) även korrelerar ett kortare tillfälle med betydande erosion till en stormhändelse på platsen.

Vindpåverkan visar sig även vara viktigt på Calypsostranda i Svalbard, där Zagórski et al. (2019) visar hur vindgenererade vågor är den process som står för den största inverkan på Calypsostrandans morfologi och där de i studien konstaterar att även korta perioder av vågpåverkan på stränderna påverkar hur strandens sediment är fördelade. Stranden, som de klassar som en övergång mellan såväl högenergi- som lågenergistrand där stranderosion förekommer, var utsatt för en högsta vindhastighet på 11,3 m/s under sommaren 2014 (Zagórski et al. 2019). På Calypsostranda registrerar Zagórski et al. (2019) att majoriteten av strandlinjen avancerade (drog sig utåt från land) med ungefär 2 meter under sommaren 2014, med undantag för vissa platser längs stranden där andra faktorer som exempelvis mynningen av Scottelva spelar in. Samma strand har även utvärderats under längre perioder, där det under 1936–2007 främst rådde förhållanden med erosion på kuststräckan, likaså under 2007–2012 där stranden genomsnittligen drog sig tillbaka med 0,19 m/år (Zagórski et al. 2020). Förhållandena har dock varierat under åren då områden på kuststräckan även har utsatts för perioder med ackumulation (Zagórski et al. 2020). Speciellt den norra delen av Calypsostranda påverkas av stormiga förhållanden på grund av dess position intill öppet hav (Zagórski et al. 2020). Även den närliggande grusiga stranden Isbjørnhamna i Svalbard visar över längre undersökningsperioder en fortgående erosion, där vågornas inverkan påpekas vara avgörande för hur den stranden förändras tillsammans med påverkan från stormar (Zagórski et al. 2015). Även vid Isbjørnhamna på Svalbard har havsisen en viktig skyddande roll, inte minst under de starkare stormarna under vinterhalvåret (Zagórski et al. 2015).

Förutom vind påverkar även förekomsten av havsis hur mycket erosion som kan ske, där havsisen fungerar som en barriär mellan land och hav under vintern samt påverkar hur lång stryklängden kan bli under sommaren (Barnhart et al. 2014). Från sammanställningar av olika studier visar Barnhart et al. (2014) att tiden under ett år som Arktis inte har havsis som en begränsande faktor för kusterna har ökat, men att detta inte enbart betyder att kusterosionen i sig ökar då majoriteten av kusterna har andra inverkande faktorer som stormar eller variationer i geomorfologi. Att havsisen som täcker kusten vid Drew Point, Alaska, ligger kvar under en kortare tid under året har dock konstaterats påverka erosionen på platsen att gå snabbare (Barnhart et al. 2014). I nordvästra Alaska har dessutom studier över 64 år utförts på kuststräckor vid Tjuktjerhavet där både erosion och ackumulation är uppmätt på kusterna och en noterad snabbare hastighet för båda förändring-

ar har uppmätts på senare år (Farquharson et al. 2018). Även här har tiden som havet inte begränsas av havsis ökat, där Farquharson et al. (2018) noterar hur tiden under ett år utan havsis ökat med 10 dagar per år tionde sedan 1979 och dessutom hur havsisen har en inverkan på vattnets temperatur och inte minst på stryklängden.

Undersökningar av Gunther et al. (2013) på tre områden längs kusten av Laptev havet i Sibirien visar likt studierna vid Tjuktjerhavet (Farquharson et al. 2018) att erosionshastigheterna på undersökningsplatserna översteg medelerosionshastigheten under senare år. Det förekommer även här variationer av erosion längs med kuststräckorna, där platsernas geomorfologi spelar in (Gunther et al. 2013). I samma område kring Laptev havet har studier utförts på den avlånga ön Muostakh där permafrostavlagringar förekommer. Gunther et al. (2015) rapporterar en volymminskning av ön med hela 40 % och en areell minskning med 24 % mellan 1951–2013 och kopplar samman resultaten med inverkan av höjda lufttemperaturer under sommaren samt minskningen i havsis. I Varandey, Ryssland, noteras också mellan 1961–2012 hur erosion har dominerat permafrostområdet men att det samtidigt finns en stor variation i hur erosionshastigheterna sker beroende på olika faktorer som bland annat stormhändelser (Sinitsyn et al. 2020). Sinitsyn et al. (2020) påpekar även att det finns ett samband mellan de erosionshastigheter som registrerats i Varandey och de förändringar som på senare år bland annat skett i havsnivå och höjda temperaturer.

4.2 Fotodokumentation

Innan de utvalda fotografierna redovisas har även alla tillgängliga fotografier (ett foto från varje timme under 9 maj till 12 juli i nordlig riktning samt närbilder av stranden) analyserats. Från fotografierna kunde följande noteras:

Under 13–15 maj snöade det kraftigt, något som delvis skymde kamerans sikt under majoriteten av 13 maj samt natten mot den 15 maj. Vågor påverkade av vind kunde ses under den 16 maj. Efter detta noterades relativt lugna förhållanden under hela maj ut. Vid lågvattenförhållanden kan en udde urskiljas mitt i viken. Den 3–4 juni syns tydligare vågor slå in mot stranden. Under kvällen den 4 juni mellan 19:51 och 20:51 är kamerans sikt delvis skymd av vattendroppar och imma på linsen, likaså är linsen delvis täckt den 6–7 juni men under de två dagarna går det trots det att urskilja tydligare vindpåverkade vågor. Under förmiddagen den 11 juni kan tydliga vindpåverkade vågor också ses, vilket mot kvällen samma dag har ersatts av så gott som stilla vatten. 26–27 juni uppvisar vad som ser ut att vara blåsigare förhållanden med tydligare vågor samt visst regn. Natten den 28 juni sker ett snöfall som täcker kusten med ett tunt lager snö, vilket tinar bort redan samma morgon. Den 2 juli skymms åter igen kamerans sikt delvis av regn vid 07:51–08:51. Den 10 juli råder dimmiga förhållanden och under den 12 juli syns tydliga vindpåverkade vågor och mulet väder. Resterande del av juli uppvisar lugna förhållanden. Det sker en kontinuerlig avsmältning av snön vilket tydligt syns både på klippan direkt framför fältstationen som är is- och snöfri den 29 maj (figur 5) samt längs med den iskant som finns längs med strandkanten och vilken både minskar i höjd och utsträck-

ning. Avsmältningen går märkbart snabbare på den södra delen av stranden, närmast fältstationen. Halvvägs in i juni är det bara den borte delen av stranden som har ett istäcke kvar, vilket i sig är reducerat till mindre osammanhängande delar, vilka är helt försvunna den 19 juni. Under hela undersökningsperioden syns även hur sjögräs och ilandspolat material omarbetas på strandens kustlinjeslänt. Det initiala antagandet om tidvattenförhållandena på platsen verkar också stämma, då det från fotografierna kan ses en skillnad mellan låg- och högvatten i cykler på ungefär 6 timmar.

4.2.1 Utvalda fotografier

Av alla fotografier under undersökningsperioden har 11 bilder valts ut (bilaga 3). För 13 juni valdes två bilder ut, en med högt tidvatten och en med lågt för tydligare avgränsning av kustlinjeslänt/övre strandzon. Nedan är första och sista bilden för undersökningsperioden illustrerade med utritade gränser (figur 5).

Det som går att se från den 9:e maj är hur gränsen mellan kustlinjeslänt och den övre strandzonen begränsas av den befintliga, skyddande, isen som ligger kvar på land (figur 5). Därför har inte heller någon bakre gräns för den övre strandzonen kunnat markeras för den 9:e maj, utan istället har höjden för is markerats med en ljusare grön färg. Detta för att kunna jämföra isens avsmältning, varav 13 juni fortfarande har viss is kvar och därmed både har utmarkerat isgränser och utsträckning av den övre strandzonen (figur 6). Den borte gränsen för den övre strandzonen har inte synligt förändrats alls mellan 13 juni och 11 juli medan gränsen mellan övre strandzon och kustlinjeslänten ter sig ha dragit sig in mot land något (figur 6). Detta syns tydligast mellan 13 juni och 11 juli, men förflyttningen går också att beskåda mellan 9 maj och 11 juli där istäckets position är avgörande för var gränsen går i maj (figur 5). Skillnaden syns endast i strandens södra ände, närmast fältstationen där skalan är större än längre bort på stranden och därmed syns för-

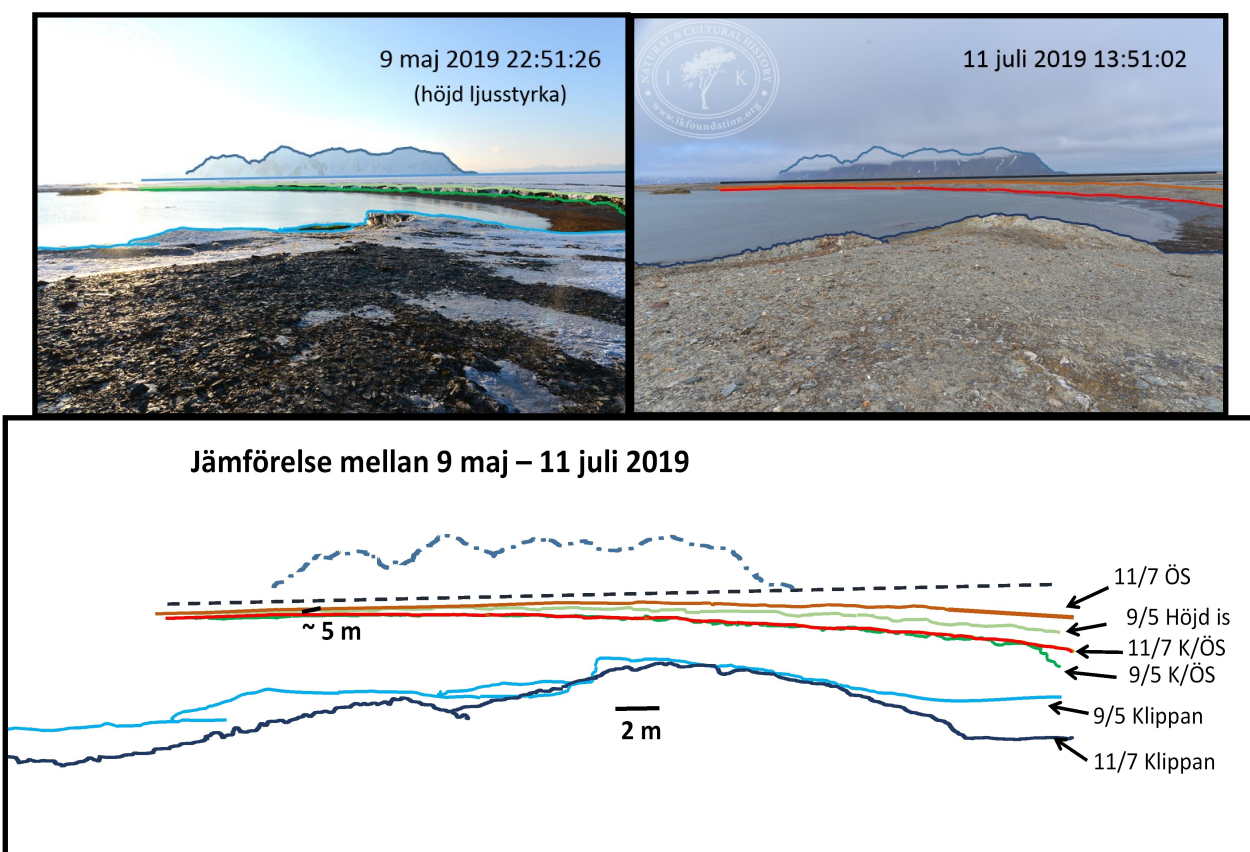


Fig. 5. Principiell jämförelse mellan 9 maj till 11 juli. Skalor i bilderna är approximativa, uppskattade efter värden erhållna i fält samt studier av kartmaterial från TopoSvalbard, toposvalbard.npolar.no. 2 m-skalstreckat gäller för området från fältstationen till klippan, uppskattade 5 m-skalstreckat gäller för stranden på andra sidan viken. ÖS: övre strandzon, K: kustlinjeslänt. Streckade linjer i bakgrunden utgör horisonten samt de fjäll som nyttjats som referenspunkter mellan fotografierna. Mellan 9 maj till 11 juli kan det inte ses någon märkbar förändring av gräsen mellan kustlinjeslänt och övre strandzon (K/ÖS röd och mörkgrön linje) förutom i en mindre del av strandens södra del till höger i figuren. Jämförelse mellan de bakre gränserna för den övre strandzonen går inte att utföra då området var istäckt under den 9 maj. Därav har endast övre strandzon för 11 juli (11/7 ÖS brun) markerats samt gränser för isen där isgränsen sammanfaller med gränsen för kustlinjeslänt den 9 maj (9/5 K/ÖS mörkgrön). Linjer benämnda klippan är utmarkerade efter den upphöjda del av stranden fältstationen står på, där gränser är dragna för de synliga kanterna av området. Även höjden på isen är utmarkerad (9/5 Höjd is ljusgrön). Fotografier från The IK Foundation / Field Station | Naturae Observatio | Martin's Eye | www.ikfoundation.org, modifierade av Elin Jirdén med gränsdragningar.

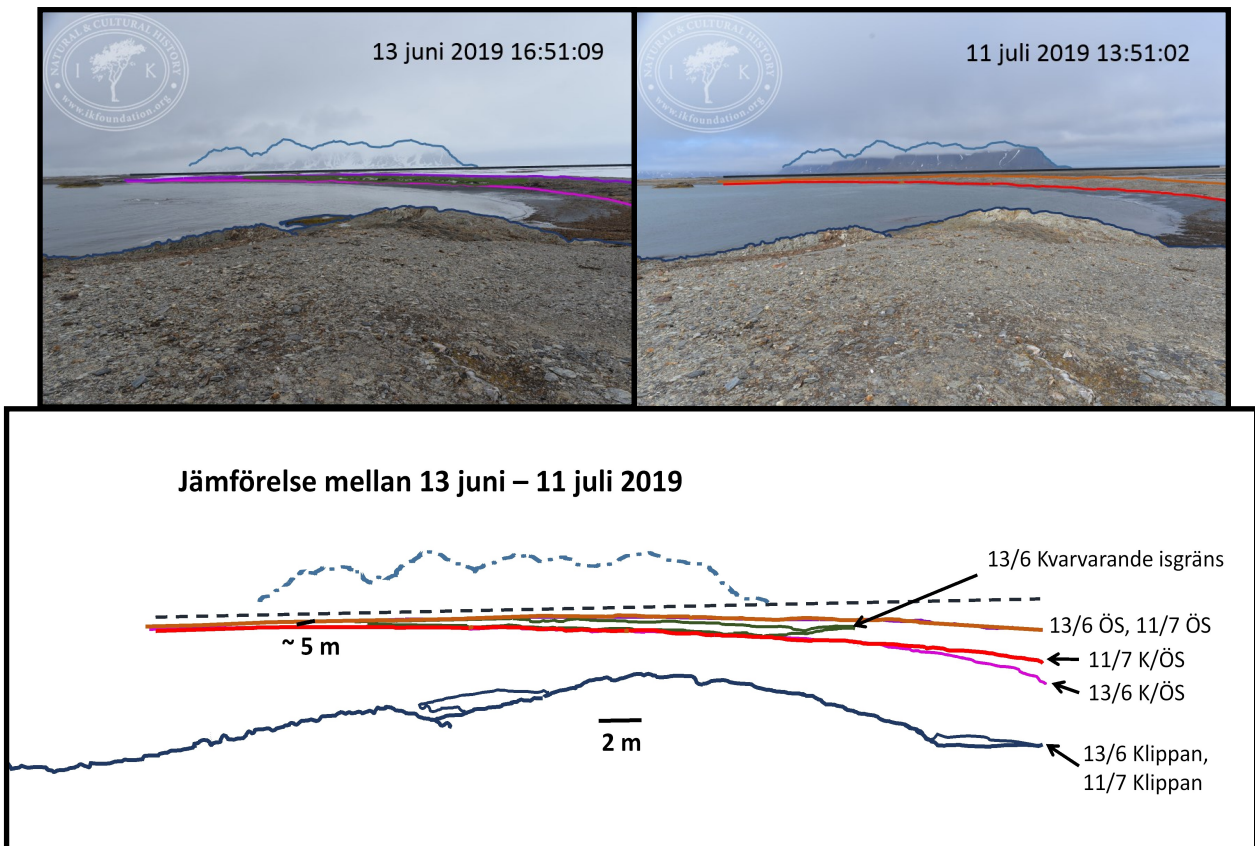


Fig. 6. Principiell jämförelse mellan 13 juni och 11 juli, där K/ÖS-gränsen inte förändrats märkbart mellan datumen, likaså för bakre gränsen av ÖS. ÖS: övre strandzon, K: kustlinjeslänt. Skalor är approximativa, uppskattade efter värden erhållna i fält samt studier av kartmaterial från TopoSvalbard, toposvalbard.npolar.no. 2 m-skalan gäller för området från fältstationen till klippan, uppskattade 5 m-skalstrecket gäller för stranden på andra sidan viken. Streckade linjer i bakgrunden utgör horisontlinje samt fjällen som använts för referenser mellan de olika fotografierna. Ingen förändring mellan området för den upphöjda delen av stranden fältstationen står på kunde ses mellan 13 juni – 11 juli (13/6 Klippan, 11/7 Klippan), på grund av ingen kvarvarande is- eller snöbeläggning. De två gränserna för bakre delen av den övre strandzonen (ÖS) sammanfaller, vilket gör att ingen märkbar förändring har skett. Mellan de två gränserna för kustlinjeslänten och övre strandzonen syns ingen skillnad i de bortre, nordligare, delarna av stranden. För det södra området av stranden, till höger i bild, syns en förändring där kustlinjeslänten ter sig ha dragit sig in mot land en liten bit från 13 juni (rosa) till 11 juli (röd). Fotografier från The IK Foundation / Field Station | Naturae Observatio | Martin's Eye | www.ikfoundation.org, modifierade av Elin Jirdén med gränsdragningar.

ändringar tydligare. Förändringen är dock endast marginell, så en större förändring går inte att uttyda endast från bildmaterialet. Utöver detta går det även att se hur klippan i förgrunden mellan den 9 maj och 11 juli blir is- och snöfri, vilket syns i skillnaden mellan de två blå linjerna för klippan (figur 5).

4.3 Meteorologiska data

4.3.1 Temperatur

Medeltemperatur för 12–31 maj låg på $-0,92$ °C, för hela juni $3,4$ °C och för 1–12 juli $8,37$ °C (figur 7). Den högsta uppmätta temperaturen inträffade den 6 juli med $16,2$ °C. Temperaturer under 0 °C registrerades under merparten av maj samt natten den 4 juni, där de lägsta temperaturerna nåddes under maj på $-7,7$ °C den 26 maj 00:30.

För att jämföra uppmätt data vid Levinhamna har data från Isfjord radio under 2019 använts, där medeltemperaturer under maj, juni respektive juli låg på $-1,6$ °C, $2,8$ °C och $6,9$ °C (YR 2020). Juli var även den månad under året som registrerade den högsta

enskilda temperaturen och medeltemperaturen över månaden (YR 2020). Juni – september var de enda månader under april 2019 – april 2020 som uppvisade en medeltemperatur över 0 °C (YR 2020). Jämfört med temperaturdata från Ny-Ålesund mellan 1938–2018 har den årliga medeltemperaturen totalt sett stigit förutom under en period mellan 1950–1970 talet, för att sedan öka kraftigare från 90-talet framåt till att ligga på $-2,4$ °C 2018 (Norwegian Meteorological Institute 2020).

4.3.2 Vindriktning och vindhastighet

Dominerande vindriktning in mot stranden kommer från nordväst, följt av östliga och nordliga vindriktningar (figur 8). Vindhastigheter på $0,4$ – $2,4$ är vanligast tätt följt av hastigheter om $2,4$ – $4,4$ m/s och därefter $4,4$ – $6,4$ m/s (figur 8). För de lägre, vanligare vindhastigheterna finns även en större variation i vindriktning då östliga riktningar också förekommer med hög frekvens. För de få högre vindhastigheterna är de så gott som uteslutande från nordväst.

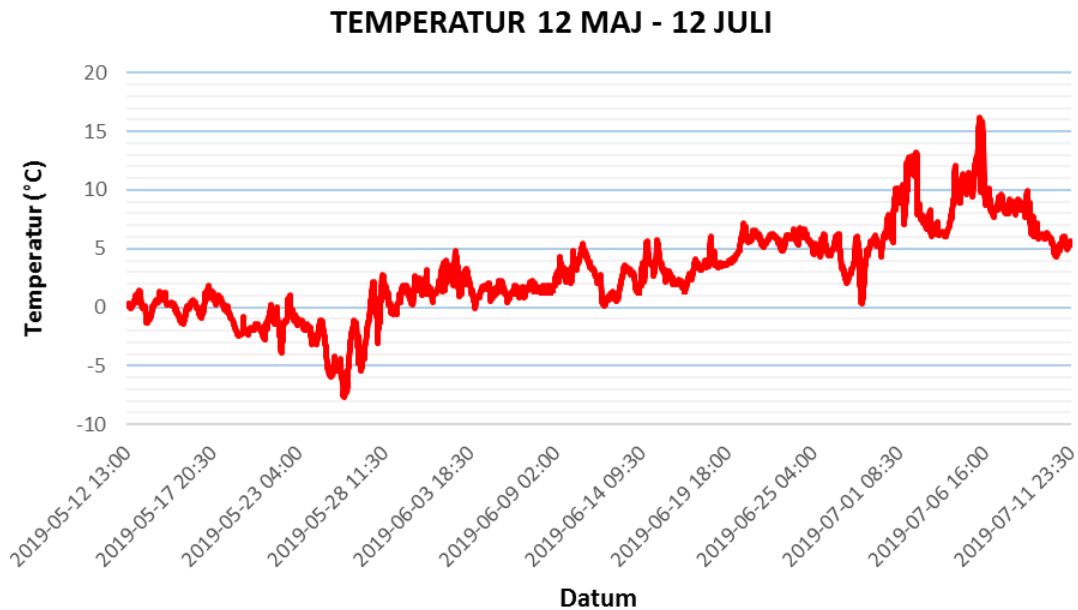


Fig. 7. Temperatur över 12 maj till 12 juli 2019, data från The IK Foundation / Field Station | Naturae Observatio | Martin's Eye | www.ikfoundation.org.

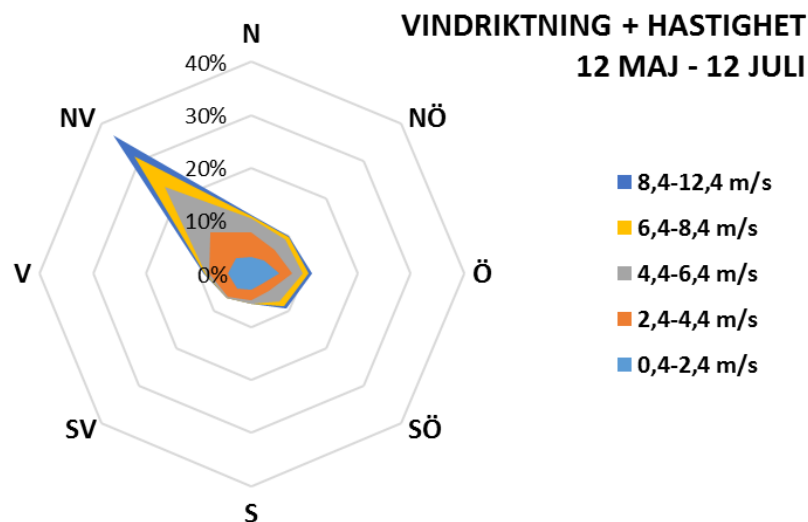


Fig. 8. Uppmätta vindriktningar för perioden 12 maj till 12 juli 2019 plottat i ett rosdiagram med både riktning och hastighet för vinden, indelat i vilka riktningar som procentuellt sett förekommer mest. Indelning av vindhastigheter har skett genom gruppering av 2 m/s per grupp. Här framgår det att majoriteten av vinden kommer in mot stranden från nordväst, varav vindhastigheter om 0,4–2,4 m/s är vanligast, följt av 2,4–4,4 m/s och därefter 4,4–6,4 m/s. Högre vindhastigheter är ovanligare på undersökningsplatsen, men när de förekommer kommer de nästan uteslutande från nordväst. För de lägre hastigheterna förekommer även flertalet vindriktningar från öst. Erhållen data från The IK Foundation / Field Station | Naturae Observatio | Martin's Eye | www.ikfoundation.org.

Högsta registrerade vindhastighet var under maj 11,2 m/s, under juni 11,2 m/s och under juli 9,8 m/s (figur 9). Medelhastigheten uppgick till 11,2 m/s i maj, 4,5 m/s i juni och 3,5 m/s i juli. Jämfört med SMHI:s (2019) vindhastighetsklassificeringar är det därmed inget tillfälle under undersökningsperioden som når hastigheter över frisk vind, alternativt hård bris som ligger mellan 10,8–13,8 m/s (SMHI 2019). Därmed kan det också konstateras att det inte under

perioden 12 maj till 12 juli förekommer vindar i stormhastigheter.

Jämfört med vinddata från Isfjord radio under april 2019 – april 2020 uppmättes de starkaste vindhastigheterna under januari där gränsen för storm överskreds (YR 2020). Generellt sett uppmättes starkare högsta vindhastigheter under december – april över 20 m/s, jämfört med resterande månader som alla hade högsta uppmätta hastigheter under 20 m/s (YR 2020). Vindhastighet beror mycket på de individuella lokalerna,

VINDHASTIGHET 12 MAJ - 12 JULI

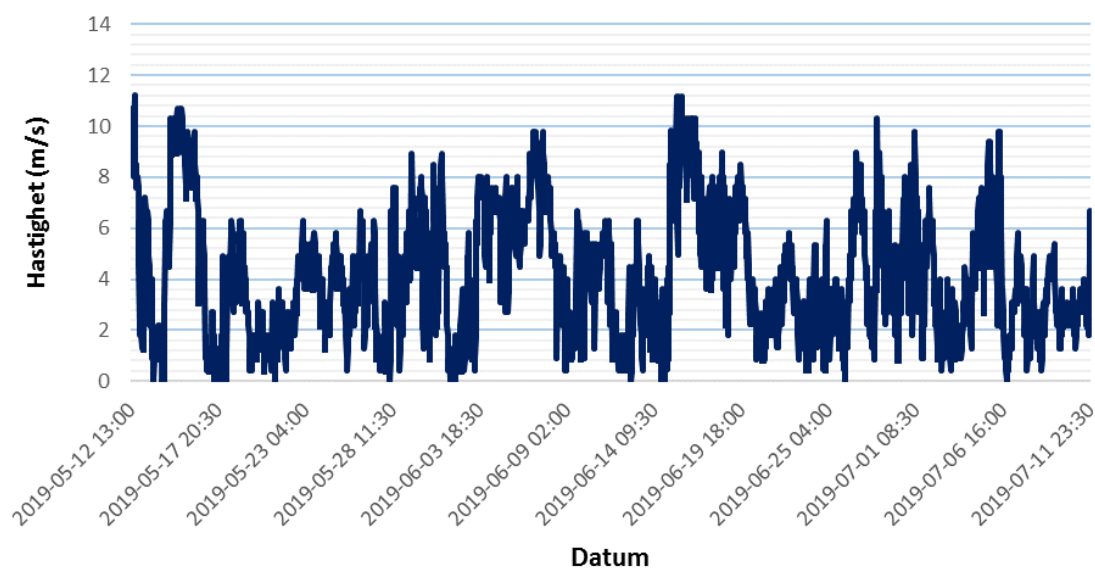


Fig. 9. Vindhastigheter mellan 12 maj och 12 juli 2019. Data från The IK Foundation / Field Station | Naturae Observatio | Martin's Eye | www.ikfoundation.org.

NEDERBÖRDSMÄNGD 12 MAJ - 12 JULI

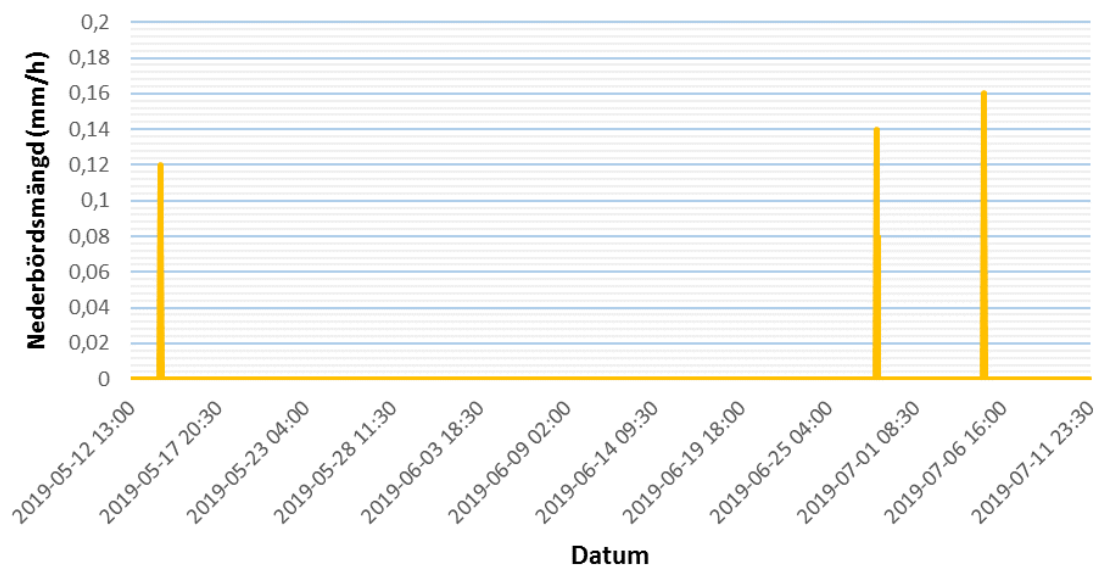


Fig. 10. Nederbörds mängder 12 maj till 12 juli. Endast tre dagar uppvisade en registrerad nederbörds mängd, den 14 maj, 28 juni och 5 juli om 0,12 mm/h, 0,14 mm/h respektive 0,16 mm/h. Data från The IK Foundation / Field Station | Naturae Observatio | Martin's Eye | www.ikfoundation.org.

varav en direkt jämförelse vid Levinhamna inte går att göra, dock fungerar dessa data bra som generell jämförelse över året.

4.3.3 Nederbörds mängd

Nederbörds mängder registrerades endast vid tre dagar under undersökningsperioden. Värdena är från 14 maj, 28 juni samt 5 juli. Den mest intensiva neder-

börden som registrerades för varje månad var 0,12 mm/h för maj, 0,14 mm/h för juni samt 0,16 mm/h för juli (figur 10).

4.4 Sedimentanalyser

Sedimentet från prov nummer ett, från vattenbrynet, benämns efter siktanalys till grusig finsand. Analysen i Gradstat 8.0 (Blott & Pye 2001) hade en fel-

marginal på 0,9 % (bilaga 1), vilket inom ramarna för gällande analys är godkänt. Finare fraktioner än finsand återfanns ej i siktprovet, utan representeras av den massa som tvättats bort innan siktning. Provet består i huvudsak av sand, varav en hög sorteringsgrad förekommer. Hydrometeranalysen visade inte på någon märkbar avsänkning, vilket avspeglar avsaknaden av större mängder finare kornstorlekar ($\leq 0,08$ mm) i provet som helhet.

För prov två, 5 meter från vattenbrynet, klassificerades sedimentet till en grusig grovsand. Även här dominerar sandfraktionen, vilket gör att sedimentet i sin helhet har en hög sorteringsgrad. Siktningen gav en felmarginal på 0,5 %, vilket för analysens godtagbarhet är godkänt. Den grusiga grovsanden innehöll inga kornstorlekar mindre än finsand (förutom det material som tvättades bort innan siktning), vilket även syntes i hydrometeranalysen där ingen förändring skedde under hela förloppet vilket i sin tur visade på inget innehåll av kornstorlekar $\leq 0,08$ mm.

Utifrån fotografierna från fältarbetet under 2019 (figur 11) syns det hur sedimenten är av grövre karaktär i den övre strandzonen, där det går att urskilja kornstorlekar om uppskattningsvis grus och sten, vilket bör beaktas vid beskrivning av platsens sedimentologi.

En komplett klassifikation utifrån Wright & Short (1984) av stranden hade krävt närmare fältarbete och fler mätningar. Eftersom det till denna studie inte finns data för exempelvis strandens sluttningsgradient, våghöjd eller vågperiod går det därför inte att utföra en matematisk beräkning för att klassificera stranden vid Levinhamna som fullt dissipativ, högre reflekterande eller något av de fyra intermediära stadierna. Det går utifrån fotografierna att få en viss aning om vilket stadium stranden befinner sig i, även om det här också hade behövt kompletteras med fältstudier för närmare observationer av hur stranden ser ut även kring och utanför brytningen. Från det som går att observera från de tillgängliga fotografierna är den inre delen av den övre strandzonen karaktäriserad av en något brantare sluttning upp mot slättlandskapet inåt land. Förutom den delen är stranden ned till lågvattengränsen, det vill säga även hela området för kustlinjeslänten, kontinuerligt svagt sluttande. Detta möter ett av kriterierna för en mer dissipativ strand och därmed en strand som vanligen utsätts för mer högenergiförhållanden (Wright & Short 1984). Hur strandslutningen ser ut efter lågvattenlinjen går inte att säga närmare utifrån rådande material.

5 Diskussion

5.1 Förändringar av arktiska kuster

Det som från litteraturstudien framgår klart är att Arktis förändras snabbt, där förändringshastigheterna under de senaste åren varit snabbare än uppmätta medelhastigheter från samma platser under längre tider. Detta är fallet både från Herschel Island (Cunliffe et al. 2019), kuster vid Laptevhavet (Gunther et al. 2013) och vid Tjukterhavet (Farquharson et al. 2018). Erosion förekommer på alla platser från litteraturstudien i varierande grad. Ackumuleringen som uppmäts vid Tjukterhavets kust hade likt hastigheterna för erosion ökat (Farquharson et al. 2018), vilket visar på att oavsett om det sker erosion eller ackumulering är det en



Fig. 11. Del av stranden där övergången mellan kustlinjeslänt och övre strandzon går att se, där grövre sediment som grus och sten går att urskilja i den övre strandzonen. Från mätningar i fält är det ungefär 2 m höjdskillnad från gränsen mellan kustlinjeslänt och övre strandzon (gräns mellan finare och grövre strandsediment, samt där ilandspolat material går att urskönja). Foto: The IK Foundation / Field Station | Naturae Observatio | Martin's Eye | www.ikfoundation.org.

ökad aktivitet längs de arktiska kusterna som går att beskåda under senare år. Stormhändelser (Cunliffe et al. 2019; Sinitsyn et al. 2020; Zagorski et al. 2020) samt vindpåverkan (Cunliffe et al. 2019; Klein et al. 2019; Zagorski et al. 2019) bidrar till mer erosion, likt en minskad tid havsisen täcker kusterna (Barnhart et al. 2014; Gunther et al. 2015; Zagorski et al. 2015; Farquharson et al. 2018). Minskad havsisutbredning medför en ökad stryklängd (Farquharson et al. 2018), vilket i sin tur möjliggör en större vågpåverkan på kusterna.

Viktigt är dock som framgår att det inte bara är en ensam faktor som bidrar till kusternas geomorfologiska utseende och förändringar, utan flera olika i samspel med varandra. Det framgår även att det inte bara är en typ av kust eller strand som påverkas, då alla olika områden påverkas men i olika grad. Att det från flera studier läggs vikt vid att förändringarna har skett snabbare under de senaste åren, samt att temperaturen höjs och havsis försvinner ligger i enlighet med de snabba förändringar i exempelvis temperatur (IPCC 2014; Box et al. 2019; Meredith et al. 2019) som sker från rådande klimatförändringar gör därför att ett visst samband kan dras till storskaliga händelser i form av klimatförändringar och även stormhändelser främst gällande frekvens och hastighet av de kustförändringar som sker. Det vill säga att de förändringar som sker längs med Arktis kuster högst sannolikt inte hade skett i samma snabba grad som de nu rapporteras göra. Då IPCC (2014) dessutom påpekar att en fortsatt uppvärmning under kommande år kommer ske går det också att förmoda att den snabba utvecklingen hos de arktiska kusterna också kommer att fortgå.

Som Barnhart et al. (2014) belyser är det inte enbart en ensam faktor som påverkar hur kusterna förändras, vilket gör att säga rakt av att alla kuster kommer påverkas till lika grad och av exakt samma processer till följd av klimatförändringarna inte går. Detta i sin tur gör att än mer undersökningar kommer bli nöd-

vändiga under kommande år för att jämföra erosionshastigheter samt jämföra stränder och kuster som tidigare endast undersökts säsongsvist för att kunna spåra hur de påverkas individuellt. De undersökningar som har genomförts har både varit säsongsbundna samt över längre tidsperioder, där en klar majoritet av den behandlade litteraturen utvärderar data från längre tidsperioder. Det finns även exempel på sammanfattningar av hur läget för de arktiska kusterna totalt ser ut liksom Forbes (2011). Obu et al. (2016) nämner dessutom hur flera av studierna enbart undersökt hur strandlinjen förändrats i plan och inte volymmässigt, där de volymmässiga undersökningarna enligt dem verkar höra samman bättre med påverkan från klimatförändringar. Om detta är fallet är detta definitivt något att ta i beaktande vid kommande studier längs arktiska kuster, om inte annat för att komplettera de redan existerande studier som finns över strandlinjeförändringar.

5.2 Prins Karls Forland sommaren 2019

Under 9 maj till 12 juli syns inga förändringar av strandens bakre gräns för den övre strandzonen från det att den blivit isfri. Stranden går att konstatera som helt isfri den 19 juni, men avsmältning börjar redan i slutet av maj och stora delar av stranden är isfria i juni innan den 19:e juni. Detta medför att isen är en begränsande faktor för förändringar av områdets morfologi och eventuell stranderosion under ungefär hälften av tiden för undersökningsperioden. Ju längre isen täcker kusten under året, desto längre kommer det således finnas en naturlig barriär gentemot erosion på platsen och om isen vid Levinhamna följer den övergripande trenden av minskad havsis (Barnhart et al. 2014; IPCC 2014; Gunther et al. 2015; Farquharson et al. 2018; Box et al. 2019; Meredith et al. 2019) kommer följaktligen kusten lättare utsättas för förändringar. Förändring i strandens övre gräns för kustlinjeslänten är också synbart styrd av isen, då gränsen vid is närvarande begränsas till isens utbredning. När isen smält av jämfördes gränser för kustlinjeslänten mellan den 13 juni och 11 juli (figur 6), där ingen större förändring kan ses förutom i strandens södra del där gränsen hade migrerat en liten bit inåt land, vilket tyder på en svag erosion av den södra stranddelen. Den förändring som syns är inte stor, men visar oavsett på att stranden påverkas och omarbetas under den tid som is inte täcker stranden. Huruvida den förändring som syns beror av kontinuerliga erosiva förhållanden under längre tidsperioder eller om förändringen är kopplad till en enstaka ensäsongshändelse är svårt att säga med säkerhet, men utifrån uppmätt meteorologiska data där inga vindhastigheter uppmättes i stormhastigheter och nederbörds mängden var ytterst sparsam är det mindre troligt att förändringen av den södra delen av stranden har uppstått av en enstaka händelse utan av en kontinuerlig process över tiden stranden är isfri. Att förändringen inte är beroende av stormhändelser stärks även av det faktum att den bakre gränsen för den övre strandzonen inte har förändrats under undersökningsperioden. Påverkan på stranden syns även i omarbetningen av uppspolat sjögräs och annat ilandspolat material som får olika positioner inom kustlinjeslänten beroende på vågaktivitet. Viktigt att belysa är även att förändringar kan ske i den vattentäckta delen av stranden och inte bara vid kustlinjeslänten och den övre

strandzonen där fotografierna har uppsikt.

En problematik med dessa jämförelser ligger i svårigheterna att kvantifiera data från fotografierna. Skalan är dels uppskattad utifrån mätningar i fält samt studier av kartmaterial, vilket gör att det inte är möjligt att bestämma exakta avstånd för förändringarna. Det är även svårare att notera mindre förändringar som sker på stranden då skalan är mindre längre bort längs stranden än närmare vid fältstationen och således har svårare att notera förändringar som eventuellt syns närmare fältstationen. Detta medför att de förändringar som går att utläsa från det fotografiska materialet endast blir huruvida strandlinjen har avancerat utåt eller har dragit sig tillbaka in mot land.

Uppmätta temperaturer från stranden är jämförbara med temperaturdata från Isfjord radio (YR 2020), men stranden vid Levinhamna har en något högre medeltemperatur under juni och juli. Båda områden hade sin högsta uppmätta temperatur i juli. Från detta går det att anta att temperaturkurvan vid Levinhamna följer Isfjord radio ungefärligt under året, vilket gör att det bara är juni – september som har en medeltemperatur över 0 °C (YR 2020), vilket indirekt blir de månader som isen kan smälta bort från kusten och möjliggöra större kustförändringar. Sett till Ny-Ålesunds temperaturdata från ett längre tidsspann syns även hur medeltemperaturen årligen har stigit under de senaste 20–30 åren (Norwegian Meteorological Institute 2020), vilket innebär att tiden med en medeltemperatur över 0 °C kan komma att öka inom en snar framtid.

De vindriktningar som totalt sett dominerar kommer in från nordväst, vilket påverkar den möjliga stryklängden för vågorna in mot stranden. Stranden avgränsas av en utstickande udde i nordväst, vilket gör att vågor med längre stryklängd från nordväst enbart når den södra delen av stranden med full kraft (resterande del av stranden nås också av vågorna efter hand men med mindre energi). Det är även från nordväst som de få starkare vindhastigheterna inkommer, vilket medför att en av riktningarna som medför längst stryklängd också är den vindriktning där de starkaste vindarna förekommer. Detta kan också vara en bidragande faktor till att det endast är den södra änden av stranden där en förändring i gränsen mellan kustlinjeslänt och övre strandzon syns. De uppmätta högsta vindhastigheterna ligger i nivå med de högsta vindhastigheterna uppmätta från Cunliffe et al. (2019) och Zagórski et al. (2019), där de också konstaterar en vindpåverkan på kusternas erosion, vilket gör att med de vindförhållanden som finns på stranden vid Levinhamna finns förutsättningar för erosion från vindpåverkan. Det måste med andra ord inte råda vindar i stormhastighet för att stranden ska kunna påverkas. De vanligaste vindhastigheterna låg mellan 0,4 – 6,4 m/s (figur 8). Trots en större spridning i vindriktningar för de lägre vindhastigheterna innebär det nödvändigtvis inte en större inverkan på stranden då vindstyrkorna generellt är svagare och där de ofta registrerades komma in mot stranden från öst, vilket gör att stryklängden inte har möjlighet att komma upp i stora avstånd. Vid de tillfällen vindpåverkade vågor syns från fotografierna har även uppmätt vindhastighet varit högre, omkring 10 m/s, under 16 maj, 6-7 juni och 26–27 juni. Jämfört med Isfjord radios vinddata skedde de högsta vindhastigheterna under vinterhalvåret (YR

2020), då isen fortfarande ligger kvar på stranden. Detta gör att trots att vindarna uppgår till stormhastigheter finns ett visst skydd kvar och skillnaden i hur kusten förändrats med eller utan det skyddet hade högst troligt varit betydande.

Nederbörden i området var ytterst sparsam, vilket i sig inte är särskilt förvånande med tanke på klimatet på platsen under sommaren. 14 maj registrerades en nederbörds mängd om 0,12 mm/h, vilket sammanfaller med snöfallet som skymde kameran den 13–15 maj. Uppmätt nederbörds mängd från juni korreleras även med observationerna om snöfall den 28 juni.

Klassningen av sedimentproverna visar att stranden för fallstudien på Prins Karls Forland består av grusig sand, där mindre sandfraktioner återfinns i vattenbrynet jämfört med platser högre upp på strandvallen, där det övergår till grövre grusiga sediment. Då endast två prover, från vattenbrynet och fem meter från vattenbrynet, har analyserats tas inte det grusigare segmentet av stranden med i beräkningen för sedimentbenämningen. Detta gör att för stranden i sin helhet är provtagningen och den följande sedimentklassningen inte fullt representativ då strandsedimentet troligtvis skulle klassas som grus. För området proverna är tagna på däremot, vilket motsvarar kustlinjesläntområdet, är benämningen desto mer representativ. Avsaknaden av finare fraktioner som silt och lera vittnar om högre energiförhållanden närvarande på stranden, då de inte avsätts utan hålls kvar i vattnets suspension hos högenergikuster (Davidson-Arnott 2010). Att stranden utsätts för högenergiförhållanden stärks även av att den efter Wright & Short (1984) strandklassificeringar verkar vara åt det mer dissipativa hållet. Trots att stranden i fråga ligger lite mer skyddat i en mindre bukt utsätts stranden alltså för högenergiförhållanden. De bakre delarna av den övre strandzonen som består av sediment i grus- och stenfraktioner (figur 11) visar också på hur detta område typiskt bara kan påverkas betydligt av stormar och extrema väderleksförhållanden (Davidson-Arnott 2010; Coco & Ciavola 2017). Avsaknaden av sådana händelser från de uppmätta meteorologiska data under sommarperioden 2019 gör också att den övre strandzonen inte bör påverkas, vilket även konstaterades genom fotoanalysen där inte heller några vågor når upp till gällande område och genom vindhastighetsanalysen för frånvaro av stormvindar.

Utifrån all data går det därmed att konstatera att ingen större förändring går att registrera på stranden under undersökningsperioden, dels på grund av istäckning under halva tiden dels på grund av den grundläggande möjligheten att kunna säga med säkerhet från tillgängliga fotografier om en betydande förändring av hela strandens utseende har skett. Det förekommer inte specifika händelser som går att klassificera som storm under perioden och jämfört med såväl nederbörds mängd som vindhastigheter är förhållandena relativt lugna, även om det finns bevis för att de vindhastigheter som registrerats mycket väl kan bidra till erosion på platsen. Strandens är också relativt skyddad i den bukt den ligger i med tanke på dominerande vindriktningar. Allt detta utesluter dock inte en betydande kustlinjeförändring under längre mätperioder och under andra delar av året speciellt med rådande temperaturförändringar och följande isavsmältning.

6 Slutsatser

Efter sammanvägning av resultat och diskussion kan slutsatserna sammanfattas enligt nedanstående punkter.

- Arktiska kuster är utsatta för en snabbare förändring av miljön under de senaste åren, där kusterosion uppmätts på näst intill alla undersökta områden. Havsis och isavsmältning påverkar också kusterna då ett naturligt skydd mot erosion försvinner (Barnhart et al. 2014; Gunther et al. 2015; Farquharson et al. 2018) och vindpåverkan är en av de viktigare faktorerna för kustmorfologiska förändringar (Wright & Short 1984; Davidson-Arnott 2010; Cunliffe et al. 2019; Klein et al. 2019; Zagórski et al. 2019). Förändringarna kan korreleras till stor del till de förändringar som också drivs på grund av klimatförändringar.
- Kusterna är känsligare under sommarmånaderna när temperaturen gör att den täckande havsisen och isen smälter, vilket blottlägger kusterna för större påverkan av olika kustprocesser. Detta är speciellt problematiskt med rådande klimatförändringar då tiden kusterna är isfria förlängs.
- Strandens sediment klassas till grusig finsand och grusig grovsand efter SGF:s korngruppskala (Karlsson & Hansbo 1984), där de grövre kornstorlekarna återfinns högre upp på strandprofilen. Det råder högenergiförhållanden på stranden.

6.1 Förslag till ytterligare undersökningar

För vidare undersökningar och möjlighet till säkrare klassificering enligt Wright & Short (1984) av stranden vid Levinhamna hade studier under en längre period behövts, gärna över ett år eller längre, där en fältstudie med uppmätning av sluttningsgradient, våghöjd eller vågperiod utförs som exempel. Detta för att kunna spåra om det förekommer mer stormar under någon del av året, se hur isen spelar in under resterande del av året och bättre klassificering av stranden. Längre mätperioder kan också resultera i säkrare resultat kring hur kraftig erosion stranden verkligen utsätts för.

7 Tack

Ett stort tack till min handledare på Geologiska institutionen i Lund, Helena Alexanderson, för bra återkoppling och hjälp under arbetets gång. Jag vill också rikta ett tack till The IK Foundation och Lars Hansen på The IK Foundation för ett gott samarbete

samt erhållna data från fältstationen Martin's Eye. Ytterligare ett tack till Måns Sjöberg och Viveka Hansen som via The IK Foundation samlade in sedimentproverna och fältdata vid Levinhamna 2019. Tack även till Britta Smångs på Geobiblioteket i Lund för god hjälp med referenser. Sist men inte minst, stort tack till familj och kurskamrater för goda samtal och motivation under skrivandets gång.

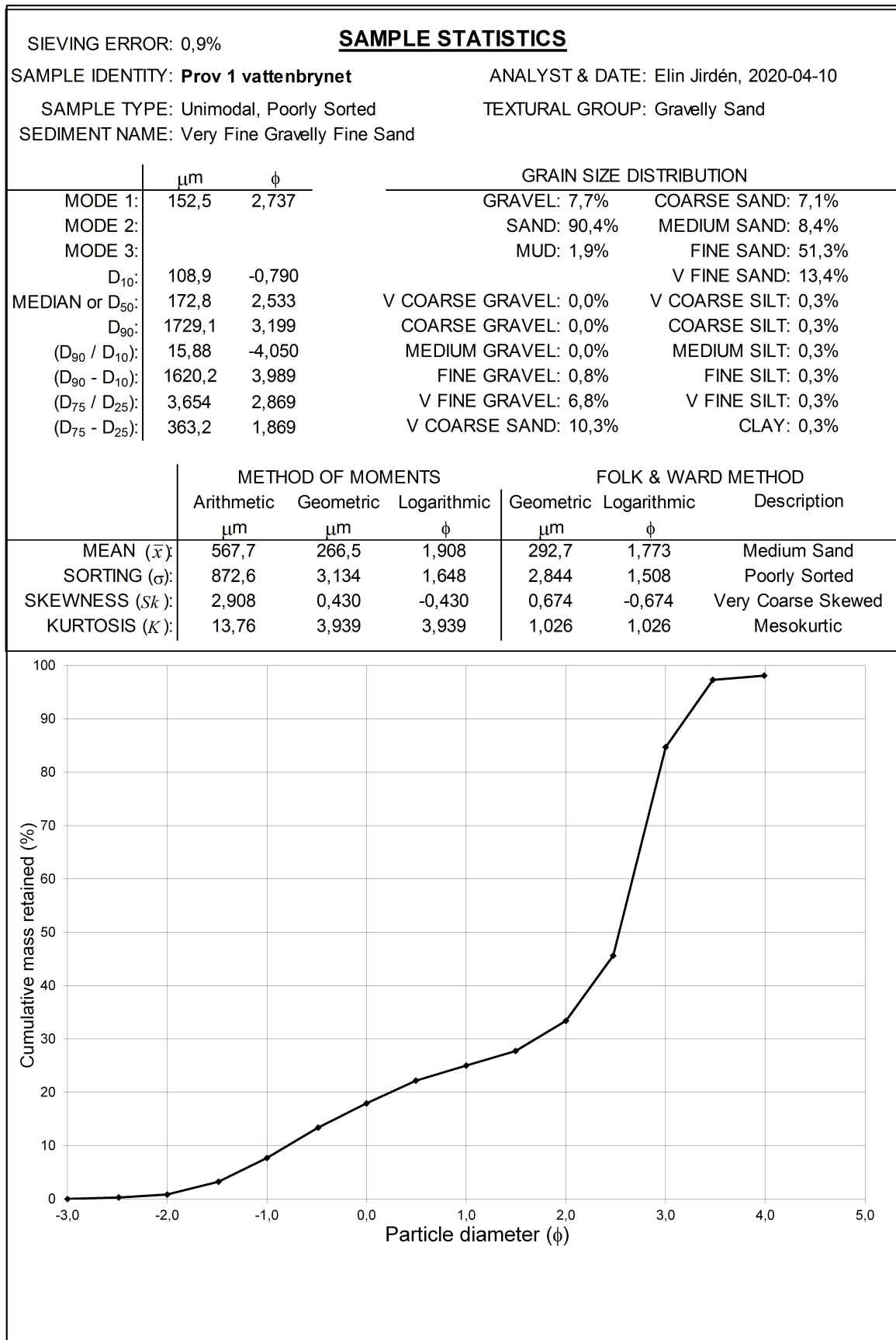
8 Referenser

- Barnhart, K. R., Overeem, I. & Anderson, R. S., 2014: The effect of changing sea ice on the physical vulnerability of Arctic coasts. *Cryosphere* 8, 1777-1799. doi: 10.5194/tc-8-1777-2014
- Blott, S. J. & Pye, K., 2001: GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes & Landforms* 26, 1237-1248.
- Box, J. E., Colgan, W. T., Christensen, T., Schmidt, N. M., Lund, M., Parmentier, F.-J. W., Brown, R., Bhatt, U. S., Euskirchen, E. S., Romanovsky, V. E., Walsh, J. E., Overland, J. E., Wang, M., Corell, R., Meier, W. N., Wouters, B., Mernild, S. H., Mård, J., Pawlak, J. & Olsen, M. S., 2019: Key indicators of Arctic climate change: 1971–2017. *Environmental Research Letters*. doi: 10.1088/1748-9326/aaf1b
- Coco, G. & Ciavola, P., 2017: *Coastal Storms: Processes and Impacts*. Wiley Blackwell, Chichester, West Sussex. 266 pp.
- Cunliffe, A. M., Tanski, G., Radosavljevic, B., Palmer, W. F., Sachs, T., Lantuit, H., Kerby, J. T. & Myers-Smith, I. H., 2019: Rapid retreat of permafrost coastline observed with aerial drone photogrammetry. *Cryosphere* 13, 1513-1528. doi: 10.5194/tc-13-1513-2019
- Dallmann, W. K., 2018: Rock types of Svalbard. [Map] 1:2000000. Norwegian Polar Institute. Tromsø. Retrieved 2020-05-13, from <https://www.npolar.no/wp-content/uploads/2018/10/map-svalbard-rock-types-2000000-762x1030.jpg>.
- Davidson-Arnott, R., 2010: *Introduction to coastal processes and geomorphology*. Cambridge University Press, Cambridge. 442 pp.
- Delteus, Å. & Kristiansson J. (red.), 2000: *Kompendium i jordartsanalys - laboratorieanvisningar. 4. omarb. uppl.* Kvartärgeologiska institutionen, Stockholms universitet, Stockholm. 166 pp.
- Elvevold, S., Dallmann, W. & Blomeier, D., 2007: *Geology of Svalbard*. Norwegian Polar Institute, Tromsø. 36 pp.
- Farquharson, L. M., Mann, D. H., Swanson, D. K., Jones, B. M., Buzard, R. M. & Jordan, J. W., 2018: Temporal and spatial variability in coastline response to declining sea-ice in northwest Alaska. *Marine Geology* 404, 71-83. doi: 10.1016/j.margeo.2018.07.007
- Forbes, D. L. (ed.) 2011: *State of the Arctic Coast 2010 – Scientific Review and Outlook*. International Arctic Science Committee, Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone, Arctic Monitoring and Assessment Programme, International Permafrost Association. Helmholtz-Zentrum, Geesthacht, Germany, 178 pp.
- Gunther, F., Overduin, P. P., Sandakov, A. V., Grosse, G. & Grigoriev, M. N., 2013: Short- and long-term thermo-erosion of ice-rich permafrost coasts in the Laptev Sea region. *Biogeosciences* 10, 4297-4318. doi: 10.5194/bg-10-4297-2013
- Gunther, F., Overduin, P. P., Yakshina, I. A., Opel, T., Baranskaya, A. V. & Grigoriev, M. N., 2015: Observing Muostakh disappear: permafrost thaw subsidence and erosion of a ground-ice-rich island in response to arctic summer warming and sea ice reduction. *Cryosphere* 9, 151-178. doi: 10.5194/tc-9-151-2015
- Hanson, H., u.å.: *Kustordlistan*. Retrieved 2020-05-12, from <http://www.kustordlistan.se/ordlistan.html>.
- Hormes, A., Gjermundsen, E. F. & Rasmussen, T. L., 2013: From mountain top to the deep sea – Deglaciation in 4D of the northwestern Barents Sea ice sheet. *Quaternary Science Reviews* 75, 78-99. doi: 10.1016/j.quascirev.2013.04.009
- IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Karlsson, R. & Hansbo, S., 1984: *Geotekniska laboratorieanvisningar D. 2 Jordarternas indelning och benämning*. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm. 47 s.
- Kartverket, u.å.: *Se Havsnivå - Ny-Ålesund (Svalbard)*. Retrieved 2020-05-08, from <https://kartverket.no/en/sehavniva/Lokasjonsside/?cityid=9000015&city=Ny-%C3%85lesund>.
- Kartverket Sjødivisjonen, 2020: *Tidevannstabeller For den norske kyst med Svalbard samt Dover, England.* Kartverket, Stavanger. 89 pp.
- Klein, K. P., Lantuit, H., Heim, B., Fell, F., Doxaran, D. & Irrgang, A. M., 2019: Long-Term High-Resolution Sediment and Sea Surface Temperature Spatial Patterns in Arctic Nearshore Waters Retrieved Using 30-Year Landsat Archive Imagery. *Remote Sensing* 11, 21. doi: 10.3390/rs11232791
- Meredith, M., Sommerkorn, M., Cassotta, S., Derksen, C., Ekaykin, A., Hollowed, A., Kofinas, G., Mackintosh, A., Melbourne-Thomas, J., Muelbert, M. M. C., Ottersen, G., Pritchard, H. & Schuur, E. A. G., 2019: Polar Regions. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.
- Nationalencyklopedin, u.å.-a: *Fetch*. Retrieved 2020-05-14, from <https://www-ne->

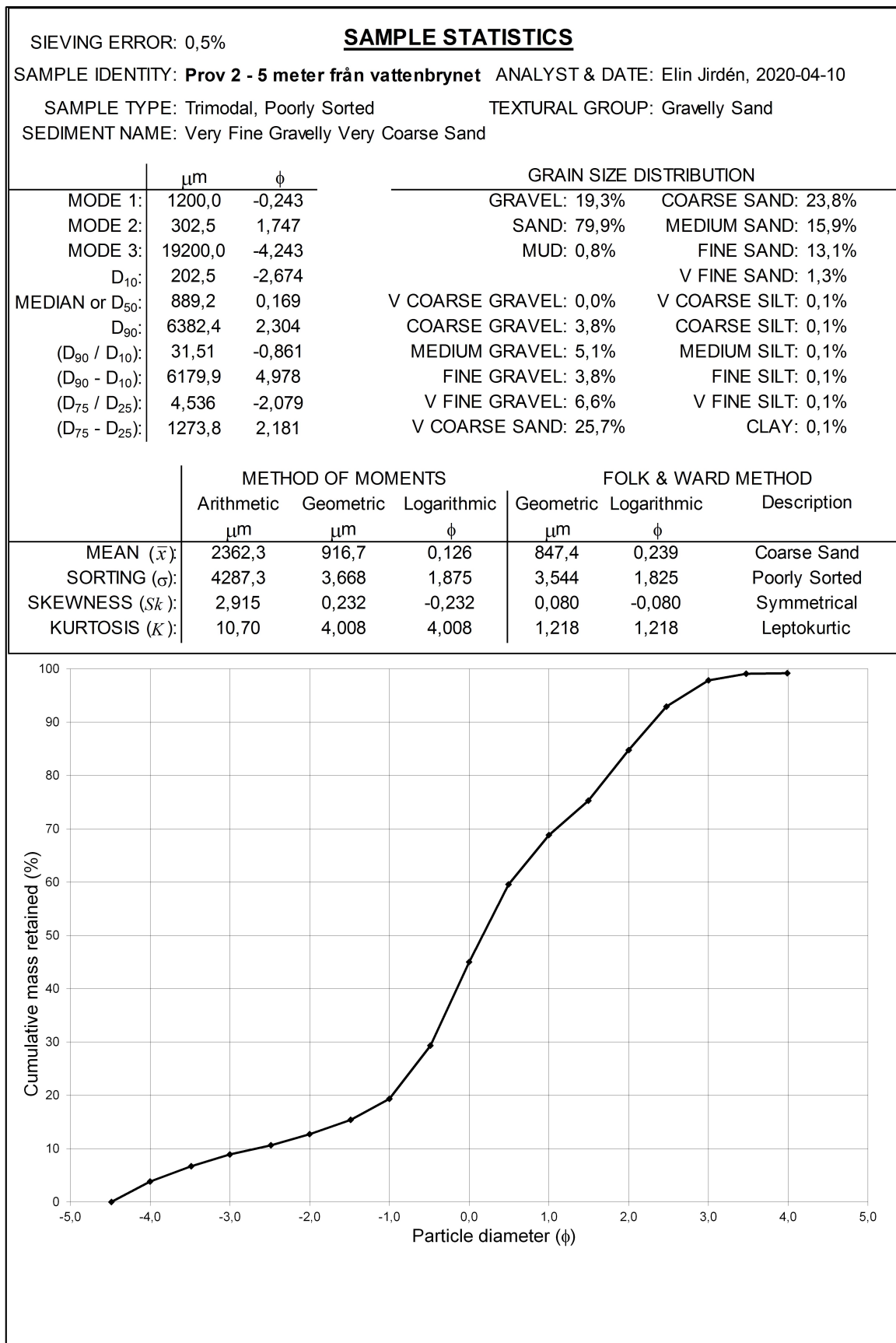
- se.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/!%C3%A5ng/fetch.
- Nationalencyklopedin, u.å.-b: *Svalbard*. Retrieved 2020-05-21, from <https://www-nese.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/!%C3%A5ng/svalbard>.
- Norwegian Meteorological Institute, 2020: *Air temperature in Svalbard, annual mean*. Environmental monitoring of Svalbard and Jan Mayen (MOSJ). Retrieved 2020-05-12, from <http://www.mosj.no/en/climate/atmosphere/temperature-precipitation.html>.
- Norwegian Polar Institute, u.å.: *TopoSvalbard*. Retrieved 2020-05-05, from <https://toposvalbard.npolar.no/>.
- Obu, J., Lantuit, H., Fritz, M., Pollard, W. H., Sachs, T. & Gunther, F., 2016: Relation between planimetric and volumetric measurements of permafrost coast erosion: a case study from Herschel Island, western Canadian Arctic. *Polar Research* 35. doi: 10.3402/polar.v35.30313
- Sinitsyn, A. O., Guegan, E., Shabanova, N., Kokin, O. & Ogorodov, S., 2020: Fifty four years of coastal erosion and hydrometeorological parameters in the Varandey region, Barents Sea. *Coastal Engineering* 157. doi: 10.1016/j.coastaleng.2019.103610
- SMHI, 2019: *Skalor för vindhastighet*. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. Retrieved 2020-05-08, from <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/skalor-for-vindhastighet-1.252?fbclid=IwAR1mZ4KKSO-OW-1CkASrbIjjVu-vO5OuYXNUPTnQDmTn2W1AAINOmYISMkhE>.
- SMHI, 2020: *Tidvatten*. Retrieved 2020-05-14, from <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/tidvatten-1.321>.
- Strzelecki, M. C., Szczuciński, W., Dominiczak, A., Zagórski, P., Dudek, J. & Knight, J., 2020: New fjords, new coasts, new landscapes: The geomorphology of paraglacial coasts formed after recent glacier retreat in Brepollen (Hornsund, southern Svalbard). *Earth Surface Processes & Landforms* 45, 1325.
- The IK Workshop Society at The IK Foundation, 2020a: *iProjects | Bridge Builder Expeditions - Spitsbergen (Svalbard)*. Retrieved 2020-05-07, from <https://www.ikfoundation.org/ilinnaeus/iprojects/spitsbergen-p1.php>.
- The IK Workshop Society at The IK Foundation, 2020b: *Research Area | Forlandsøyane and Prins Karls Forland on Spitsbergen, Svalbard*. Retrieved 2020-05-07, from <https://www.ikfoundation.org/ilinnaeus/fieldstation/researcharea.php>.
- The IK Workshop Society at The IK Foundation, 2020c: *Station Schematics - Exterior*. Retrieved 2020-05-07, from <https://www.ikfoundation.org/ilinnaeus/fieldstation/stationschematics-martinseye-exterior.php#contenttop>.
- Wright, L. D. & Short, A. D., 1984: Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. *Marine Geology* 56, 93-118. doi: [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(84\)90008-2](https://doi.org/10.1016/0025-3227(84)90008-2)
- YR, 2020: *Isfjord radio Statistics. Last 13 months*. Weather forecast from Yr, delivered by the Norwegian Meteorological Institute and NRK. Retrieved 2020-05-13, from <https://www.yr.no/en/statistics/graph/5-99790/Norway/Svalbard/Svalbard/Isfjord%20radio>.
- Zagorski, P., Jarosz, K. & Superson, J., 2020: Integrated Assessment of Shoreline Change along the Calypsostranda (Svalbard) from Remote Sensing, Field Survey and GIS. *Marine Geodesy*, 39. doi: 10.1080/01490419.2020.1715516
- Zagórski, P., Medrek, K., Rodzik, J., Moskalik, M., Herman, A., Pawłowski, L. & Jaskólski, M., 2019: Short-term development of Arctic beach system: Case study of wave control on beach morphology and sedimentology (Calypsostranda, Bellsund, Svalbard). *Polish Polar Research* 40, 79-104. doi: 10.24425/ppr.2019.128368
- Zagorski, P., Rodzik, J., Moskalik, M., Strzelecki, M. C., Lim, M., Błaszczyk, M., Prominska, A., Kruszewski, G., Styszynska, A. & Malczewski, A., 2015: Multidecadal (1960-2011) shoreline changes in Isbjornhamna (Hornsund, Svalbard). *Polish Polar Research* 36, 369-390. doi: 10.1515/popore-2015-0019

Bilaga 1: Resultat från kornstorleksanalyser

Siktanalys av prov 1



Siktanalys av prov 2



Bilaga 2: Resultat från Hydrometeranalyser

Hydrometeranalys prov 1

Provmängd: 89,2 g + 6.7 g (>2 mm).

Halt mtrl <2 mm (a): 89,2 g.

Hydrometer nr: 50758.

Korrektion: -2,5

$h = (100 - 7,66...) * 100 = 0,92...$

Sed. tid (min)	Avläsning g/l			Korr. Medelv (b)	Kornstorlek d	Vikt-% mtrl i susp <d $C=(b/a)*100$	*Mtrl <d i vikt-% av mtrl <2 mm $e=c*h$	Mtrl >d i vikt-% av mtrl <2 mm $f=100-e$	Vikt-% av total mängd f_2-f_1
	1:a	2:a	Medelv						
0,5	2	3	2,5	0	0,08	0	0	0	0
1	2	3	2,5	0	0,0575	0	0	0	0
2	2	3	2,5	0	0,04	0	0	0	0
5	2	3	2,5	0	0,026	0	0	0	0
10	2	3	2,5	0	0,018	0	0	0	0
20	2	3	2,5	0	0,013	0	0	0	0
50	2,5		2,5	0	0,008	0	0	0	99,48
100	3		3	0,5	0,0055	0,56	0,52	99,48	0
200	3		3	0,5	0,004	0,56	0,52	99,48	0
400	3		3	0,5	0,0028	0,56	0,52	99,48	0
1 dgn	3		3	0,5	0,0015	0,56	0,52	99,48	0,52

Hydrometeranalys prov 2

Provmängd: 80,4 g + 20,8 g (>2 mm).

Halt mtrl <2 mm (a): 80,4 g.

Hydrometer nr: 50684.

Korrektion: -3

Sed. tid (min)	Avläsning g/l			Korr. Medelv (b)	Kornstorlek d	Vikt-% mtrl i susp <d $C=(b/a)*100$	*Mtrl <d i vikt-% av mtrl <2 mm $e=c*h$	Mtrl >d i vikt-% av mtrl <2 mm $f=100-e$	Vikt-% av total mängd f_2-f_1
	1:a	2:a	Medelv						
0,5	3	3	3	0	0,08	0	0	100	0
1	3	3	3	0	0,0575	0	0	100	0
2	3	3	3	0	0,04	0	0	100	0
5	3	3	3	0	0,025	0	0	100	0
10	3	3	3	0	0,018	0	0	100	0
20	3	3	3	0	0,013	0	0	100	0
50	3		3	0	0,008	0	0	100	0
100	3		3	0	0,0055	0	0	100	0
200	3		3	0	0,004	0	0	100	0
400	3		3	0	0,0028	0	0	100	0
1 dgn	3		3	0	0,0015	0	0	100	0

Bilaga 3: Använda fotografier

Alla fotografier kommer från The IK Foundation / Field Station | Naturae Observatio | Martin's Eye | www.ikfoundation.org.

2019-05-09 22:51:26



2019-05-12 13:51:24



2019-05-19 20:51:20



2019-05-23 11:51:18



2019-05-31 18:51:14



2019-06-06 05:51:12



2019-06-13 09:51:09



2019-06-13 16:51:09



2019-06-27 17:51:05



2019-07-04 09:51:04



2019-07-11 13:51:02



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

543. Chitindingu, Tawonga, 2018: Petrological characterization of the Cambrian sandstone reservoirs in the Baltic Basin, Sweden. (45 hp)
544. Chonewicz, Julia, 2018: Dimensionerande vattenförbrukning och alternativa vattenkvaliteter. (15 hp)
545. Adeen, Lina, 2018: Hur lämpliga är de geofysiska metoderna resistivitet och IP för kartläggning av PFOS? (15 hp)
546. Nilsson Brunlid, Anette, 2018: Impact of southern Baltic sea-level changes on landscape development in the Verkeån River valley at Haväng, southern Sweden, during the early and mid Holocene. (45 hp)
547. Perälä, Jesper, 2018: Dynamic Recrystallization in the Sveconorwegian Frontal Wedge, Småland, southern Sweden. (45 hp)
548. Artursson, Christopher, 2018: Stratigraphy, sedimentology and geophysical assessment of the early Silurian Halla and Klinteberg formations, Altajme core, Gotland, Sweden. (45 hp)
549. Kempengren, Henrik, 2018: Att välja den mest hållbara efterbehandlingsmetoden vid sanering: Applicering av beslutsstödsverktyget SAMLA. (45 hp)
550. Andreasson, Dagnija, 2018: Assessment of using liquidity index for the approximation of undrained shear strength of clay tills in Scania. (45 hp)
551. Ahrenstedt, Viktor, 2018: The Neoproterozoic Visingsö Group of southern Sweden: Lithology, sequence stratigraphy and provenance of the Middle Formation. (45 hp)
552. Berglund, Marie, 2018: Basaltkuppen - ett spel om mineralogi och petrologi. (15 hp)
553. Hernnäs, Tove, 2018: Garnet amphibolite in the internal Eastern Segment, Sveconorwegian Province: monitors of metamorphic recrystallization at high temperature and pressure during Sveconorwegian orogeny. (45 hp)
554. Halling, Jenny, 2019: Characterization of black rust in reinforced concrete structures: analyses of field samples from southern Sweden. (45 hp)
555. Stevic, Marijana, 2019: Stratigraphy and dating of a lake sediment record from Lyngsjön, eastern Scania - human impact and aeolian sand deposition during the last millennium. (45 hp)
556. Rabanser, Monika, 2019: Processes of Lateral Moraine Formation at a Debris-covered Glacier, Suldenferner (Vedretta di Solda), Italy. (45 hp)
557. Nilsson, Hanna, 2019: Records of environmental change and sedimentation processes over the last century in a Baltic coastal inlet. (45 hp)
558. Ingered, Mimmi, 2019: Zircon U-Pb constraints on the timing of Sveconorwegian migmatite formation in the Western and Median Segments of the Idefjorden terrane, SW Sweden. (45 hp)
559. Hjorth, Ingeborg, 2019: Paleomagnetisk undersökning av vulkanen Rangitoto, Nya Zeeland, för att bestämma dess utbrottshistoria. (15 hp)
560. Westberg, Märta, 2019: Enigmatic worm-like fossils from the Silurian Waukesha Lagerstätte, Wisconsin, USA. (15 hp)
561. Björn, Julia, 2019: Undersökning av påverkan på hydraulisk konduktivitet i förorenat område efter in situ-saneringsförsök. (15 hp)
562. Faraj, Haider, 2019: Tolkning av georadarprofiler över grundvattenmagasinet Verveln - Gullringen i Kalmar län. (15 hp)
563. Bjermo, Tim, 2019: Eoliska avlagringar och vindriktningar under holocen i och kring Store Mosse, södra Sverige. (15 hp)
564. Langkjaer, Henrik, 2019: Analys av Östergötlands kommande grundvattenresurser ur ett klimtperspektiv - med fokus på förstärkt grundvattenbildning. (15 hp)
565. Johansson, Marcus, 2019: Hur öppet var landskapet i södra Sverige under Atlantisk tid? (15 hp)
566. Molin, Emmy, 2019: Litologi, sedimentologi och kolisotopstratigrafi över krita-paleogen-gränsintervallet i borrhningen Limhamn-2018. (15 hp)
567. Schroeder, Mimmi, 2019: The history of European hemp cultivation. (15 hp)
568. Damber, Maja, 2019: Granens invandring i sydvästa Sverige, belyst genom pollenanalys från Skottenesjön. (15 hp)
569. Lundgren Sassner, Lykke, 2019: Strandmorfologi, stranderosion och stranddeposition, med en fallstudie på Tylösand sandstrand, Halland. (15 hp)
570. Greiff, Johannes, 2019: Mesozoiska konglomerat och Skånes tektoniska utveckling. (15 hp)
571. Persson, Eric, 2019: An Enigmatic Cerapodian Dentry from the Cretaceous of southern Sweden. (15 hp)
572. Aldenius, Erik, 2019: Subsurface characterization of the Lund Sandstone – 3D model of the sandstone reservoir and evaluation of the geoenery storage potential, SW Skåne, South Sweden. (45 hp)
573. Juliusson, Oscar, 2019: Impacts of subglacial processes on underlying bedrock. (15 hp)

574. Sartell, Anna, 2019: Metamorphic paragenesis and P-T conditions in garnet amphibolite from the Median Segment of the Idefjorden Terrane, Lilla Edet. (15 hp)
575. Végvári, Fanni, 2019: Vulkanisk inverkan på klimatet och atmosfärcirkulationen: En litteraturstudie som jämför vulkanism på låg respektive hög latitud. (15 hp)
576. Gustafsson, Jon, 2019: Petrology of platinum-group element mineralization in the Koillismaa intrusion, Finland. (45 hp)
577. Wahlquist, Per, 2019: Undersökning av mindre förkastningar för vattenuttag i sedimentärt berg kring Kingelstad och Tjutebro. (15 hp)
578. Gaitan Valencia, Camilo Esteban, 2019: Unravelling the timing and distribution of Paleoproterozoic dyke swarms in the eastern Kaapvaal Craton, South Africa. (45 hp)
579. Eggert, David, 2019: Using Very-Low-Frequency Electromagnetics (VLF-EM) for geophysical exploration at the Albertine Graben, Uganda - A new CAD approach for 3D data blending. (45 hp)
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 ortognejser i den undre delen av Särsvskollan, 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 ackumulation längs kuststräckan Trelleborg - Abbekås 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)



LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen
Lunds universitet
Sölvegatan 12, 223 62 Lund