

# Drumliner vid moderna glaciärer— hur vanliga är de?

***Monica Andersson***

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,  
kandidatarbete, nr 408  
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen  
Lunds universitet  
2014



# **Drumliner vid moderna glaciärer— hur vanliga är de?**

Kandidatarbete  
Monica Andersson

Geologiska institutionen  
Lunds universitet  
2014

# Innehåll

<b>1 Introduktion</b> .....	<b>7</b>
1.1 Tidigare och nuvarande kunskap	7
1.2 Forskningsfrågor	7
<b>2 Bakgrund</b> .....	<b>7</b>
2.1 Forntida glacial miljö	7
2.2 Forntida drumliners symmetri	8
2.3 Forntida drumliners längd och bredd	10
2.4 Forntida drumliners höjd	10
2.5 Forntida drumliners sammansättning	10
2.6 Drumliner vid moderna glaciärer	11
2.6.1 Glacial miljö vid Múlajökull	11
2.6.2 Topografi, morfologi, sammansättning och spricksystem	12
2.6.3 Drumliner i Antarktis	13
2.6.4 Iskärmedrumliner—en övergångsform hos moderna drumlinfält	13
<b>3 Metoder</b> .....	<b>14</b>
<b>4 Resultat</b> .....	<b>14</b>
4.1 Drumliner vid forntida glaciärer	14
4.2 Drumliner vid moderna glaciärer	14
<b>5 Diskussion</b> .....	<b>14</b>
<b>6 Slutsatser</b> .....	<b>15</b>
<b>7 Tack</b> .....	<b>15</b>
<b>8 Referenser</b> .....	<b>16</b>

# Drumliner vid moderna glaciärer — hur vanliga är de?

MONICA ANDERSSON

Andersson, M., 2014: Drumliner vid moderna glaciärer — hur vanliga är de? *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 408, 16 sid. 15 hp.

## **Sammanfattning:**

Projektet har genomförts med hjälp av litteraturstudier. Undersökningarna i litteraturen har byggt på geografisk informationssystem (GIS), digital terrängmodell (DTM), fältundersökning och seismisk reflektion. I projektet har det redogjorts skillnader och likheter mellan forntida och moderna drumliner och ett försök att bestämma hur vanliga drumliner är vid moderna glaciärer. Studien visade att likheterna är fler än olikheterna. Den mest betydelsefulla olikheten är symmetrin hos forntida drumliner. I litteraturen anges att de flesta drumliner är klassiskt asymmetriska medan GIS undersökningar visar att symmetriska drumliner är vanligast och istället är klassisk asymmetriska och revers asymmetriska sällsynta. Studien visar också att topografin, morfologi och materialsammansättning är lika hos forntida och moderna drumliner. De flesta drumliner har en längd mellan 250 m till 1000m, bredd mellan 120 m till 300 m och att proportionaliteten (längd/bredd) är mellan 1,7 till 4,1. Den vanligaste höjden är 4 m. De flesta drumliners sammansättning utgörs av morän. Det näst betydande resultatet var, seismisk reflektion undersökningen på Antarktis, upptäckten av en modern drumlinbildning för första gången. Vid isfronten förekommer spricksystem som visar ett radiellt spridningsmönster. Spricksystemets spridningsmönster överensstämmer med drumlinernas spridningsmönster. Dessa likheter tolkas som att det finns fler drumliner under iskanten. Fältundersökningar på Island av iskärnedrumliner visar att det förekommer övergångsformer från drumlin till kullig morän. Och att denna upptäckt kan leda till omtolkningar av forntida landformer. Drumliner vid moderna glaciärer är sällsynta.

**Nyckelord:** asymmetrisk, drumlin, drumlinfält, iskärnedrumlin, morän, relief.

**Handledare:** Ivar Örn Benediktsson

**Ämnesinriktning:** Kvärtärgeologi

*Monica Andersson, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: monica.andersson.206@student.lu.se*

# Drumlins at modern glaciers —how common are they?

MONICA ANDERSSON

Andersson, M, 2014: Drumlins at modern glaciers —how common are they? *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 408, 16 pp. 15 hp (15 ECTS credits) .

The project has been implemented by means of literature studies. The studies in the literature have been based on geographical information systems (GIS), digital terrain model (DTM), field survey and seismic reflection. The project has outlined the differences and similarities between ancient and modern drumlins and an attempt to determine how common drumlins are at modern glaciers. The study showed that the similarities than the differences. The most significant differences are the symmetric of ancient drumlins. The literature indicated that most drumlins are classically asymmetric while GIS survey show that symmetric drumlins are most common and instead is classic asymmetric and reversed asymmetric rare. The study also show that the topography, morphology and material composition is similar in ancient and modern drumlins. Most drumlins have a length between 250 m to 1000 m, width from 120 m to 300 m and that the proportionality (length/width) of between 1.7 to 4.1. The most common height is 4 m. Most drumlins composition consist of moraine. The second significant result was, seismic reflection survey in Antarctica, the discovery of a modern drumlin formation for the first time. At ice front fracture occurs as a radial distribution patterns. Cracking pattern consistent with drumlins scattering pattern. These similarities mean that there are more drumlins in the ice edge. Field investigations on the Island of ice core drumlins shows that there are transitional forms from drumlin to hilly moraine. And that this discovery could lead to reinterpretations of ancient landforms. Drumlins at modern glaciers are rare.

**Keywords:** asymmetri, drumlin, drumlinfield, ice core drumlin, moraine , relief.

**Supervisor(s):** Ivar Örn Benediktsson

**Subject:** Quaternary Geology

*Monica Andersson, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: monica.andersson.206@student.lu.se*

# 1 Introduktion

## 1.1 Tidigare och nuvarande kunskap

Tidigare kunskap om drumliners bygger på forskning och teorier (Spagnolo et al. 2011) och har inte blivit ordentligt ifrågasatta (Spagnolo et al. 2010). Under 1800-talet (Davis 1884) fokuserade forskarna främst på glacialt ursprung och formen på drumlinen. Definitionen hos en drumlin beskrivs i litteraturen under århundrade som en längsgående profil som är asymmetrisk, med en läsida som är mycket långsträckt och ofta en brant stötsida (Bennet och Glasser, 2009). I litteraturen rapporteras om 50 artiklar om drumliners bredd, längd och jämförelse tal (bredd/längd). Clark et al. (2009) nämner om drumliners bredd, 201 m, och längd, 3219 m, och jämförelsetal (längd/bredd) från 1 till 6.

Drumlinernas asymmetriska form var accepterat under 1950-talet. Ingen ifrågasatte detta påståendet (Spagnolo et al. 2010). Andra liknande former som hade en mera symmetrisk form betecknades då som en helt annan landform och att man hade feltolkat isflödesriktningen. Man jämförde ofta drumlinernas form med olika morfologiska utseende såsom omvänd sked, flygplansvinge, cigarr, torped, och äggformiga (Bennett och Glasser, 2009).

Först under 1960 – talet började forskarna att kartera större antal av drumliners (Vernon 1966). Everett (1976) introducerade en ny hypotes som gick emot alla andras idéer där hon antydde att klassisk asymmetri och omvända drumliners kunde finnas inom samma område.

Under 1970 - 1990 talet gjordes det möjligt att kunna basera sin forskning på ett större antal drumliners med hjälp av flygplansbilder och även kartor var en sådan tillgång (Bennett och Glasser 2009). Tidigare hade drumliners studerats i områden som tidigare hade varit täckt av förhistorisk inlandsis. De mest studerade områden är i huvudsak Storbritannien, Irland, Nordamerika, Tyskland, Canada, Finland och Skandinavien.

Efter geografiskt informationssystem (GIS) tillkomst fick forskarna andra förutsättningar att samla statistik. Nu var det möjligt att använda flera parametrar och större provstorlekar (Spagnolo et al. 2010).

Under 2009 upptäcktes ett drumlinfält med 50-tal drumliners vid Múlajökull, Island. Drumlinerna hade bildats av en modern glaciär (Dillner, 2012). Andra områden med moderna glaciärer är Nordamerika, Grönland, Skandinavien och Antarktis (Dillner, 2012).

## 1.2 Forskningsfrågor

Många teorier har framförts under åren men de har sällan testats genom observationer (Spagnolo et al. 2010). På grund av att glaciärbotten är svårtillgänglig har det varit svårt att iaktta hur drumliners aktivt upp-

står under isfronten (Bennett och Glasser, 2009). Men med GIS och digital terrängmodell (DTM) kan man få svar på fler frågor än tidigare (Spagnolo et al. 2010). För att få en helhetssyn vilken drumlinform som är vanligast krävs stora undersökningar av alla drumliners i ett drumlinfält med hjälp av GIS och DTM (Spagnolo et al. 2011). Andra drumlinformer har uppgivits i litteraturen men då har forskare tolkat dem som andra slags landformer (Sharp 1953).

Frågan som ställs idag är om verkligen asymmetrisk drumliners är den vanligaste formen (Spagnolo et al. 2010). Tidigare har man bara haft tillgång till kunskap om längd, bredd och elongation (längd/bredd) genom små provstorlekar samt genom fältobservationer. Hur blir resultatet om man använder tusentals drumliners i en undersökning (Clark et al. 2009)?

Om reliefen hos en drumlin har det framförts flera konkurrerande hypoteser. Vad är medelhöjden för en drumlin? Vilken är den lägsta eller högsta höjden är frågor som kräver svar om man ska kunna lösa drumlinens bildningsprocesser (Spagnolo et al. 2012).

Tidigare har det inte funnits någon sammanställning om vilken den vanligaste forntida drumlinens sammansättning är. Kan sammanställning av litteratur ge en bild av hur den vanligaste drumlinens sammansättning ser ut i förhistoriska områden (Stokes et al. 2011)? Finns det likheter med moderna drumliners (Jónsson et al. 2014)?

Kan klimatförändringen mot högre temperaturer avslöja hur drumliners bildas hos moderna glaciärer (Johnson et al. 2010; Jónsson et al. 2014)?

Vad händer med iskärnsdrumliners efter att iskärnan har avsmält.? Utvecklas de till en ny landform (Schomacker et al. 2006)?

Drumliners och drumlinfält är vanliga inslag i områden där förhistorisk inlandsis drog fram. Däremot är dessa företeelser sällsynta hos moderna glaciärer. Syftet med projektet är få svar på följande frågor:

- Likheter och skillnader mellan forntida drumliners och moderna drumliners?
- Är den asymmetriska drumlinformen vanligast?
- Vilken höjd, längd, bredd och elongationen är typisk för drumliners?
- Vilken är den vanligaste materialsammansättningen för drumliners?
- Har spridning av drumliners och sprickssystem i moderna glaciären något samband?
- Iskärnsdrumliners är det en övergångsform?
- Är moderna drumliners vanliga?

## 2 Bakgrund

### 2.1 Forntida glacial miljö

Forntida glaciär miljö beskriver inlandsisen för 20 000 år sedan. Inlandsisen täckte stora delar av Europa och Nordamerika. När klimatet förändrades mot varmare

temperaturer började inlandsisen avsmälta och efterlämnade ett landskap av olika sedimentavlagringar. (Nationalencyklopedin 2014-06-09). Olika subglaciala avlagringar förekommer i alla områden där det tidigare funnits inlandsis (Spagnolo 2011). Det förekommer olika slags glaciärer, dels tempererade glaciärer och dels polära glaciärer. Tempererade glaciärer innehåller vatten och eroderar sitt underlag. Landformer som förekommer vid glaciärens närområde är av subglaciala avlagringar såsom tvärgående moräner, rullstensåsar och drumliner (Alley et al. 1987; Alley et al. 1989). Drumlinerna förekommer för det mesta i hundratals till tusentals i ett område, drumlinfält (Stokes 2011). Drumliner är avlånga kullar som har bildats i subglaciala miljöer. De flesta är mellan 600 m till 1 km långa och 200 - 400 m breda (Spagnolo et al. 2010). De förekommer i många områden som invaderats av inlandsisen. De ligger parallellt med isflödesriktningen och kan ibland vara överlagrade av varandra på grund av ändrad isflödesriktning (Johnson et al. 2010).

## 2.2 Fortida drumliners symmetri

För att kunna fastställa drumlinernas faktiska form gjorde Spagnolo et al. (2010) en GIS studie i Storbritannien och Irland. Karteringen omfattade 29 238 drumliner. De karterade och identifierade alla drumliner och drumlinfält med hjälp av GIS. Genom denna nya teknik kunde man fastställa vilken form som var den vanligaste hos drumlinerna. Studien visade också att drumlinerna inte hade en exakt symmetrisk form utan att profilen var mycket nära symmetri. Figur 1 visar frekvensfördelningen av  $A_s$  värden av drumlinernas olika form.  $A_s$  parametern är avståndet mellan uppströms och den högsta punkten dividerat med hela drumlinens längd (Spagnolo et al. 2011).

I den första undersökningen jämförde forskarna tre olika drumlinprover för att se om resultatet blev detsamma. Första provet med hela populationen (29238), andra provet med 431 drumliner och tredje med 11920 drumliner. Resultaten (Figur 1) visar att de klassiskt asymmetriska drumlinerna utgjorde 31 % ( $A_s$ -värden mellan 0 och 0,366). Drumliner som har sin högsta punkt inom symmetriformen utgjorde 52,5 %, ( $A_s$ -värden mellan 0,366 och 0,633). Det innebär inte att alla dessa är helt symmetriska utan analysen visar mycket nära symmetri. Resterande 16,5 % tillhörde revers asymmetriska drumliner ( $A_s$ -värden mellan 0,633 och 1). Resultatet visar att asymmetriska och omvänd asymmetriska förekommer mer sällan. Alla tre formerna förekommer inom samma drumlinfält bredvid varandra (Spagnolo et al. 2011).

En andra GIS undersökning av Spagnolo et al. (2010), visar liknande resultat, där man undersökte 44500 drumliner i Nordamerika och Nordeuropa. I denna undersökning använde man två parametrar. Första parametern  $A_{sp}$  definieras som längden A till B dividerat med hela längden A till C (Figur 2a). Resultatet från denna beräkning visar spridningen av drumlinerna som kan ses i figur 3 (Spagnolo et al. 2010).

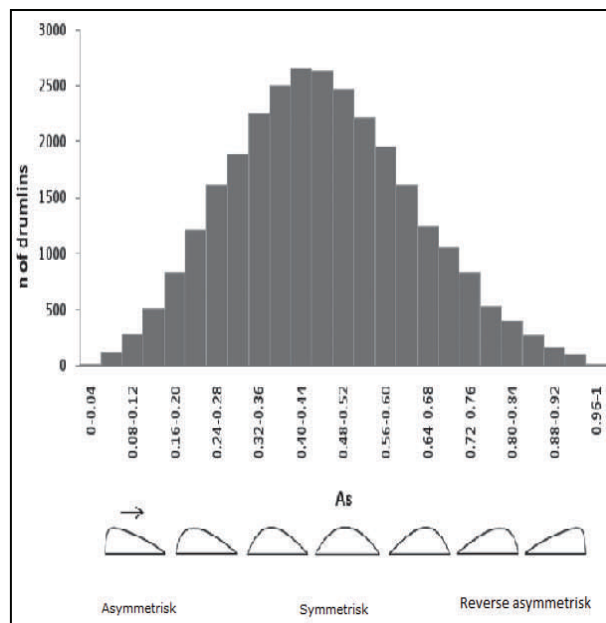


Fig. 1. Drumliner i Storbritannien och Irland. Pilen visar flödesriktningen.  $A_s$  värden mellan 0—0,366 definieras som klassisk asymmetrisk. Värden mellan 0,366—0,633 tolkas som symmetriska och värden mellan 0,633—1 avser revers asymmetri. Antalet drumliners i undersökningen 29238 (Spagnolo et al. 2010).

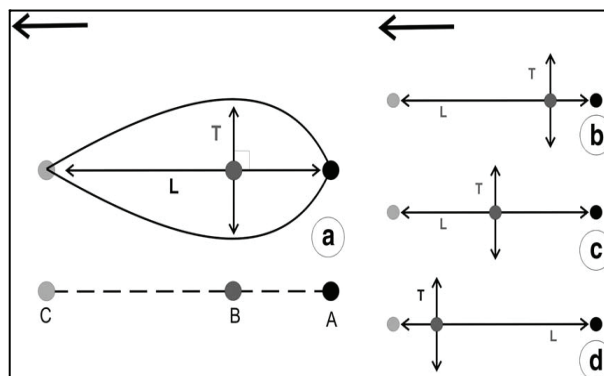


Fig. 2.(a) visar L är längsgående axel och T visar tvärgående axeln. A markerar drumlinens uppströms, och C markerar drumlinens nedströms. B visar skärningspunkten mellan dessa två axlar. Pilen visar isens rörelseriktning. (b) representerar klassisk asymmetri medan (c) visar symmetri och (d) visar revers asymmetri (Spagnolo et al. 2010).

Figur 3 visar att de flesta drumlinerna är symmetriska (64 %) där  $A_{sp}$  värdet är mellan 0,33 och 0,66. Medan klassisk asymmetri är endast 22 %,  $A_{sp}$  värden lägre än 0,33. Omvänd asymmetri har 14 % med värde högre än 0,66 (Spagnolo et al. 2010). Andra parametern  $A_{spLA}$  definierar kvoten mellan arean av uppström halvan och drumlinens hela area (Figur 4). Resultatet från denna beräkning visas i figur 5 (Spagnolo et al. 2010). Figur 5 visar att de flesta drumliners har  $A_{spLA}$  värden mellan 0,45 och 0,55. Och att detta värde är en indikation på symmetriska drumliners (Spagnolo et al. 2010).



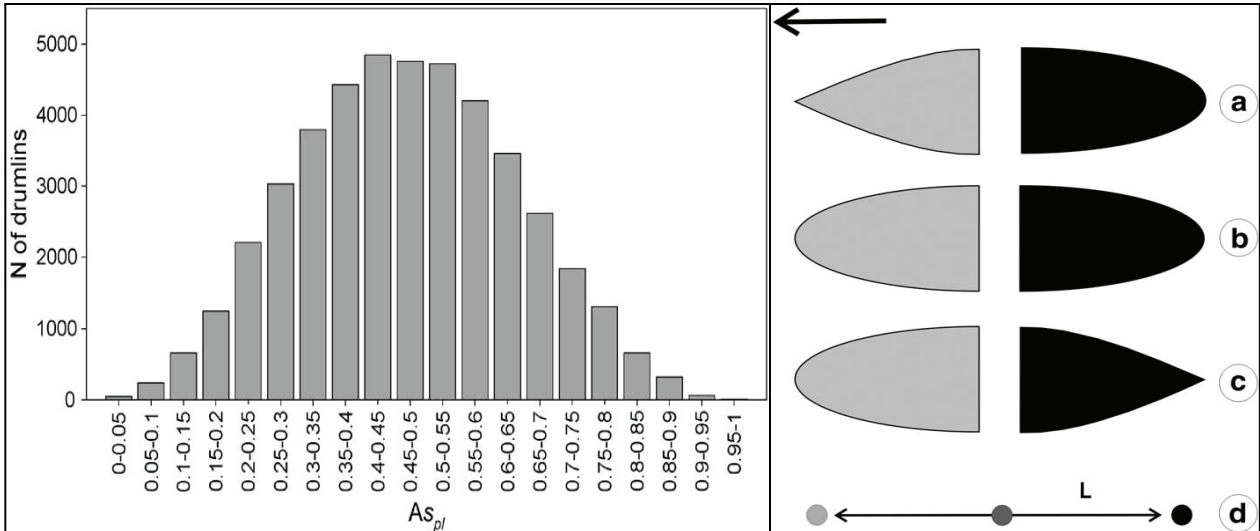


Fig. 3. Drumliner i Nordamerika och Nordeuropa visar fördelningen av drumlinernas form i tre intervaller. Värden mellan 0,33 och 0,66 avser den symmetriska formen. Under 0,33 tolkas som den klassiska asymmetri formen. Över 0,66 avser den omvända formen. (Spagnolo et al. 2010).

Fig. 4. visar (a) klassisk symmetrisk drumlin, (b) symmetrisk drumlin och (c) asymmetrisk drumlin. Där mittpunkterna möts uppdelas drumlinerna i två ytor. (Spagnolo et al. 2010).

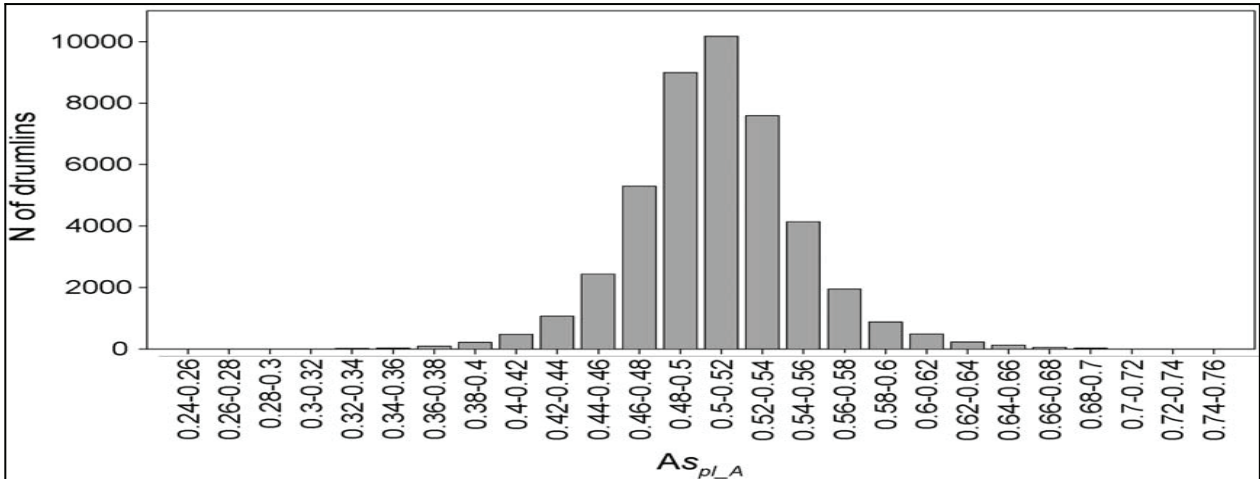


Fig. 5. Drumliner i Nordamerika och Nordeuropa är indelad i tre intervaller.  $As_{pl_A}$  värden mellan 0,45 och 0,55 tolkas som symmetriska drumliner, där de båda areorna är ungefär lika stora. Reverse asymmetri indikeras av  $As_{pl_A}$  värden lägre än 0,45.  $As_{pl_A}$  värden högre än 0,55 tolkade som klassiska asymmetriska drumliner (Spagnolo et al. 2010).

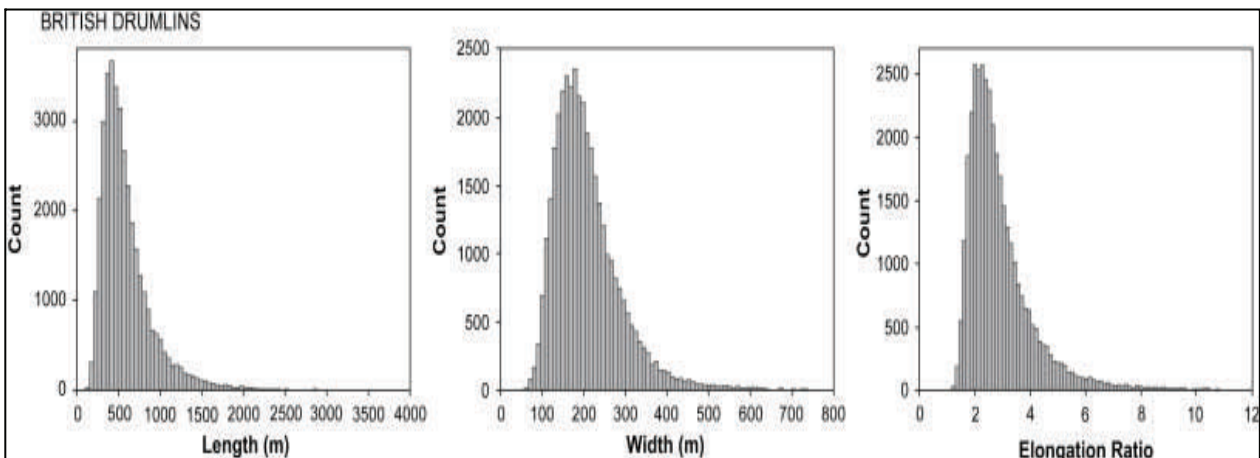


Fig. 6. visar längden och bredden hos Brittiska drumliner. Hos de Brittiska drumlinerna är det största antalet drumliner 400 till 500 m långa medan de flesta drumliner visar en bredd på 200 m. Det förekommer både under och över dessa värden. De flesta drumliner förekommer i intervallet 1,7 och 4,1 gånger så långa som de är breda (Clark (2009)).

## 2.3 Forntida drumlinens längd och bredd

För att kunna identifiera drumlinernas längd, bredd och proportionaliteten mellan längd och bredd genomfördes en GIS undersökning över Storbritannien. (Clark (2009). Antalet drumliners i undersökningen var 37043. I fig. 6 visas tre diagram över längd, bredd och proportionalitet mellan längd och bredd (Clark et al. 2009). Clark *et al.* (2008) slutsats (Fig. 6a) om drumliners längd varierar från 99 m till 6893 m. De flesta drumliners har en längd mellan 250 m till 1000 m. Den genomsnittliga längden utgör 629 m. I Fig. 6b varierar bredden hos drumlinerna mellan 25m till 1151 m, där de flesta drumlinerna har en bredd mellan 120 m till 300 m. Fig. 6c visar jämförelsetalet varierar mellan 1,2 och 21,8 där de flesta drumliners är 1,7 till 4,1 gånger så långa som de är breda. Denna statistik har jämförts med andra platser och visar samma frekvenser. Att figurerna inte visar normalfördelning kan bero på att drumlinerna inte var tillräckligt länge under glaciären för att få en större storlek (Clark et al. 2009).

## 2.4 Forntida drumliners höjd

För att få kunskap vilken höjd som är den vanligaste hos drumliners utförde Spagnolo et al. (2012) en GIS undersökning av 25848 drumliners reliefer. Diagrammet visar en brant ökning (Figur 7) av höjden mellan 0 till 3 m och en kontinuerlig minskning från 4 m till det maximala värdet. Drumliners relief under 5 m utgör 41 % medan 79 % är under 10 m. Få drumliners är högre än 40 m.

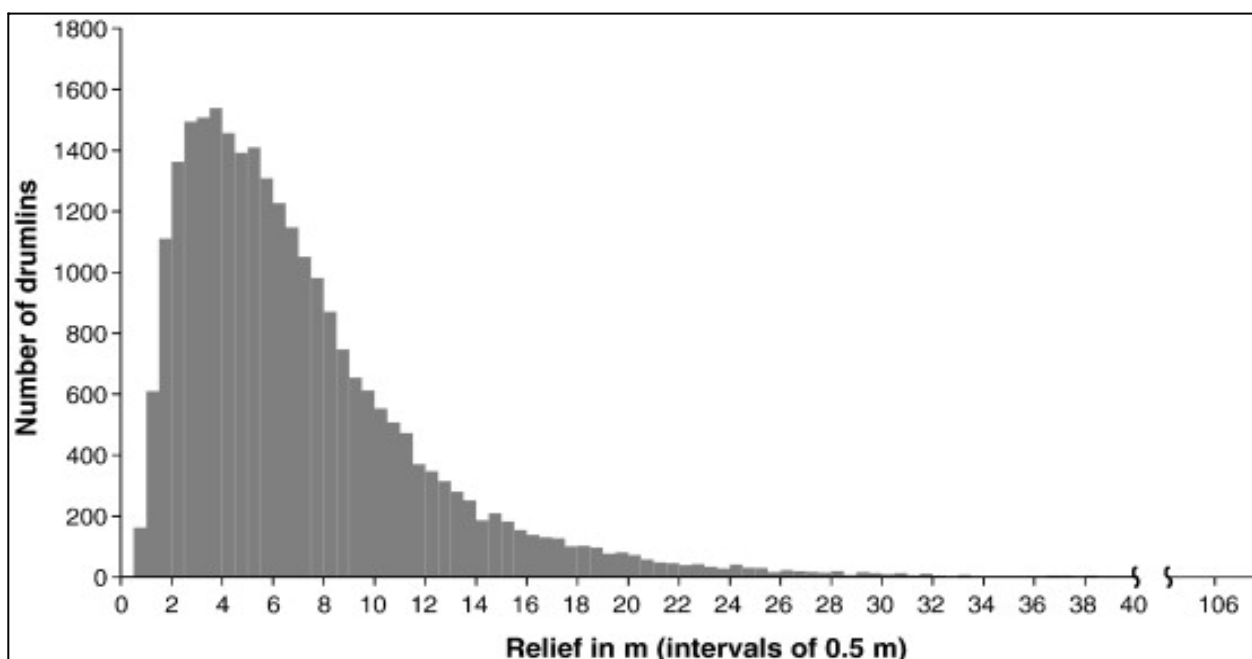


Fig. 7 visar drumlin reliefen hos Brittiska drumliners. Antal drumliners som undersöktes var 25848 och den vanligaste höjden var 4 m (Spagnolo et al. 2012).

## 2.5 Forntida drumliners inre sammansättning

För att få en uppfattning vilken den vanligaste sammansättningen hos drumliners som förekommer har Stokes et al. (2011) gjort en sammanställning av ämnet i litteraturen. Studien omfattar olika tekniker såsom: direkta fältobservationer, borrhål och ytprovtagning och indirekta geofysikaliska undersökningar. Stokes et al. (2011) har kommit fram till fem olika typer av drumliners:

1. Drumliners med huvudsaklig berggrund
2. Delvis berggrund/delvis morän
3. Främst morän
4. Dels morän/ dels sorterade sediment
5. Främst sorterade sediment

### 1. Drumliners med huvudsaklig berggrund

Bergdrumliners (Figur 8:1) är strömlinjeformade och består helt av berggrund. För det mesta är bergdrumlinerna asymmetriska till formen, där stötsidan är brant och läsidan har en svag långsträckt lutning (Stokes et al. 2011).

### 2. Delvis berggrund/delvis morän

Denna typ föreslås bestå minst av 25 % morän av hela drumlinvolymen (Figur 8:2). En del av dessa typer har en kärna av berggrund och kan bestå av flera enheter av morän eller isälvsediment. Kärnan kan vara placerad både i drumliners mellersta del, i stötsidan och i

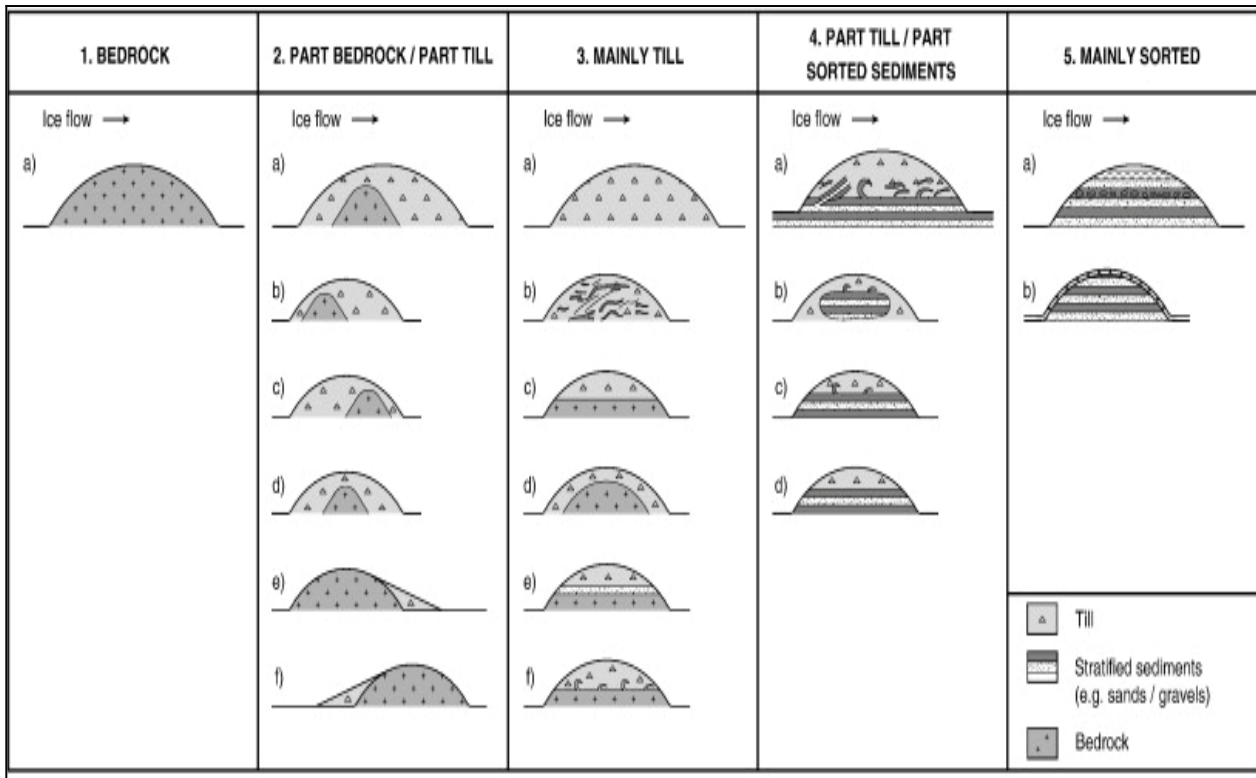


Fig. 8 visar de fem olika typer av drumlin sammansättningarna. 1 Berggrundsdrumlin, 2 delvis av berggrund och delvis av morän, 3 huvudsakligen morän, 4 delvis morän och delvis sorterade sediment och 5 huvudsakligen sorterade sediment (Stokes et al. 2011).

äsidan. Kärnans placering kan variera i ett drumlinfält (Stokes et al. 2011).

### 3. Huvudsakligen morän

Drumliner kan bestå av många olika slag av moräner (Figur 8:3) (Stokes et al. 2011). Morän består av en osorterad jordart där alla kornstorleksfraktioner kan ingå. Moränen kan förekomma som skiktade strukturer (Nenonen, 1994), deformerade (Menzies et al. 1997), av flera lager med morän (Newman et al. 1990) med sorterade eller glacifluviala sediment mellan varje lager (Johnson et al. 2010).

### 4. Dels morän/ dels sorterade sediment

Denna typ av drumliner består av både morän och sorterade sediment (figur 8:4). Placeringen av de sorterade sedimenten kan växla mellan en kärna eller som ett lager under moränen (Stokes et al. 2011)

### 5. Främst sorterade sediment

Drumliner kan också bestå av sorterade sediment, men saknar ofta deformation (Stokes et al. 2011). Stokes (2011) tolkar resultatet efter genomgång av litteraturen att den vanligaste drumlinen består i huvudsak av mo-

rän.

## 2.6 Drumliner vid moderna glaciärer

### 2.6.1 Glacial miljö vid Múlajökull

Moderna glaciärer beskriver inlandsisen i nutid. När glaciärer och inlandsisar avsmälter lämnar de efter sig ett landskap med olika landformer. De glaciala avlagringarna består av material som isen eroderat och transporterat och sedan avgett materialet vid avsmältningen. Múlajökull glaciären är en modern aktiv svämtyp-glaciär, som rör sig i cykler eller intervaller fram och tillbaka (Figur 9B). En svämtyp-glaciär är en glaciär som rör sig periodiskt snabbare framåt än andra typer av glaciärer (Dillner 2012). Framför iskanten i den subglaciala miljön breder sig moränslätten ut. Moränslätten täcks i huvudsak av morän. Förutom drumliner som landformer uppträder andra typer av landformer, ändmoräner, sidomoräner, flutes och crevasse-fill åsar. Mellan drumlinerna påträffas sjöar eller smältvattenströmmar fig.1 (Jónsson et al. 2014). Under 2009 åkte några forskare från olika länder till Múlajökull, Island (Figur 9A) för att undersöka pushmoräner från lilla istiden. Med stor förvåning upptäckte man att iskanten vid Múlajökull glaciären hade dragit sig tillbaka någon km (Figur 9 B) och ett drumlinfält hade kommit i dagen (Johnson et al. 2010). Drumlinfältet



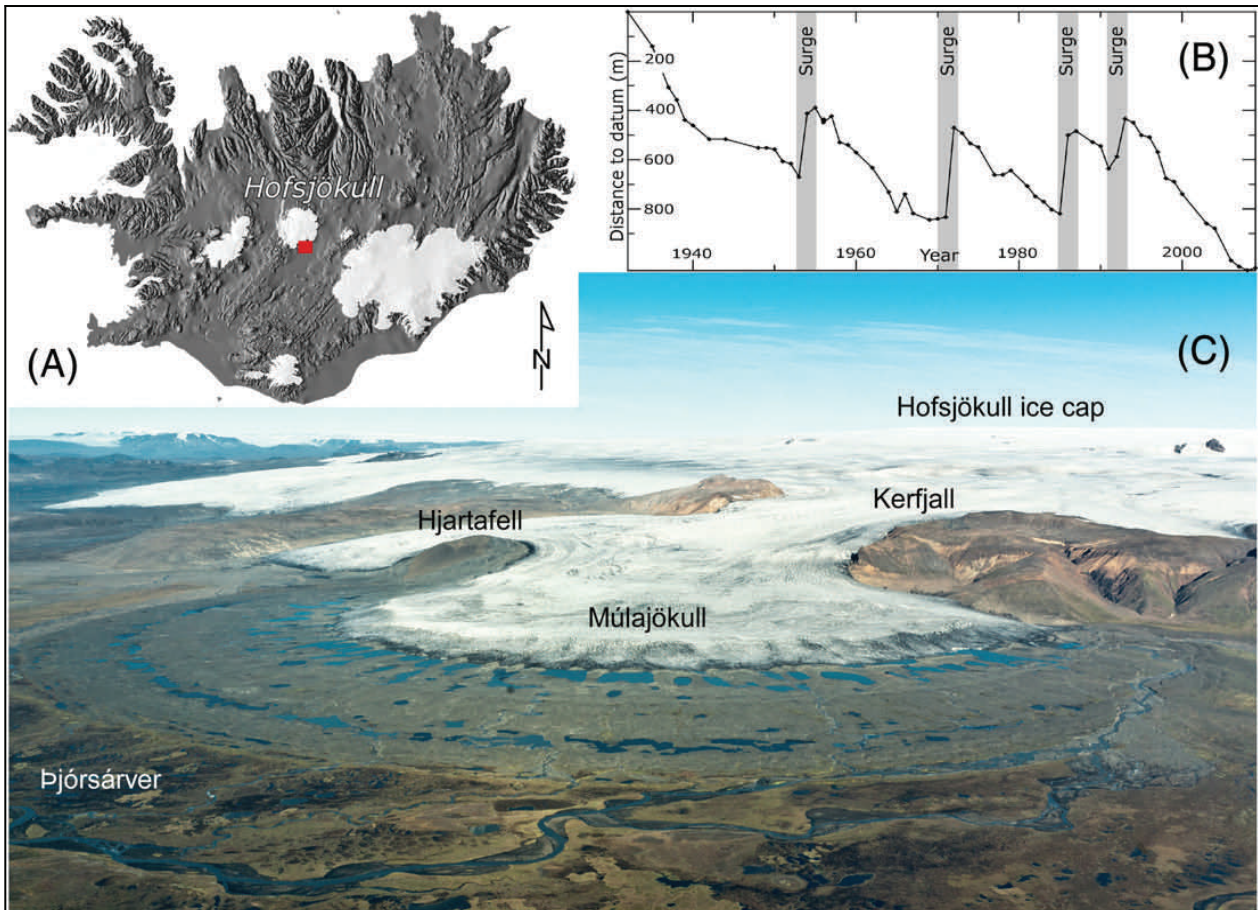


Fig. 9 A visar glaciärens geografiska placering på Island. B visar glaciärens framryckning och tillbakadragande under senare delen av 1900-talet. C visar iskanten och moränslätten framför Múlajökull (Jónsson et al. 2014).

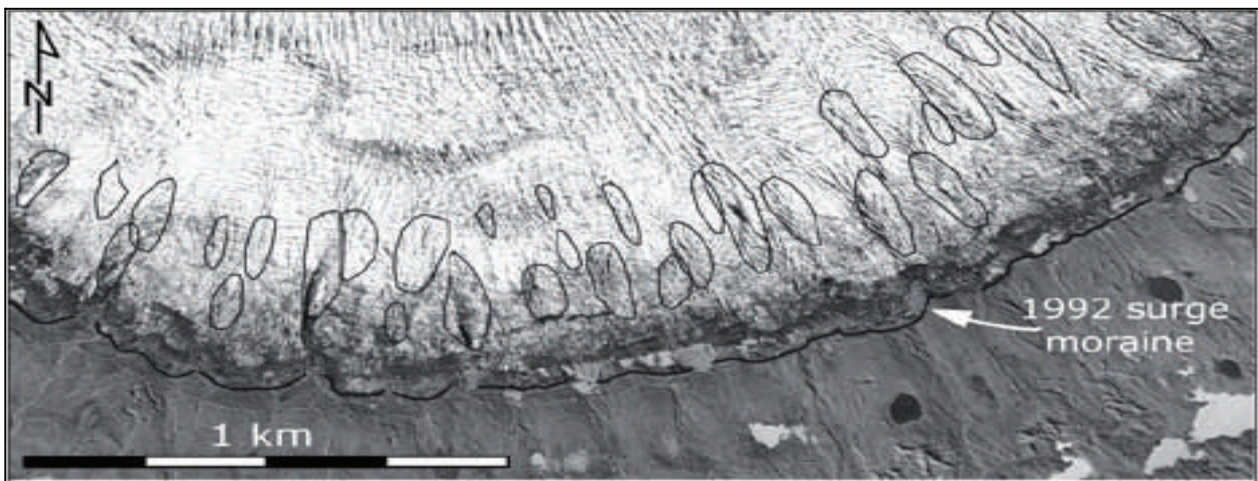


Fig. 10 visar glaciärkanten hos Múlajökull. Inritade markeringar visar tolkade drumliner under iskanten (Jónsson et al. 2014).

bestod av över 50 drumliner. Múlajökull är en sväm-  
typ platåglaciär vid Hofsjökull i centrala Island  
(Björnsson et al. 2003). I en 2 km bred dal mellan  
Hjartafjel och Kerfjel strömmar Múlajökullglaciären.  
När glaciären lämnar dalen breder den ut sig som en  
solfjäder i 180° (se fig. 9C). Glaciärkanten ligger 620  
m ö h. och iskanten är 6,5 km lång. Sedan 1924 har det

inträffat 4 svämningar (Jónsson et al. 2014).

### 2.6.2 Topografi, morfologi, sammansättning och spricksystem

Sjöarna mellan drumlinerna markerar morfologin hos



Fig. 11 visar området där undersökningen utfördes (Smith et al. 2010)

drumlinerna. Avståndet mellan drumlinerna varierar från 50 till 150 m. Drumlinerna är spridda som en solfjäder i 180° (Figur 9). Längden varierar mellan 70 – 380 m, bredden varierar mellan 20 till 180 m och höjden varierar från 2 m till 10 m. Längd/bredd förhållande är 3,0. De morfologiska egenskaperna visar likheter med Pleistocena drumlinfält (Johnson et al. 2010). Drumlinerna har en viss tendens till asymmetri då de är högre och bredare uppströms och smalare nedströms. När det skett flera svämningar är drumlinerna mer strömlinjeformade (Jónsson et al. 2014). För att få kunskap om moderna drumliner undersökte man skärningar, öppnade av laterala smältvattenskanaler (Johnson et al. 2010). Skärningarna visade att det förekom flera olika moränskikt. Skikten mellan lagren bestod av olika sedimentära formationer. De olika skikten har avsatts genom dels avlagringsmorän och dels av morän som deformerats. Varje skikt associeras med en svämning (Johnson et al. 2010). I övre kanten av isen förekommer spricksystem, extensionsspänningar, figur 10, som uppkommer genom hastighetsvariationer mellan olika delar av glaciären och genom olika typer av deformation i isen. Sprickorna visar ett radiellt mönster och har samma spridning som drumlinerna på moränfältet. Detta tolkas som att det finns fler drumliner under iskanten (Johnson et al. 2010).

### 2.6.3 Drumliner i Antarktis

Nya observationer har genomförts i västra Antarktis med hjälp av seismisk reflektion. Området ligger vid Rutford isströmmen, (Figur 11) som dränerar den västra delen av Antarktis. Seismisk reflektion används för att bestämma olika geologiska strukturer under markytan (Smith et al. 2007). Under åren 1991 och 1997 utfördes seismisk reflektion vid samma geografiska plats. Dessa två undersökningar visade inga förändringar av resultatet. 2004 upprepades tidigare genom

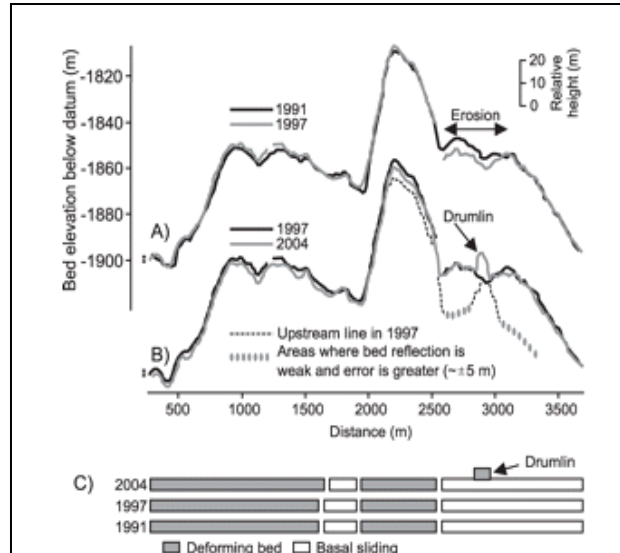


Fig. 12 A visar bottenprofil från 1991 och 1997. B utgörs av 1997 och 2004 års bottenprofil (Smith et al. 2010).

förda undersökningar (Figur 12) (Smith et al. 2007). Kurvorna från 1991 och 1997 sammanfaller med varandra (Figur 12 A) och visar att ingen större förändring har skett mellan åren 1991 och 1997 utom i ett område, 500 m brett, där det skett erosion av 6 m mellan 1991 och 1997. Smith (1997) tolkade bottenprofilerna som vattenmättade. Det förekom områden med porösa sediment som tydligen har deformerats av den överliggande isen. I andra områden är sedimentet fastare. Medan i figur 12 B visar kurvorna från 1997 och 2004 skillnader. De nya data från 2004 visar på att en hydrologisk förändring under inlandsisen har skett i området. Erosionshastigheten tolkades till  $1 \text{ m a}^{-1}$ , vilket anses som ett högt värde. De flesta subglaciala miljöer har en hastighet i intervallet  $0,1$  till  $100 \text{ mm a}^{-1}$ . Erosionshastigheten visar snabba isflöden över porösa sediment. Undersökningen hos Rutford isströmmen visade att bottenlutningen är  $> 10^\circ$  och att ytlutningen är  $< 0,01^\circ$ , vilket indikerar att vattenrörelser kontrolleras av botten. Med detta vill man visa att erosion inte orsakas av vattnet utan sedimentet har flyttats med hjälp av partiklar eller ojämnheter vid isbasen. Staplarna i figur 12 C visar att erosion skett av bottenmaterialet och så småningom bildat drumlinen. Den förändrade kurvan i figur 12 B tolkas som en nybildad drumlin. Drumlinen uppmättes till 10 m hög och 100 m bred (Smith et al. 2007). Observationerna under flera år tyder på att isrörelserna och de subglaciala vattensystemen är mycket varierande processer och att det sker snabb erosion (Smith et al. 2007).

### 2.6.4 Iskärna drumliner - en övergångsform hos moderna drumlinfält

Iskärndrumliner består av en kärna av is. Iskärnan kan

vara stillastående glaciäris från en tidigare svämning. Över iskärnan har en mantel av morän deponerats. Schomacker et al. (2006) tolkar iskärnedrumlinor som en övergångsform i svämmade glaciala landsystem. Undersökning utfördes vid Brúarjökull, Island med hjälp av sedimentologiska undersökningar och flygbildstolkningar under tre fältsäsonger (Schomacker et al. 2006). Brúarjökull är ett utlopp från Vatnajökulls istäcke. Svämningar hos Brúarjökull har förekommit ungefär vart 100 år flera gånger, senast var 1963-1964 (Todtmann 1957). Isens flödes hastighet var  $5\text{ m/h}^1$  och svämningens framryckning var 8 km. Landskapet framför Brúarjökull består av recent dödismiljö. Bildning av iskärnedrumlinor sker genom deformation av subglacial morän och genom deponering av morän på äldre iskärn morän. På grund av klimatförändringar under den senaste tiden kommer iskärnan att utsättas för avsmältning med följd att drumlinen kollapsar och att en återsedimentering av moräntäcket sker. På grund av drumlinens kollaps kommer formationen att utvecklas till kullig dödis morän omgiven av en moränslätt. Därför anses iskärnedrumlinor vara en övergångsform från drumlin till kullig morän (Schomacker et al. 2006)

### 3 Metoder

Studien består av litteraturstudier

## 4.Resultat

### 4.1 Drumlinor vid forntida glaciärer

Undersökning med hjälp av GIS visar att forntida klassiska asymmetriska drumlinor är ett felaktigt begrepp. Resultatet från både Storbritannien/Irland och Nordamerika/Nordeuropa visar att forntida symmetriska drumlinor är den vanligaste formen och att det krävs stora urval för att konstatera detta. Det förekommer forntida drumlinor med en klassisk asymmetrisk och revers asymmetrisk form men de är ytterst sällsynta. Hos de flesta forntida drumlinor i Storbritannien och Irland varierade längden mellan 250 m till 1000 m. De flesta forntida drumlinorna har en bredd från 120 till 300 m. Proportionaliteten mellan forntida drumliners längd och bredd var vanligen mellan 2 och 2,3. Höjden hos de flesta forntida drumlinor var 4 m. Forntida drumlinor under 10 m utgjorde 79 %. Få drumlinor över 40 m förekommer. Sammansättningen hos forntida drumlinor kan delas in i fem huvudsakliga typer. Den vanligaste typen hos forntida drumlinor utgjordes av morän. Följt av delvis morän/delvis sorterade morän, delvis morän/delvis berggrund och minst förekom berggrunddrumlinor.

### 4.2 Drumlinor vid moderna glaciärer

Den glaciala miljön hos moderna glaciärer skiljer sig inte mycket från forntida glaciärer. Det förekommer

samma typer av landformer som hos forntida glaciärer. På grund av annan forskning på Island upptäcktes ett nybildat drumlinfält. Det har förekommit 4 svämningar sedan 1924 vid Múlajökullglaciären. Undersökningen vid Múlajökull visade att drumlinerna var spridda som en solfjäder i  $180^\circ$  (Figur 9). Drumlinerna hade en tendens till asymmetrisk form då de var högre och bredare uppströms och smalare nedströms. Längden på moderna drumlinor varierade mellan 70 till 380 m. Bredden var mellan 20 till 180 m och höjden var från 2 m till 10 m. Proportionaliteten mellan längd/bredd var 3,0. Undersökning av skärningar visade att drumlinerna bestod av flera skikt av morän. Skikten hade avsatts dels genom avlagringar och dels genom deformation. De tolkade varje skikt som en svämning. Spricksystemen visar samma mönster som drumlinernas spridning på drumlinfältet. Eftersom spricksystem och drumlin-spridning hade samma karaktär tolkades detta som att det förekommer fler drumlinor under glaciärfronten. Observationerna i Antarktis under flera perioder vid samma plats visar att det förekommer förändringar under glaciären. Under 1991 och 1997 visar kurvorna i figur 12 A ingen större förändring utom i ett område, 500 m brett, där det ser ut som det skett erosion av 6 m mellan 1991 och 1997. Däremot mellan 1997 och 2004 kan man se en tydlig skillnad mellan kurvorna. Den förändring man ser i kurvan tolkas som en modern nybildad drumlin. Drumlinen uppmättes till 10 m hög och 100 m bredd. Undersökning av iskärnedrumlinor visar att de är en övergångsform till kullig morän-avlagring vid moderna drumlinfält.

## 5. Diskussion

Fortfarande har man inte kunnat iaktta hur en drumlin bildas eftersom glaciärbotten är otillgänglig. Efterhand som tekniken utvecklas kommer nya resultat att presenteras. Undersökningen om drumliners symmetri genomfördes i olika forntida glaciärområden (Storbritannien, Irland, Nordamerika och Nordeuropa) visade samma resultat. I litteraturöversikten har det inte påvisats att det finns ett samband mellan den klassiska asymmetri och de undersökningar som gjort med hjälp av GIS och DTM. Som nämns i undersökningarna är de flesta forntida drumlinor symmetriska medan moderna drumlinor är asymmetriska. I denna studie var syftet att bestämma hur vanlig är den asymmetriska drumlinen. Påstående i litteratur att drumlinor har en asymmetrisk form kan bero på att man inte hade tillgång till den avancerade tekniken som finns idag. Vid fältarbete kan det inte observeras ett så stort antal drumlinor, dels på grund av terrängens utseende, dels på noggrannheten vid mätningar, ex. var slutar och börjar drumlinens läsida. Undersökningen får kanske tolkas med försiktighet eftersom inga kunskaper finns om hur drumlinor bildas under isfronten. Det kan finnas flera bildningssätt som avgör vilken form en drumlin kommer att få. Upptäckten att den vanligaste fornti-

da drumlinen är symmetrisk var oväntat. Det är möjligt att olika faktorer påverkar symmetrin hos forntida och moderna drumliners.

Litteraturoversikten visar att forntida drumliners längd, bredd och proportionalitet i Storbritannien överensstämmer med de undersökningar som gjorts i andra områden. Histogrammet visar att forntida drumliners längd, bredd och proportionalitet följer inte klassisk normalfördelningen. Detta kan bero på att mindre drumliners under 99 m saknas i materialet. Kanske befanns sig inte forntida drumliners tillräckligt länge under glaciärisen eller att tillförseln av materialet har varierat under tid. Glacifluviala strömningshastigheten kan vara så hög att de mindre drumlinerna eroderas snabbt bort. Studien om moderna drumliners visar ingen signifikant skillnad mellan forntida och moderna drumliners längd och bredd.

GIS undersökning om forntida drumliners och fältundersökningen om moderna drumliners höjd visar likheter. Resultatet från de två undersökningarna överensstämmer inte med vad som uppges i litteraturen. Som nämns i litteraturoversikten är höjden mycket högre hos forntida drumliners. Spagnolo (2012) anger att i en del fall har uppskattningar gjorts av höjden hos forntida drumliners istället för direkta mätningar. Förklaringen av skillnaderna kan vara att tidigare forskare har använt sig av olika metoder och olika kartunderlag. Resultaten från litteratur undersökningen bör tolkas med försiktighet.

Drumlinernas materialsammansättning delades upp i fem olika typer. Litteratur undersökningen visade att de vanligaste sammansättningarna hos forntida drumliners är morän. De observationer som gjorts om moderna drumliners bekräftar tidigare resultat från forntida drumliners. Fältundersökningen i Múlajökull visar att flera olika moränskikt förekom hos moderna drumliners. Moränskikten förklarades med att varje skikt var en svämning. Erosion och avsättning kan förklara hur moränskikten utformades.

Resultaten från seismisk reflektion i Antarktis kan bekräfta hur drumliners bildas. Upptäckten var oväntad och tyder på att observationer måste göras under lång tid. Observationer under flera år på samma plats stöder drumlinbildning under isfronten. Men resultatet måste tolkas med viss försiktighet, då det endast visar ett resultat från en drumlin. Uppmätta förändringen stämmer med drumliners höjd och bred hos både forntida och moderna drumliners. Observationerna tyder också på att isrörelserna och subglaciala vattensystem är mycket varierande processer och att erosionen sker snabbt. Resultatet kan vara en början på hur drumliners bildas. Tänkbara områden där det kan avslöjas drumliners är Antarktis, Grönland, Island och Alaska.

Tidigare har det emellertid inte beskrivits iskärnedrumliners. Studien i Brúarjökull visar att det förekommer en sjätte drumlintyp, en övergångsform, från drumlin till kullig morän. Resultatet skulle kunna förklaras med att när iskärnan smälter kollapsar drumlinen. Tidigare har kullig morän tolkats som en kvarvarande dödis efter den sista glaciära framryckningen.

Resultatet från fältundersökningen kan leda till att forntida landformer blir nödvändiga att omtolka.

## 6. Slutsats

I denna studie har det redogjorts skillnader och likheter mellan forntida och moderna drumliners och ett försök att bestämma hur vanliga drumliners är vid moderna glaciärer. Denna studie visade att likheter mellan forntida och moderna drumliners är många. Den mest betydelsefulla olikheten i denna studie är symmetrin hos drumliners. I litteraturen anges att den klassiskt asymmetriska formen är vanligast, men GIS undersökningar visar att den symmetriska drumlinen är vanligast hos forntida drumliners. Fältundersökningar om moderna drumliners på Island har visat att den klassiskt asymmetriska drumlinen är vanligast. Studien visar också ett samband mellan glaciärens solfjäder och drumlinernas spridning vid moderna glaciärer på Island och att det finns fler drumliners under isfronten. Det näst mest betydande resultatet, seismisk reflektion undersökningen på Antarktis, var upptäckten av modern drumlinbildning. Resultaten från undersökningen visar att det finns hopp att få kunskap om hur en modern drumlin bildas. Fältundersökningen av iskärnedrumliners visar att det förekommer övergångsformer från drumlin till kullig morän och det kan leda till omtolkningar av forntida avlagringar. Slutligen, är drumliners vanliga vid moderna glaciärer? Eftersom endast ett drumlinfält har avslöjats vid moderna glaciärer är svaret: drumliners vid moderna glaciärer är inte vanliga.

De i studien framkomna resultaten från de olika undersökningarna visar att fler observationer behövs. Forskningsresultaten ger flera bidrag till ny kunskap om forntida och moderna drumliners. För det första har studien visat likheter och skillnader mellan forntida och moderna drumliners. De seismiska reflektionsundersökningarna kan ge bakgrund till framtida studier om hur drumliners bildas. Iskärnedrumliners kan ge ny kunskap om övergångsformer hos landformer. Resultatet i studien begränsas av att den helt bygger på litteraturstudier. Genom denna undersökning har en del frågor aktualiserats som kräver vidare forskning. Varför är symmetriska forntida drumliners vanligast? Fler observationer genom seismisk reflektion krävs för att fastställa hur moderna drumliners bildas. Sambandet mellan spricksystemet i glaciärfronten och drumlinernas spridningsmönster i drumlinfältet behöver mer forskning.

## 7 Tack

Jag vill tacka min handledare Ivar Örn Benediktsson. Sedan vill jag också tacka Angelika Andersson för att hon ställt upp för mig och gjort detta arbete möjligt.



## 8 Referenser

- Alley RB, Blankenship DD, Bentley CR, Rooney ST. 1987. Till beneath Ice stream B: 4.A coupled ice till flow model. *Journal of Geophysical Research* 92: 8931-8940
- Alley RB, Blankenship DD, Bentley CR, Rooney ST. 1989. Water-pressure coupling of sliding and bed deformation: III. Application to Ice Stream B, Antarctica. *Journal of Glaciology* 35: 130 - 139
- Bennett M.M, Glasser Neil F. 2009, *Glacial Geology: Ice Sheets and Landforms*, 2nd Edition
- Björnsson Helgi, Pálsson Finnur, Siguroesson Oddur, Flowers Gwenn E., 2003: Surges of glaciers in Iceland, *Annals of Glaciology*
- Clark, C. D., Hughes, A. L. C., Greenwood, S. L., Spagnolo, M. & Ng, F. S. L., 2009: Size and shape characteristics of drumlins, derived from a large sample, and associated scaling laws. *Quaternary Science Reviews* 28, 677-692.
- Davis, W.M, The distribution and origin of drumlins, *American Journal of Science*, 28 (1884), pp 407-416
- Dillner, J. G. Stratigrafi, sedimentologi och genes av Múlajökull tillavsättning, Island, University of Gothenborg Department of Earth Sciences Geovetarcentrum/Earth Science Centre
- Everett W. 1976. Ice-movement direction from drumlin morphology: comments on the paper by Gravenor CP. *Journal of Glaciology* 17: 158–159.
- Johnson, M. D., Schomacker, A., Benediktsson, I. O., Geiger, A. J., Ferguson, A. & Ingólfsson, O., 2010: Active drumlin field revealed at the margin of Múlajökull, Iceland: A surge-type glacier. *Geology* 38, 943-946.
- Jónsson, S. A., Schomacker, A., Benediktsson, Í. Ö., Ingólfsson, Ó. & Johnson, M. D., 2014: The drumlin field and the geomorphology of the Múlajökull surge-type glacier, central Iceland. *Geomorphology* 207, 213-220.
- Nenonen, J., 1994. The Kaituri drumlin stratigraphy in the Kangasniemi area, Finland. *Sedimentary Geology* 91, 365–372.
- Menzies, J., Zaniewski, K., Dreger, D., 1997. Evidence, from microstructures, of deformable bed conditions within drumlins, Chimney Bluffs, New York State. *Sedimentary Geology* 111, 161–175.
- Newman, W.A., Berg, R.C., Rosen, P.S., Glass, H.D., 1990. Pleistocene stratigraphy of the Boston Harbor drumlins, Massachusetts. *Quaternary Research* 34, 148–159
- Schomacker, A., Krüger, J. & Kjær, K. H., 2006: Ice-cored drumlins at the surge-type glacier Brúarjökull, Iceland: a transitional-state landform. *Journal of Quaternary Science* 21, 85-93.
- Sharp, R.P. Glacial features of Cook County, Minnesota *American Journal of Science*, 251 (12) (1953), pp. 855–883
- Smith, A.M., 1997, Basal conditions on Rutford Ice Stream, West Antarctica, from seismic observations: *Journal of Geophysical Research*, v. 102, p. 543–552.
- Smith, A. M., Murray, T., Nicholls, K. W., Makinson, K., Aðalgeirsdóttir, G., Behar, A. E. & Vaughan, D. G., 2007: Rapid erosion, drumlin formation, and changing hydrology beneath an Antarctic ice stream. *Geology* 35, 127.
- Spagnolo, M., Clark, C. D. & Hughes, A. L. C., 2012: Drumlin relief. *Geomorphology* 153-154, 179-191.
- Spagnolo, M., Clark, C. D., Hughes, A. L. C. & Dunlop, P., 2011: The topography of drumlins; assessing their long profile shape. *Earth Surface Processes and Landforms* 36, 790-804.
- Spagnolo, M., Clark, C. D., Hughes, A. L. C., Dunlop, P. & Stokes, C. R., 2010: The planar shape of drumlins. *Sedimentary Geology* 232, 119-129.
- Stokes, C. R., Spagnolo, M. & Clark, C. D., 2011: The composition and internal structure of drumlins: Complexity, commonality, and implications for a unifying theory of their formation. *Earth-Science Reviews* 107, 398-422.
- Todtmann, E. M., 1957: Am oestlichen Rand des Bruarjökull, Nordrand des Vatnajökull (Island), August/September 1956. *Neues Jahrbuch fuer Geologie und Palaeontologie. Monatshefte* 7-8, 316-327.
- Vernon, P., Drumlins and Pleistocene ice flow over the Ards Peninsula/Strangford Lough area, Co. Down, Ireland, *Journal of Glaciology*, 6 (1966), pp. 401–409
- <http://www.ne.se/lang/weichselistiden>, Nationalencyklopedin, hämtad 2014-06-09.



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

357. Anagnostakis, Stavros, 2013: Upper Cretaceous coprolites from the Münster Basin (northwestern Germany) – a glimpse into the diet of extinct animals. (45 hp)
358. Olsson, Andreas, 2013: Monazite in metasediments from Stensjöstrand: A pilot study. (15 hp)
359. Westman, Malin, 2013: Betydelsen av raka borrhål för större geoenergisystem. (15 hp)
360. Åkesson, Christine, 2013: Pollen analytical and landscape reconstruction study at Lake Storsjön, southern Sweden, over the last 2000 years. (45 hp)
361. Andolfsson, Thomas, 2013: Analyses of thermal conductivity from mineral composition and analyses by use of Thermal Conductivity Scanner: A study of thermal properties in Scanian rock types. (45 hp)
362. Engström, Simon, 2013: Vad kan inneslutningar i zirkon berätta om Varbergscharnockiten, SV Sverige. (15 hp)
363. Jönsson, Ellen, 2013: Bevarat maginnehåll hos mosasaurier. (15 hp)
364. Cederberg, Julia, 2013: U-Pb baddeleyite dating of the Pará de Minas dyke swarm in the São Francisco craton (Brazil) - three generations in a single swarm. (45 hp)
365. Björk, Andreas, 2013: Mineralogisk och malm-petrografisk studie av disseminerade sulfider i rika och fattiga prover från Kleva. (15 hp)
366. Karlsson, Michelle, 2013: En MIFO fas 1-inventering av förorenade områden: Kvarnar med kvicksilverbetning Jönköpings län. (15 hp)
367. Michalchuk, Stephen P., 2013: The Säm fold structure: characterization of folding and metamorphism in a part of the eclogite-granulite region, Sveconorwegian orogen. (45 hp)
368. Praszker, Aron, 2013: First evidence of Late Cretaceous decapod crustaceans from Åsen, southern Sweden. (15 hp)
369. Alexson, Johanna, 2013: Artificial groundwater recharge – is it possible in Mozambique? (15 hp)
370. Ehlorsson, Ludvig, 2013: Hydrogeologisk kartering av grundvattenmagasinet Åsumsfältet, Sjöbo. (15 hp)
371. Santsalo, Liina, 2013: The Jurassic extinction events and its relation to CO<sub>2</sub> levels in the atmosphere: a case study on Early Jurassic fossil leaves. (15 hp)
372. Svantesson, Fredrik, 2013: Alunskiffern i Östergötland – utbredning, mäktigheter, stratigrafi och egenskaper. (15 hp)
373. Iqbal, Faisal Javed, 2013: Paleoecology and sedimentology of the Upper Cretaceous (Campanian), marine strata at Åsen, Kristianstad Basin, Southern Sweden, Scania. (45 hp)
374. Kristinsdóttir, Bára Dröfn, 2013: U-Pb, O and Lu-Hf isotope ratios of detrital zircon from Ghana, West-African Craton – Formation of juvenile Nile, Palaeoproterozoic crust. (45 hp)
375. Grenholm, Mikael, 2014: The Birimian event in the Baoulé Mossi domain (West African Craton) — regional and global context. (45 hp)
376. Hafnadóttir, Marín Ósk, 2014: Understanding igneous processes through zircon trace element systematics: prospects and pitfalls. (45 hp)
377. Jönsson, Cecilia A. M., 2014: Geophysical ground surveys of the Matchless Amphibolite Belt in Namibia. (45 hp)
378. Åkesson, Sofia, 2014: Skjutbanors påverkan på mark och miljö. (15 hp)
379. Härling, Jesper, 2014: Food partitioning and dietary habits of mosasaurs (Reptilia, Mosasauridae) from the Campanian (Upper Cretaceous) of the Kristianstad Basin, southern Sweden. (45 hp)
380. Kristensson, Johan, 2014: Ordovicium i Fågel-sångskärnan-2, Skåne – stratigrafi och faciesvariationer. (15 hp)
381. Höglund, Ida, 2014: Hiatus - Sveriges första sällskapsspel i sedimentologi. (15 hp)
382. Malmer, Edit, 2014: Vulkanism - en fara för vår hälsa? (15 hp)
383. Stamsnijder, Joaen, 2014: Bestämning av kvartshalt i sandprov - medtodutveckling med OSL-, SEM- och EDS-analys. (15 hp)
384. Helmfrid, Annelie, 2014: Konceptuell modell över spridningsvägar för glasbruksföroreningar i Rejmyre samhälle. (15 hp)
385. Adolfsson, Max, 2014: Visualizing the volcanic history of the Kaapvaal Craton using ArcGIS. (15 hp)
386. Hajny, Casandra, 2014: Ett mystiskt ryggradsdjursfossil från Åsen och dess koppling till den skånska, krittida ryggradsdjursfaunan. (15 hp)
387. Ekström, Elin, 2014: – Geologins betydelse för geotekniker i Skåne. (15 hp)
388. Thuresson, Emma, 2014: Systematisk sammanställning av större geoenergianläggningar i Sverige. (15 hp)

389. Redmo, Malin, 2014: Paleontologiska och im-  
paktrelaterade studier av ett anomalt lerlager i  
Schweiz. (15 hp)
390. Artursson, Christopher, 2014: Comparison of  
radionuclide-based solar reconstructions and  
sunspot observations the last 2000 years. (15  
hp)
391. Svahn, Fredrika, 2014: Traces of impact in crys-  
talline rock – A summary of processes and  
products of shock metamorphism in crystalline  
rock with focus on planar deformation features  
in feldspar. (15 hp)
392. Järvin, Sara, 2014: Studie av faktorer som  
påverkar skredutbredningen vid Norsälven,  
Värmland. (15 hp)
393. Åberg, Gisela, 2014: Stratigrafin i Hanöbukten  
under senaste glaciationen: en studie av borrhär-  
nor från IODP's expedition nr 347. (15 hp)
394. Westlund, Kristian, 2014: Geomorphological  
evidence for an ongoing transgression on north-  
western Svalbard. (15 hp)
395. Rooth, Richard, 2014: Uppföljning av utlast-  
ningsgrad vid Dannemora gruva; april 2012 -  
april 2014. (15 hp)
396. Persson, Daniel, 2014: Miljögeologisk un-  
dersökning av deponin vid Getabjär, Sölves-  
borg. (15 hp)
397. Jennerheim, Jessica, 2014: Undersökning av  
långsiktiga effekter på mark och grundvatten  
vid infiltration av lakvatten – fältundersökning  
och utvärdering av förhållanden vid Ke-  
jsarkullens avfallsanläggning, Hultsfred. (15 hp)
398. Särman, Kim, 2014: Utvärdering av befintliga  
vattenskyddsområden i Sverige. (15 hp)
399. Tuveson, Henrik, 2014: Från hav till land – en  
beskrivning av geologin i Skrylle. (15 hp)
400. Nilsson Brunlid, Anette, 2014: Paleoeko logisk  
och kemisk-fysikalisk undersökning av ett avvi-  
kande sedimentlager i Barsebäcks mosse,  
sydvästra Skåne, bil dat för ca 13 000 år sedan.  
(15 hp)
401. Falkenhaus, Jorunn, 2014: Vattnets kretslopp i  
området vid Lilla Klåveröd: ett kunskapsprojekt  
med vatten i fokus. (15 hp)
402. Heingård, Miriam, 2014: Long bone and verte-  
bral microanatomy and osteo-histology of  
'Platecarpus' ptychodon (Reptilia, Mosasauri-  
dae) – implications for marine adaptations. (15  
hp)
403. Kall, Christoffer, 2014: Microscopic echino-  
derm remains from the Darriwilian (Middle  
Ordovician) of Västergötland, Sweden – faunal  
composition and applicability as environmental  
proxies. (15 hp)
404. Preis Bergdahl, Daniel, 2014: Geoenergi för  
växthusjordbruk – Möjlig anläggning av värme  
och kyla i Västskåne. (15 hp)
405. Jakobsson, Mikael, 2014: Geophysical charac-  
terization and petrographic analysis of cap and  
reservoir rocks within the Lund Sandstone in  
Kyrkheddinge. (15 hp)
406. Björnfors, Oliver, 2014: A comparasion of size  
fractions in faunal assemblages of deep-water  
benthic foraminifera—A case study from the  
coast of SW-Africa.. (15 hp)
407. Rådman, Johan, 2014: U-Pb baddeleyite geo-  
chronology and geochemistry of the White  
Mfolozi Dyke Swarm: unravelling the com-  
plexities of 2.70-2.66 Ga dyke swarms on the  
eastern Kaapvaal Craton, South Africa. (45 hp)
408. Andersson, Monica, 2014: Drumliner vid mod-  
erna glaciärer — hur vanliga är de? (15 hp)



**LUNDS UNIVERSITET**

**Geologiska institutionen  
Lunds universitet  
Sölvegatan 12, 223 62 Lund**