



Retningsbestemmelse af isfremstød i Danmark ud fra analyser af fingrus

Institut for Geoscience

Charlotte Rasmussen

DOI: 10.7146/aui.351

Retningsbestemmelse af isfremstød i Danmark ud fra analyser af fingrus

CHARLOTTE RASMUSSEN

Laborant og laboratorieleder Charlotte Rasmussen (charlotte.rasmussen@geo.au.dk), Institut for Geoscience, Aarhus Universitet, Høegh-Guldbergs Gade 2, DK-8000 Aarhus C.

På Institut for Geoscience, Aarhus Universitet arbejder forskere, laboranter og studerende med specialiserede metoder indenfor geovidenskaberne. Der forskes bl.a. i sedimenter der kommer fra den danske undergrund og er dannet under de seneste istider eller mellemistider. Heriblandt benyttes en speciel type aflejringer (till) til at kortlægge isens udbredelse i Kvartærtiden ud fra indholdet af fingrus.

Baggrund

De fleste overfladenære sedimenter i Danmark består af smeltevandsmateriale, moræneaflejringer og andre karakteristiske istids- eller mellemistidsaflejringer.

Ordet moræne stammer fra det franske ord *moraine*, som betyder ”rullesten” eller ”løse sten”. Man bruger den engelske betegnelse for moræne *till*, for selve materialet der smelter ud af gletscherisen, mens moræne normalt betegner landskabsformen der består af till.

Till er per definition et usorteret sediment der består af alle partikelstørrelser: Ler (<0,002 mm), silt (0,002-0,063 mm), sand (0,063-2 mm), grus (2-20 mm) og sten (>20 mm).

Et sediment kan beskrives nærmere ved at analysere partikelstørrelsesfordelingen af ler, silt, sand og grus. Partikelstørrelsesfordelingen bestemmes under 2 mm, enten ved sedimentationsanalyse, sigtning i forskellige størrelsesklasser, ved laserdiffraktion eller billedanalyse. Lerindholdet kan undersøges kvantitativt for indholdet af typiske lermineraller (f.eks. smectit, kaolinit eller illit) ved røntgendiffraktion.

Herudover udføres der sortering af mineralkorn efter type i størrelsen 2-4 mm. Denne størrelsesfraktion benævnes fingrus og beskrives nærmere i det følgende.

Kvartærgeologi og klima

Jorden er ca. 4,6 milliarder år gammel. Geologisk tid inddeles i forskellige perioder: Kvartærtiden er den yngste periode som vi befinder os i og omfatter de seneste 2,6 millioner år af Jordens historie. Kvartærtiden underinddeles i epokerne Pleistocæn og Holocæn. Disse epoker er karakteriseret af vekslen mellem kolde og varme perioder, hhv. istider og mellemistider (se figur 1). Afhængigt af klimaforholdene har isen forskellige steder på kloden bredt sig i større eller mindre isfremstød. Når temperaturen i kortere eller længere perioder er steget tilstrækkeligt, er den smeltet helt eller delvist bort.

En mere detaljeret analyse af fingrusindholdet har vist sig at være brugbart til at tolke hvilket af flere forskellige isfremstød der er tale om: Hvert isfremstød afsætter nemlig sit karakteristiske fingeraftryk i form af de partikler af sand og grus der er flyttet med isen fra forskellige fjernereliggende områder. Hvis man kigger nærmere på fingruset finder man mineraler og bjergartstyper med hver sin geologiske oprindelse, f.eks. kvartskorn (fra flodaflejringer), krystalline korn (f.eks. granit og gnejs fra de skandinaviske grundfjeldsområder), sedimentære sandsten og lersten (fra f.eks. Juratiden), foruden kalksten (fra Kridttiden) og andre komponenter.

På vandretur langs en dansk strand kan man typisk finde sten (ledeblokke) som f.eks. rombeporfyr der er bragt hertil af isen fra Oslo-regionen. I gamle

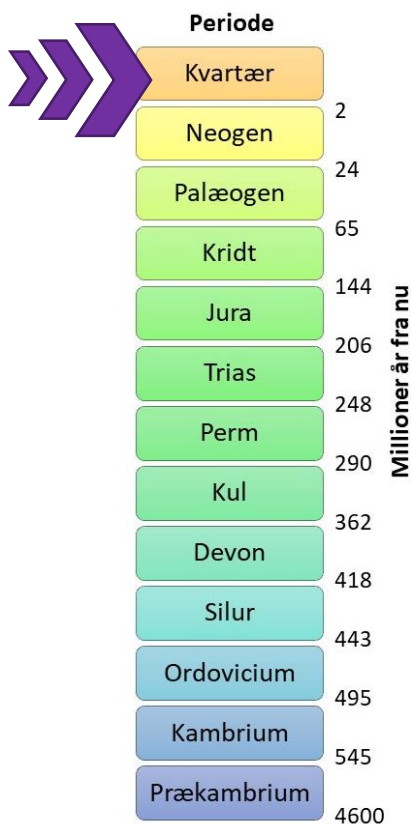
dage benyttede man faktisk stentællinger, hvor man betragtede bjergartstypen og heraf udledtes hvorfra materialet var kommet. Stentællinger var dog behæftet med stor usikkerhed og er siden blevet afløst af fingrusbestemmelser.

Fingrusdata kan bruges til at beskrive landskabets dannelseshistorie. Forskning i isens udbredelse, bevægelser og dynamik medvirker til bedre at forstå de forhold og miljøændringer der tidligere har været i Kvartærtiden. Det kan bruges til at løse nutidige problemstillinger indenfor bl.a. klimaforskning, ressourceudnyttelse og lokalisering af potentielle grundvandsmagasiner.

ISTIDER OG MELLEMITIDER

Istider (glacials): Indenfor en istid varierer temperaturen i kolde perioder (*stadialer*, hvor isen vokser) og lunere perioder (*interstadialer*, hvor isens volumen formindskes pga. kortvarige perioder med højere temperaturer).

Mellemistider (interglacials): Klimaet har været varmere, hvorved ismasserne reduceres.



Figur 1: Her fokuseres på Kvartærtidens istider og mellemistider. (Charlotte Rasmussen)

Sammenhængen mellem isfremstød og fingrus

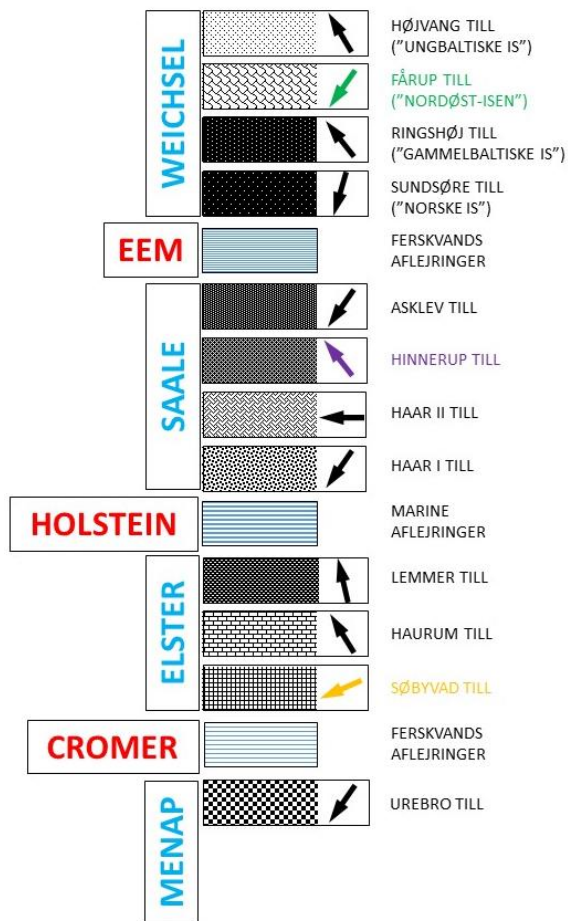
Nordeuropa og heriblandt Danmark har i Kvartærtiden været dækket af store ismasser på forskellige tidspunkter. Isen er kommet fra forskellige retninger med vekslende isfremstød. I Skandinavien har de høje fjelde i Norge og Sverige fungeret som "isdelere" og har opdelt isen som dermed har fået forskellige primære strømretninger: Nord (Norge), nordøst (Sverige) og sydøst (Baltikum området) (se figur 2). Isens bevægelse, tryk og afsmeltning har påvirket landskabet og formet Danmark til landet vi ser i dag med bakker, ådale, søer, hedesletter osv.



Figur 2: De mange isfremstød i Kvartærtiden er kommet fra 3 centrale retninger henover Danmark. (Google Maps og Charlotte Rasmussen)

Når ismassen bevæger sig hen over landskabet som en langsom bulldozer, oparbejdes materiale fra de forskellige ældre overflader (jordarter og bjergarter/grundfjeld) der passeres, imens isen vokser i sin udbredelse. Materialet føres med isen og afsættes igen når isen senere smelter bort. Produktet er moræneler, en tilleshed, som er et usorteret sediment der består af mineralkorn med mange forskellige partikelstørrelser: Lige fra de fineste partikler (ler og silt) til sand, grus, sten og store blokke. Ud af dette heterogene materiale defineres fingrus som de partikler der ligger i størrelsesintervallet 2-4 mm.

I Danmark kendes aflejringer fra 4 forskellige istider i Kvartærtiden: Weichsel, Saale, Elster og Menap. I det mellemste Jylland er der beskrevet 12 forskellige tillenheder fra denne periode, som er afsat under forskellige isfremstød (se figur 3).



Figur 3: Oversigt over de yngste kvartære istider og mellemistider, samt deres aflejringer i det mellemste Jylland. De tre tillenheder beskrevet senere i teksten er markeret med grøn, lilla og orange farve. (Charlotte Rasmussen efter geolog Christian Kronborg, Aarhus Universitet)

På Aarhus Universitet opstillede geolog Christian Kronborg i 1983 en model med det udgangspunkt, at fordelingen af fingrus i et kvartært sediment afhænger af det underlag, som den is der har afsat materialet har bevæget sig henover. Arbejdet viste, at kvartsindholdet falder med antallet af isens overskridelser af Danmark, mens indholdet af krystalline korn stiger. Med andre ord er et stort indhold af kvarts ensbetydende med en ældre aflejring og generelt vil det krystalline materiale dominere i sammensætningen af fingrus i en yngre aflejring. Hvis man har udtaget prøve fra en boring vil det yngste (fjerntransporterede) materiale dominere i toppen af lagserien. I bunden af

boringen vil det være lokalt materiale (det ældste). Jo flere gange isen har dækket et område og bragt materiale fra grundfjeldsområderne (og områderne med kalk/flint og sandsten) med sig, jo mere stiger koncentrationen af disse bjergarter. Jo længere isen har bevæget sig, jo mindre krystallint materiale er der tilbage (andelen er altså blevet "fortyndet").

Fingrussortering udføres i øjeblikket få steder i Danmark og er ikke-standardiseret. På Aarhus Universitet sorteres i fraktionen 2-4 mm, andre steder sorteres i fraktionen 3-5 mm. Dette gør, at fingrusdata ikke umiddelbart kan sammenlignes mellem forskellige institutioner. 2-4 mm på Aarhus Universitet er dels valgt for at kunne få en tilstrækkelig stor prøvemængde af materialet og dels for at sikre et tilstrækkeligt bidrag fra kvarts (der stort set kun findes i fraktionen under 5 mm). Som minimum oparbejdes så meget materiale, at der vil være mindst 300 stabile korn. Dette antal er statistisk udregnet til at sikre et validt datasæt.

Kvarts (se figur 4) har den kemiske formel SiO_2 og er et af de mest almindelige mineraler, da det findes som bestanddel i grundfjeld. Kvarts har fysiske egenskaber (bl.a. hårdhed) der gør, at det ikke forvitrer så nemt som andre mineraler. Det er derfor en af de mest betydningsfulde grupper ved tolkningen af fingrusdata i Danmark.



Figur 4: Kvarts i forskellige farver. (Charlotte Rasmussen)

For at undgå forvitningsbetingede forskelle (som kan være meget lokale), inddeles kornene efter stabilitet overfor kemisk forvitring: Inden sortering skilles stabile og ustabile korn i hver sin fraktion ved en simpel test med saltsyre.

Fingrus metodebeskrivelse

Det er en forudsætning, at man har et minimalt kendskab til mineraler og et grundlæggende kendskab til bjergarter for at kunne skelne imellem de forskellige typer af fingrus. For at opnå korn nok oparbejdes normalt materiale på minimum et par kilogram, oftest 2-4 kilogram og nogle gange mere. Materialet vådsigtes indledningsvis mellem 2 og 4 mm sigter for at frasortere uønskede kornstørrelser over 4 mm og under 2 mm.

Når prøven 2-4 mm igen er tør, syrebehandles materialet med 10 % HCl for at skelne imellem stabile og ustabile korn: Ved tilsætning af syre vil kalkholdige korn reagere med syren og bruse op. Når alle korn har gennemgået denne proces, er skyllet fri for syre og igen er tørre, kan de nu 2 delmængder (af stabile og ustabile korn) sorteres ved hjælp af pincet (se figur 5).



Figur 5: Ved selve fingrussorteringen benyttes et stereomikroskop der forstørker kornene, således at det er lettere at genkende de forskellige gruppers karakteristika. (Lars Kruse, AU foto)

På Institut for Geoscience arbejdes der med sortering i 12 forskellige grupper (se figur 6). I praksis slås nogle grupper dog senere sammen igen ifm. datapræsentation og tolkningsarbejdet. Når hele prøven er sorteret, tælles kornene i hver af de 12 grupper og data tages ind i et regneark.

Den stabile gruppe udgør korn af:

- Krystalline bjergarter:
 - Røde.
 - Lyse.
 - Mørke (vulkanske bjergarter og korn med mere end 50% mørke mineraler samt granater).

- Kvarts.
- Flint.
- Sedimentære bjergarter (f.eks. sandsten).

Den ustabile gruppe udgør korn af:

- Kalksten fra perioderne Kridt og Danien.
- Kalksten fra Palæozoikum.
- Porøs flint.
- En blandet gruppe kaldet "andet" (der både kan indeholde kalkholdigt og ikke-kalkholdigt materiale), det kan f.eks. være korn af okker, pyrit, brunkul eller lersten.



Figur 6: De 12 forskellige fingrus grupper. (Lars Kruse, AU foto)

Brug af metoden

Som eksempel indikerer tilstedeværelsen af typen Palæozoisk kalksten (se figur 7), at isfremstødet, der har produceret tillmaterialet, er kommet fra en østlig retning: Denne bjergartstype findes nemlig kun i Østersøområdet. Således vil fingrussorteringen samlet set give et nuanceret billede af hvilket isfremstød der er tale om. Når man således har kortlagt forskellige tillaflejringer i et område kan man sammensætte data og lave en beskrivelse af begivenhederne der har dannet landskabet.



Figur 7: Eksempel på hvor flot et korn kan fremstå. Her Palæozoisk kalksten med fossilrester. (Charlotte Rasmussen)

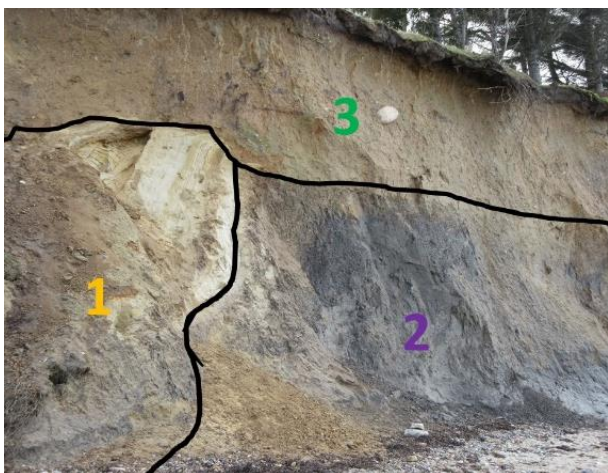
Lab.nr.	Tabel 1: Stabile komponenter															
	Prøve	Rød		Lys		Mørk		Total		Kvarts		Flint		Sedimentære		Stabile
	ID	Antal	%	Antal	%	Antal	%	Total	%	Antal	%	Antal	%	Antal	%	Total
19KG0101	1	23	2,26	170	16,70	23	2,26	216	21,22	503	49,41	283	27,80	16	1,57	1018
19KG0102	2	152	23,94	75	11,81	24	3,78	251	39,53	194	30,55	160	25,20	30	4,72	635
19KG0103	3	64	8,02	264	33,08	101	12,66	429	53,76	119	14,91	216	27,07	34	4,26	798
19KG0201	1	49	6,62	59	7,97	21	2,84	129	17,43	418	56,49	180	24,32	13	1,76	740
19KG0202	2	67	16,50	51	12,56	32	7,88	150	36,95	114	28,08	123	30,30	19	4,68	406
19KG0203	3	121	19,93	133	21,91	45	7,41	299	49,26	93	15,32	201	33,11	14	2,31	607
19KG0301	1	26	4,74	60	10,93	37	6,74	123	22,40	284	51,73	134	24,41	8	1,46	549
19KG0302	2	51	9,88	99	19,19	52	10,08	202	39,15	151	29,26	148	28,68	15	2,91	516
19KG0303	3	86	13,15	166	25,38	70	10,70	322	49,24	119	18,20	203	31,04	10	1,53	654
19KG0401	1	33	3,90	127	14,99	39	4,60	199	23,49	409	48,29	221	26,09	18	2,13	847
19KG0402	2	105	17,56	69	11,54	43	7,19	217	36,29	208	34,78	144	24,08	29	4,85	598
19KG0403	3	190	28,49	116	17,39	43	6,45	349	52,32	131	19,64	151	22,64	36	5,40	667
19KG0501	1	86	11,03	64	8,21	19	2,44	169	21,67	431	55,26	165	21,15	15	1,92	780
19KG0502	2	124	19,78	57	9,09	11	1,75	192	30,62	270	43,06	148	23,60	17	2,71	627
19KG0503	3	250	32,09	120	15,40	52	6,68	422	54,17	116	14,89	213	27,34	28	3,59	779
19KG0601	1	64	8,58	56	7,51	22	2,95	142	19,03	427	57,24	155	20,78	22	2,95	746
19KG0602	2	78	15,29	99	19,41	30	5,88	207	40,59	139	27,25	144	28,24	20	3,92	510
19KG0603	3	108	19,12	124	21,95	52	9,20	284	50,27	106	18,76	155	27,43	20	3,54	565

Figur 8: Eksempel på data for 18 prøver opstillet i 2 tabeller med hhv. stabile og ustabile komponenter. Bemærk i tabel 1, at antallet af totale stabile komponenter for alle 18 prøver er over 300 korn som krævet. (Charlotte Rasmussen)

Lab.nr.	Tabel 2: Ustabile komponenter									
	Kalksten		Palæozoisk kalksten		Kalkholdige sedimentære		Porøs flint		Andet (+/- kalk)	
	Antal	%	Antal	%	Antal	%	Antal	%	Antal	%
19KG0101	0	0,00	0	0,00	0	0,00	24	2,36	7	0,69
19KG0102	121	19,06	14	2,20	5	0,79	31	4,88	30	4,72
19KG0103	2	0,25	0	0,00	0	0,00	63	7,89	2	0,25
19KG0201	0	0,00	0	0,00	0	0,00	55	7,43	10	1,35
19KG0202	86	21,18	8	1,97	4	0,99	49	12,07	26	6,40
19KG0203	0	0,00	0	0,00	0	0,00	50	8,24	20	3,29
19KG0301	0	0,00	0	0,00	0	0,00	29	5,28	5	0,91
19KG0302	43	8,33	25	4,84	22	4,26	31	6,01	13	2,52
19KG0303	0	0,00	0	0,00	0	0,00	47	7,19	10	1,53
19KG0401	4	0,47	0	0,00	0	0,00	17	2,01	12	1,42
19KG0402	58	9,70	30	5,02	2	0,33	7	1,17	11	1,84
19KG0403	6	0,90	0	0,00	0	0,00	71	10,64	33	4,95
19KG0501	0	0,00	0	0,00	0	0,00	33	4,23	27	3,46
19KG0502	70	11,16	19	3,03	3	0,48	37	5,90	57	9,09
19KG0503	0	0,00	0	0,00	0	0,00	46	5,91	20	2,57
19KG0601	0	0,00	0	0,00	0	0,00	26	3,49	34	4,56
19KG0602	120	23,53	20	3,92	5	0,98	12	2,35	30	5,88
19KG0603	33	5,84	2	0,35	0	0,00	42	7,43	11	1,95

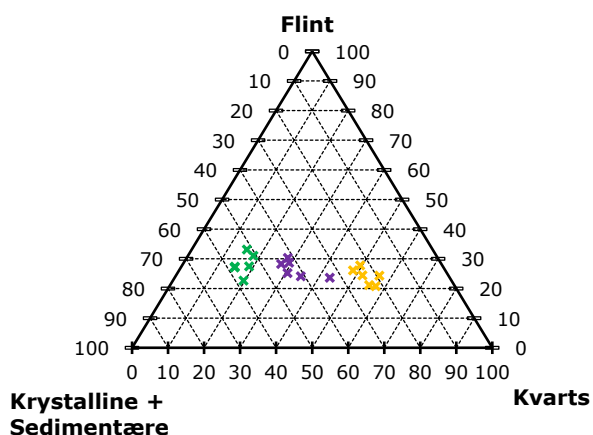
Når man har en række fingrusbestemmelser kan data eksempelvis bruges til korellering af lag i borerer (eller kystprofiler) indenfor et lokalt område, hvorved sedimenternes alder kan placeres relativt i forhold til hinanden.

Data præsenteret i tabel 1 og 2 (se figur 8) er baseret på undervisningen i Kwartærgeologi, foråret 2019 ved Institut for Geoscience. Laboratoriarbejdet er udført af 6 grupper af bachelorstuderende. Hver gruppe har hentet 3 forskellige tillprøver ved Knud Strand i Nordjylland (se figur 9).



Figur 9: Eksempel på et kystprofil med de tre forskellige tillenheder (1, 2 og 3) beskrevet i teksten. (Charlotte Rasmussen)

Når data plottes i et trekantsdiagram (se figur 10), ses der tydeligt 3 populationer (markeret med orange, lilla og grøn) der hver repræsenterer en unik tillenhed.



Figur 10: Alle data fra figur 7 plottet i et trekantsdiagram. Her ser man på de tre parametre der påvirker tolkningen mest: Kvarts, flint og grupperne af krystalline og sedimentære bjergarter. (Charlotte Rasmussen)

Till 1 (orange markering) er domineret af kvarts med mindre bidrag fra komponenterne flint og krystalline/sedimentære bjergarter. Af de tre tillenheder er det den ældste till, afsat i forbindelse med et Elster isfremstød fra en østlig retning. Enheden kendes som *Søbyvad till*.

Till 2 (lilla markering) indeholder mest krystalline/sedimentære bjergarter, hvor bidragene fra kvarts og flint er cirka lige store. Enheden kendes som *Hinnerup till* og er afsat i Saale som et af de sidste isfremstød. Isen er kommet fra en sydøstlig retning.

Till 3 (grøn markering) indeholder overvejende krystalline og sedimentære bjergarter med mindre bidrag fra kvarts og flint. Af de tre tillenheder beskrevet her er det den yngste enhed: Den er afsat i forbindelse med Hovedfremstødet i Sen Weichsel fra en nordøstlig retning (derfor populært kaldet Nordøst-isen) og kendes som *Fårup till*.

Afsluttende bemærkninger

Fingrusmetoden har stort potentiale: Der er mange anvendelsesmuligheder og perspektiver. Ift. andre metoder der beskriver andre egenskaber ved sedimenter (f.eks. lermineralogi, geofysiske målinger eller bestemmelse af partikelstørrelse) er fingrusanalysen nem, hurtig og billig: Der kræves ikke dyrt eller kompliceret udstyr for at producere data, blot simpelt laboratorieudstyr, et mikroskop og erfaring i at skelne korn fra hinanden. Med moderne teknologi kan dele af processen måske optimeres med brug af software til billedanalyse.

Referencer

Verner Søndergaard, Jette Sørensen, Richard Thomsen, Christian Kronborg, Ole Bjørslev Nielsen (Geologisk Nyt, 2006): Kortlægning af begravede dale – gebyrkortlægning og undersøgelsesmetoder.

Charlotte Krohn, Jette Sørensen, Christian Kronborg, Ole Bjørslev Nielsen (Vand og Jord, 2005): Kwartære grundvandsførende sedimentter.

Christian Kronborg (upubliceret lic. afhandling, Institut for Geoscience, Aarhus Universitet, 1983): Glacialstratigrafien i Øst- og Midtjylland.