

# Vurdering af økonomiske- og markedsmæssige muligheder for produktion af sand, grus og sten (aggregater) i Grønland rettet mod bygge- og anlægsindustrierne i Europa og Nordamerika

Per Kalvig og Jakob K. Keiding

## MiMa rapport 2020/3



# Vurdering af økonomiske- og markedsmæssige muligheder for produktion af sand, grus og sten (aggregater) i Grønland rettet mod bygge- og anlægsindustrierne i Europa og Nordamerika

Per Kalvig og Jakob K. Keiding

## MiMa rapport 2020/3



VIDENCENTER FOR MINERALSKE RÅSTOFFER OG MATERIALER  
DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER FOR DANMARK OG GRØNLAND



G E U S

# **Vurdering af økonomiske- og markedsmæssige muligheder for produktion af sand, grus og sten (aggregater) i Grønland rettet mod bygge- og anlægsindustrierne i Europa og Nordamerika**

**MiMa rapport 2020/3**

*Forfattere: Per Kalvig og Jakob K. Keiding  
Teknisk redaktion: Kisser Thorsøe*

*Repro: GEUS  
Tryk: GEUS*

**Juni 2020**

**ISBN: 978-87-7871-534-0**

© Videncenter for Mineralske Råstoffer og Materialer (MiMa) under  
De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)  
Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet  
Øster Voldgade 10  
1350 København K

# Indhold

<b>Begrebsforklaring</b>	<b>5</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>6</b>
<b>English Summary</b>	<b>8</b>
<b>1. Baggrund og formål</b>	<b>10</b>
<b>2. Afgrænsning og metode</b>	<b>12</b>
<b>3. Råstofgrupper og -kvaliteter</b>	<b>14</b>
3.1 Begreberne sand, grus og sten .....	14
3.2 Produkterne .....	15
<b>4. Forskellige produktionstyper</b>	<b>17</b>
4.1 Indvinding af bakkematerialer .....	17
4.2 Indvinding af sømaterialer .....	18
4.3 Dredging .....	20
4.4 'Stenbrud' – Udsprængte sten fra fast fjeld (skærver) .....	20
<b>5. Produkter og anvendelsesområder: Typer, kvaliteter og priser</b>	<b>22</b>
5.1 Højprisprodukter .....	22
5.2 Krav til kvaliteter .....	23
5.3 Priser og prisudvikling .....	24
5.4 Produktgrupper og anvendelsesområder .....	27
<b>6. De potentielle geografiske markeder</b>	<b>29</b>
6.1 Det danske marked .....	29
6.2 Det øvrige europæiske marked .....	29
6.3 Det nordamerikanske marked .....	33
6.4 De eksisterende forsyningskæder for importerede materialer (udvalgte områder) og industristruktur .....	35
<b>7. Søtransport</b>	<b>36</b>
7.1 Skibstyper .....	36
7.2 Årligt volumen og antal transporter ved produktion i Grønland .....	37
7.3 Transportlængder for skibstransporten .....	37
7.4 Krav til havne-, laste- og lossefaciliteter .....	39
7.5 Transportomkostninger .....	39

<b>8.</b>	<b>Økonomiske vurderinger af aggregatproduktion i Grønland</b>	<b>41</b>
8.1	Inputparametre til produktionsscenarier .....	41
8.1.1	Produktsortimentet bestemmer salgsprisen .....	41
8.1.2	Anlægsinvesteringer.....	42
8.1.3	Produktionsomkostninger.....	43
8.1.4	Priser for søtransport.....	44
8.1.5	Produktpriser .....	44
8.2	Økonomiske vurderinger af produktionsscenarierne .....	44
<b>9.</b>	<b>Ressourcepotentialet i Grønland</b>	<b>46</b>
<b>10.</b>	<b>Nuværende produktion og indvinding i Grønland</b>	<b>48</b>
<b>11.</b>	<b>Grønlands konkurrencesituation</b>	<b>50</b>
11.1	Logistik og arbejdskraft.....	50
11.2	Besejlingsforhold .....	50
<b>12.</b>	<b>Konklusion og anbefalinger</b>	<b>52</b>
	<b>Referencer</b>	<b>54</b>
	<b>Bilag 1</b>	<b>56</b>
	<b>Bilag 2</b>	<b>57</b>
	<b>Bilag 3</b>	<b>58</b>

# Begrebsforklaring

*Aggregater:* Samlebetegnelse for kommercielle produkter af sand, grus og sten, uanset produktionsmetoden.

*Alluviale materialer:* Samlebetegnelse for ler, silt, sand, grus og sten som er blevet transporteret af strømmende vand (flodaflejringer).

*Bakkematerialer:* Samlebetegnelse for sand, grus og sten indvundet i grusgrave på land.

*Bunke:* Maritimt udtryk for at modtage brændstof.

*DWT:* Dead Weight Tonnage; mål for et skibs lasteevne i ton.

*Fast fjeld/fast-fjelds-aggregater:* Samlebetegnelse for de bjergarter der brydes i stenbrud.

*Fluviatile materialer:* Samme som alluviale materialer, men er aflejret i flodsystemer.

*Fraktion:* Branchefortegnelse for kornstørrelsesinterval for salgsprodukt af aggregater. I Europa opgives fraktioner typisk i millimeter. For eksempel er fraktion 0/2 aggregater i kornstørrelsesintervallet 0-2 mm.

*Glaciale materialer:* Samlebetegnelse for de sedimenter der er skubbet frem af is og smeltevand.

*Grus:* Geologisk betegnelse for sedimenter i kornstørrelsesintervallet 2-63 mm.

*Moorings:* Fortøjningspunkter til skibe under last og losning.

*Mts:* Ton (engelsk: metric tons).

*Sand:* Geologisk betegnelse for sedimenter i kornstørrelsesintervallet 0,06-2 mm.

*Sandsuger:* Skib udstyret med pumper, 'sugerør' og lasterum der bruges til indvinding og transport af sømaterialer.

*Silt:* Geologisk betegnelse for sedimenter i kornstørrelsesintervallet 0,002-0,06 mm.

*Skærver:* Samlebetegnelse for knuste sten fra både bakkematerialer, sømaterialer og fast fjeld.

*Sten:* Geologisk betegnelse for sten større end 63 mm.

*Sømaterialer:* Samlebetegnelse for de bjergarter der indvindes fra de marine områder. De kan i princippet være aflejret i alle forskellige sedimentmiljøer.

*USGS:* United States Geological Survey.

# Sammendrag

Den globale urbanisering og generelt stigende økonomiske velfærd har medført, at råstoffer som sand, grus og sten er blevet produkter, som i stigende grad eksporteres. Derfor har Naalakkersuisut ønsket en vurdering af eksportpotentialet af disse ressourcer fra Grønland med særligt sigte på de europæiske og nordamerikanske markeder.

Sand, grus og sten (aggregater) produceres især fra tre forskellige geologiske typer af forekomster: (i) udgravning af aggregater fra løse aflejringer i terrænet (benævnt bakkematerialer); (ii) indpumpning af løse aflejringer fra havbunden (benævnt sømaterialer); og (iii) udsprængning og nedknusning af fast fjeld (benævnt skærver). Valget af produktionsmetode er overvejende bestemt af de geologiske forhold; de to førstnævnte metoder dominerer. Aggregater, som produceres ved de tre produktionsmetoder, er i princippet de samme produkter, men da der til visse anvendelser er specifikationskrav til produkterne, kan mindre forskelle i materialernes egenskaber medføre, at kun produkter fra en bestemt produktionsform opfylder kravene. Til mange formål er prisen vigtigere end kvaliteten. Aggregater til eksport er højkvalitetsmaterialer, som skal opfylde givne norm- og produktstandarder samt kundespecifikationer. Finkornede materialer (<2 mm) er generelt lavprisprodukter og søges minimeret i produktionen.

I Europa blev der i 2017 produceret ca. 3,0 mia. ton aggregater med størst produktion i Tyskland og England, som producerede henholdsvis omkring 600 og 450 mio. ton. Aggregaterne på det europæiske marked produceres især fra bakkematerialer (38 %) og fast fjeld (46 %); sømaterialer, genanvendt materiale og syntetiske aggregater udgør resten. Forbruget forventes fordoblet fra 2017 til 2060. Hovedparten af aggregaterne produceres og forbruges lokalt og nationalt, men markedet for international handel med disse råstoffer vokser, med Norge og England som de største eksportører, mens fx Holland typisk importerer ca. 20 % af landets årlige aggregatforbrug. Danmark er stort set selvforsynende, men importerer omkring 4,3 mio. ton knust fast fjeld årligt og eksporterer ca. 2,0 mio. ton sand, grus og sten om året, overvejende sømaterialer. Det nordamerikanske marked er helt overvejende selvforsynende, men USA importerer dog små mængder fra Canada og lejlighedsvis fra Norge.

I hele verden påvirkes både forbrug og priser af de økonomiske konjunkturer, da markedet er tæt forbundet til bygge- og anlægssektoren. Forbruget faldt derfor markant efter 2008 som følge af finanskrisen.

Aggregatbranchen er generelt presset på pris, normkrav og konflikter knyttet til arealudnyttelse, som udfordrer etablering af nye produktioner. Branchen er også præget af internationalisering og vertikal diversificering, som bevirker, at et mindre antal internationale koncerner dominerer forsyningskæderne, fra indvinding, eksport og distribution til fremstilling af specialprodukter til byggeindustrien.

Oversøisk transport af aggregater foretages typisk med tørlast-bulkskibe. Ved en produktion i Sydgrønland skal lasten transporteres ca. 2.000 nautiske mil (3.700 km) for at nå potentielle markeder i Europa eller Nordamerika. Transportpriserne varierer, men nærværende rapport anvender transportpriser på 65 DKK/ton til europæisk havn og 85 DKK/ton til nordamerikansk

havn med skibe i størrelsen 93.000 DWT (med behørig isklassificering). Priserne er baseret på flerårige kontrakter og anses som minimumsprisniveau ud fra best-case-scenarier. I tillæg til denne transportomkostning kommer omkostninger til lokaltransport. Transportomkostningerne er ofte udslagsgivende for konkurrenceevnen.

Værdien pr. ton råstof er beregnet med udgangspunkt i tre produktscenarier, hvor der produceres fra en forekomst af bakkematerialer bestående af leret grus med sand, koblet med de respektive listepreiser. Prisen pr. ton råstof for de tre produktscenarier varierer fra 102 DKK/ton til 139 DKK/ton.

Omkostninger til investering og drift af anlæg til produktion af aggregater fra bakkematerialer og fra udsprængt fast fjeld er baseret på interviews. Der er anvendt følgende variable: investering: 25-100 mio. DKK; arbejdsstyrke: 20-30 ansatte; og produktionskapacitet: 0,5-1,0 mio. ton/år. På dette grundlag er produktionsomkostningen beregnet til at udgøre mellem 44 og 64 DKK/ton. Under antagelse af transportomkostninger på 65 DKK/ton (Amsterdam) er break-even 110 DKK/ton og 130 DKK/ton for henholdsvis bakkematerialer og fast fjeld-aggregater leveret i Amsterdam. Tilsvarende er break-even for bakkematerialer og fast fjeld-aggregater leveret i Baltimore henholdsvis 130 DKK/ton og 150 DKK/ton. Disse priser er kun konkurrencedygtige for høj kvalitetsprodukter; finkornede produkter er ikke indregnet, da de betragtes som ikke-kommercielle.

Ressourcepotentialet i Grønland for aggregater med eksportkvalitet er meget lidt undersøgt. Grønlands geologiske forhold for både fast fjeld og løse aflejringer af sedimenter vurderes a priori som gunstigt baseret på den eksisterende begrænsede geologiske viden. Kun lokaliteter, der kan producere en høj andel af kvalitetsaggregater, vil have et eksportpotentiale, hvilket i vidt omfang udelukker recente glaciale sedimenter som ressourcegrundlag. Lokaliteter til nye aggregatproduktioner skal helst være beliggende ved kyster med gode forhold til udslibning med store skibe. I Europa er etablering af nye aggregatproduktioner ofte vanskeliggjort af konfliktende arealinteresser; denne udfordring forventes at være minimal i Grønland, som desuden er begunstiget med mange dybe og sejlbare fjorde. Til gengæld er Grønland udfordret af den relativt lange transportafstand til potentielle markeder, og de tilhørende høje transportomkostninger er en udfordring for konkurrenceevnen.

Samlet set konkluderes, at de geologiske og tekniske forhold for en produktion af høj kvalitetsaggregater i Grønland med henblik på eksport vurderes at være til stede. Specifikke velegnede lokaliteter kendes ikke, og der er behov for målrettet efterforskning. De økonomiske forhold for eksport af aggregater i et konkurrencepræget marked kan først vurderes på basis af lokaliserede forekomster.



## English Summary

Global urbanisation and the general increase in economic welfare have resulted in raw materials such as sand, gravel and rocks becoming products that are increasingly exported. Therefore, Naalakkersuisut has requested an assessment of the export potential of these resources from Greenland with a special focus on the European and North American markets.

Sand, gravel and rocks (aggregates) are produced from three different geological types of deposits: (i) excavating aggregates from loose deposits in the terrain (referred to as sand and gravel); (ii) pumping loose sediment from the seabed (referred to as sea/marine dredged materials); and (iii) blasting and crushing solid rock (crushed rocks/aggregates). The choice of production method is predominantly determined by the geological conditions; the first two methods are dominating. In principle, aggregates produced by the three methods are the same products, but minor differences in the properties of the materials may result in certain applications having specific requirements that only certain production types can meet. For many reasons, price is more important than quality. Aggregates for export are high quality materials that must meet given standards and norms as well as customer specifications. Generally, fine-grained materials (<2 mm) are low-cost products and it is attempted to minimize these in production.

In 2017, approx. 3.0 billion tonnes of aggregates were produced in Europe, the largest production being in Germany and England producing around 600 and 450 million tonnes, respectively. The aggregates in the European market are mainly produced from sand and gravel (38%) and crushed rock (46%); marine dredged aggregates, recycled materials and synthetic aggregates make up the rest. The consumption of aggregates is expected to double from 2017 to 2060. Most of the aggregates are produced and consumed locally and nationally, but the market for international trade with these raw materials is growing, with Norway and England being the largest exporters, while the Netherlands, for example, typically imports approx. 20% of the country's annual aggregate consumption. Denmark is largely self-sufficient but imports about 4.3 million tonnes of crushed solid rock annually and exports approx. 2.0 million tonnes annually, mainly marine dredged aggregates. The North American market is largely self-sufficient, but the US imports small quantities from Canada and occasionally from Norway. Consumption as well as prices are significantly affected by the economic climate, as the market is closely linked to the construction sector. Therefore, consumption dropped significantly as a result of the financial crisis in 2008.

The aggregate industry is generally under pressure when it comes to price, norm requirements and conflicts related to land use, which are all challenges to the establishment of new productions. The industry is also characterised by internationalisation and vertical diversification, which means that a small number of international groups dominate the supply chains, from extraction, export and distribution to the manufacturing of special products for the construction industry.

Overseas transport of aggregates is typically done with dry cargo bulk carriers. For a production in South Greenland, the cargo must be transported approx. 2,000 nautical miles

(3,700 km) to reach potential markets in North America or Europe. Transport prices vary, but in this report transport prices of 65 DKK/ton for European ports and 85 DKK/ton for North American ports and with ships of 93,000 DWT (with proper ice class) are used. Prices are based on multi-year contracts and are considered minimum price levels based on best-case scenarios. In addition to these transport costs, local transport cost will be added. Transport costs are often crucial when it comes to competitiveness.

The value per ton of raw material is calculated based on three product scenarios, which are produced from clayey gravel with sand, coupled with the respective list prices. The value of the three product scenarios range from 102 DKK/ton to 139 DKK/ton.

The costs of investment and operation of quarries for sand and gravel extraction and for crushed rock aggregates are based on interviews. The following variables have been used: investment: DKK 25-100 million DKK; workforce: 20-30 employees and production capacity: 0.5-1.0 million tonnes/year. Based on these assumptions, the production cost is calculated to be 44-64 DKK/ton. Assuming transport costs of 65 DKK/ton (Amsterdam), break-even is 110 DKK/ton and 130 DKK/ton for sand and gravel and crushed rock materials delivered in Amsterdam. Similarly, break-even for products delivered in Baltimore is 130 DKK/ton and 150 DKK/ton for sand and gravel and crushed rock materials, respectively. These prices are only competitive for high quality products. Fine-grained products are not included as they are considered non-commercial.

The resource potential in Greenland for aggregates with an export quality has been investigated very little. Greenland's geology is considered a priori as favorable for production of high-quality aggregates from both crushed rocks and loose sediments based on the existing limited geological knowledge. Only sites that can produce a high proportion of quality aggregates will have an export potential, and this largely excludes recent glacial sediments as a resource base. Preferably, locations for new aggregate productions should be located on coasts with good conditions for shipping with large ships. In Europe, establishing new aggregate productions is often hampered by conflicting land interests; this challenge is expected to be minimal in Greenland, which is also favored by many deep and navigable fjords. On the other hand, Greenland is challenged by the relatively long transport distance to potential markets, and the associated higher transport cost is a challenge when it comes to competitiveness.

In conclusion, the geological and technical conditions for production of high-quality aggregates in Greenland for export are expected to be present. No specific suitable sites are known, and targeted exploration is needed. The economic conditions for export of aggregates in a competitive market can only be assessed based on deposits.

# 1. Baggrund og formål

Verden over er der en øget efterspørgsel på mineralske råstoffer til anlægsarbejder, vejudbygning og byggeri. Disse råstoffer udgøres især af forskellige kvaliteter af sand, grus og sten og omtales ofte som bygge-anlægsmaterialer, fyld- og tilslagsmateriale, eller blot som 'sand'. Der produceres op mod 50 mia. ton årligt af disse råstoffer (Koehnken & Rintoul, 2018), og denne råstofgruppe er dermed verdens største målt i både volumen og omsætning (Peduzzi, 2014; UNEP, 2019). Verdens forbrug af aggregater forventes at stige til omkring 65 mia. ton pr. år med de største forbrug i USA, Europa, Central- og Vestafrika, Kina, Indien og øvrige Asien (OECD, 2019). Flere regioner i verden har problemer med at få tilstrækkelige ressourcer til eksisterende udbygning af infrastruktur og byggeri, og mange lande imødeser stigende udfordringer med forsyningerne af disse råstoffer. Disse forsyningsudfordringer skyldes bl.a., at arealtildelinger til råstofudnyttelse ofte prioriteres lavt, fx i nogle EU-lande, hvilket gør det vanskeligt at etablere nye produktioner, mens utilstrækkelig forvaltning af disse råstoffer i Asien og Afrika giver grundlag for illegal indvinding og betydelige miljødelæggelser (MPA, 2019). Nogle af disse forsyningsudfordringer udlægges ofte, fejlagtigt, som forårsaget af manglende geologiske ressourcer (MPA, 2019).

Bendixen *et al.* (2019) har peget på, at Grønlands store forekomster af sand, grus og sten, som er en følge af indlandsisens afsmeltning og som aflejres i Grønlands kystzoner, kan udgøre et uudnyttet eksportpotentiale af disse efterspurgte råstoffer.

På denne baggrund har Naalakkersuisut ønsket en generel vurdering af de økonomiske- og markedsmæssige muligheder for udvinding og eksport af 'sand' fra Grønland. Naalakkersuisut har ønsket særlig fokus på det finkornede materiale (sand: 0,06-2 mm). Rapporten forholder sig derfor til dette udgangspunkt, men inddrager, efter aftale med Departementet for Råstoffer, desuden vurderinger af de grovere fraktioner, samt de potentielle muligheder for produktion af knust fjeld, som ligeledes anvendes til bygge- og anlægsopgaver. Rapporten anvender samlebetegnelsen 'aggregater' for sand-, grus- og stenprodukter i intervallet 0-64 mm til bygge- og anlægsformål.

Der foreligger ikke viden om ressourcekvaliteterne for aggregater i Grønland og dermed ikke viden om, hvilke produkter der kan fremstilles af de årlige sedimentstrømme, omkostningsniveauet for at fremstille dem, omkostninger til transport, hvilke markeder de eventuelt kan afsættes på og til hvilke priser. Nærværende rapport er derfor første trin i en udredning af, hvorvidt sand, grus og sten produceret i Grønland vil kunne være konkurrencedygtige på markederne i Europa og Nordamerika.

Analysen tager udgangspunkt i forskellige scenarier med hensyn til produkttyper, -kvaliteter og deres typiske priser på det europæiske og nordamerikanske marked samt transportomkostninger. Herudover gennemgås de relevante råstofgrupper og typer (kvaliteter) samt forhold omkring transport fra Grønland til Europa og Nordamerika. Desuden gives der en oversigt over forsyningskæder og eksisterende markeder for disse anlægs- og byggeråstoffer, som er vigtige i forståelsen af markedsmekanismer for sand, grus og sten og for vurderingen af muligheder for Grønlands konkurrencesituation nu og i fremtiden.

Rapporten er færdigstillet i juni 2020 men har været holdt fortrolig frem til oktober 2021 efter ønske fra Naalakkersuisut.

## 2. Afgrænsning og metode

Datagrundlaget for undersøgelsen er baseret på nationale statistikker og offentligt tilgængelige priser og publikationer som angivet i referencelisten. Produktpriser er også rekvireret via listepreiser. En anden vigtig informationskilde er interview med producenter samt shippingsselskaber og andre udvalgte kontakter i branchen; disse kan ses i Tabel 1. Nogle informationer og data gengivet i rapporten er ikke frit tilgængelige, men oplyst fra fx producenter med aftale om, at informationerne kan blive videregivet i denne rapport, men af forretningsmæssige årsager uden direkte kildeangivelser.

**Tabel 1** Interview udført med 12 udvalgte kontakter i branchen.

Anders Lie, 21 <sup>st</sup> North
Betoncentralen af 15/6 1976 ApS
Dansk Natursten A/S
Frederikshåb Betoncentral ApS
Grønlands Erhverv
Jens Frederiksen, PFU Mineral Development
Kjeld M. Petersen, Rederiet Holmi
NCC
Nordic Bulk Carrier A/S
Norges Geologiske Undersøkelse (NGU)
Nymølle Stenindustri A/S
United States Geological Survey (USGS)

I denne undersøgelse er Europa og det østlige USA vurderet, da de i øjeblikket betragtes som mulige markeder. Lande i Asien og Mellemøsten, hvorfra der fra tid til anden rapporteres om 'sandmangel', er ikke medtaget, da det vurderes at markedspriserne på nuværende tidspunkt ikke kan opveje de høje transportomkostninger, og dermed gøre disse markeder økonomisk attraktive. Dette er også gældende for andre dele af USA end Østkysten, samt sydligere beliggende lande i Nordamerika. Canada har en betydelig produktion og selvforsyning af sand, grus og sten, som typisk transporteres via de store søer med forsyninger til både Canada og USA.

Undersøgelsen er baseret på et begrænset datagrundlag, da mange af de nødvendige informationer ikke er frit tilgængelige. Nøgletal og resultater er derfor behæftet med usikkerheder og tager udgangspunkt i det gældende marked og priser i 2018-2019. Særligt vanskeligt er det at vurdere sandsynlige produktpriser, da de varierer betydeligt, både i forhold til type og kvalitet, men også mellem de enkelte forhandlere. Projektet skal derfor ses som et indledende konceptstudie, som tager udgangspunkt i de opstillede scenarier. Alle priser er om-

regnet til danske kroner med udgangspunkt i kurser gældende ultimo 2019. Historiske udenlandske valutaer er omregnet til danske kroner baseret på årlige gennemsnits-valutakurser publiceret af Danmarks Nationalbanks Statistikbank<sup>1</sup>.

---

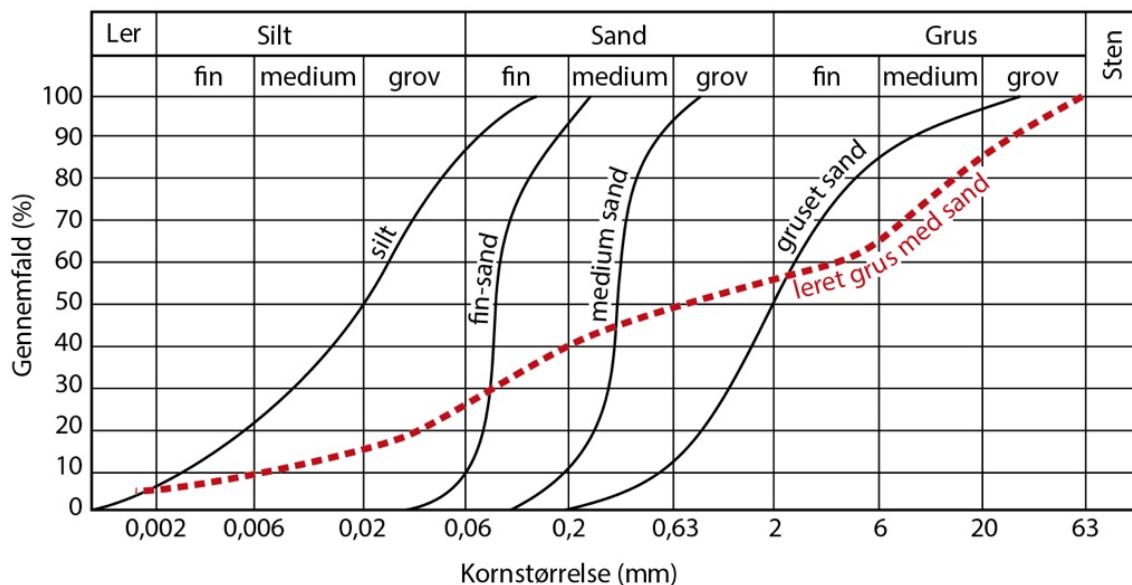
<sup>1</sup> Danmarks Nationalbanks Statistikbank: <https://nationalbanken.statistikbank.dk/statbank5a/default.asp?w=1843>

### 3. Råstofgrupper og -kvaliteter

#### 3.1 Begreberne sand, grus og sten

De mineralske råstoffer, som produceres i grusgrave eller stenbrud, omtales af lægfolk ofte under ét som *sand*. Geologisk er sand enkeltpartikler af mineralkorn eller bjergartsfragmenter i fraktionen mellem 0,06-2 mm. Råstoffteknisk dækker betegnelsen sand kun den del af råstofferne, hvor de enkelte mineralkorn er fra 0 til 4 mm i diameter og udgør derfor kun en del af de mineralske råstoffer, som bruges til bygge- og anlægsopgaver. De fleste, og de gode, råstofforekomster indeholder ud over sandfraktionen også grus og sten, som er de grovere partikler. Det skal bemærkes, at disse inddelinger er geologiske, og at råstofbranchen anvender andre definitioner (se Bilag 1), hvilket betyder, at ingen af de eksporterende råstofvindere producerer sand som deres eneste produkt (herfra undtaget er producenter af specialsand som granatsand, kvartssand o.l.).

Ingen råstofforekomster vil have en kornstørrelsessammensætning, som uden sortering opfylder kundernes produktkrav. Råstofvindere fremstiller derfor en række standardprodukter ud fra råmaterialets kornstørrelsesfordeling (Figur 1) så volumen af højprisprodukterne maksimeres og spildet i form af det finkornede materiale minimeres. Produkterne kan tilpasses de produktkategorier, som er vist i Bilag 1. Dette giver råstofvindere mulighed for at levere i forhold til kontraktspesifikationer og tilpasse sig dynamikker i efterspørgslen fra bygge- og anlægsindustrien.



**Figur 1** Kornstørrelsesfordeling for typiske løse aflejringer, som smeltevandgrus og -sand og moræne. Forekomstens kornstørrelsessammensætning er afgørende for hvilke produkter, der kan fremstilles og økonomien i et projekt. En produktion i Grønland vil typisk skulle baseres på materialer med sammensætning som smeltevandgrus, svarende til den røde kurve.

Indvinding af sand, grus og sten kan ske fra både løse aflejringer og fra fast fjeld (se kapitel 4). Materialerne i de løse aflejringer består af bjergartsfragmenter og mineralkorn, som er erosions-rester fra faste bjergarter. Materialerne kan være transporteret over lange afstande med floder, indlandsis og vind. Materialesammensætningen og -kvaliteten afhænger både af hvilke bjergarter der er ophav til sedimenterne, transportmåden og transportafstanden (lang transport er almindeligvis ønskelig, da svage korn nedbrydes undervejs).

I princippet er værdikæder og anvendelsesmuligheder de samme for begge grupper. Derfor behandler denne rapport begge typer samlet og peger på nogle af de væsentlige forhold, som afgør om indvindingen skal foregå fra løse aflejringer eller fast fjeld.

## 3.2 Produkterne

I det følgende anvendes samlebetegnelsen aggregater (eng. aggregates) for alle de kommercielle sand-, grus- og stenprodukter i intervallet 0-64 mm, der bruges til bygge- og anlægsformål. Industrien skelner mellem:

- Naturlige aggregater, som er naturlige mineralressourcer, der kun er undergået en naturlig fysisk processering (erosion, forvitring og sortering).
- Industrielle aggregater, der er mineralske råstoffer, som er blevet processeret (fx slagge).
- Genanvendte aggregater, der er uorganiske materialer, som stammer fra fx nedrevne bygninger og anlæg.

De forarbejdede aggregatprodukter opdeles og navngives forskelligt fra de termer geologer anvender om sedimentter. Disse begreber anvendes uanset om produkterne er fremstillet fra løse sedimentter eller nedknust fast fjeld.

For at optimere udnyttelsen af ressourcen tilstræber indvindere at producere et bredt spektrum af produkter. I Danmark omfatter produktionen typisk leverancer til følgende hovedgrupper (se Bilag 1):

- Anlægs- og vejmaterialer (grus- og sandfyld; bundsikringsmaterialer; stabilgrus; ballastskærver)
- Asfaltmaterialer (stenmel; sten 0-2 mm; sten uknuste; sten knuste)
- Betontilslagsmaterialer (betonsand 0-4 mm; sten i størrelserne 2-8 mm, 8-16 mm, 16-32 mm, 32-63 mm og >63 mm, alle i miljøklasser P, M, A og E (se afsnit 5.2); mørtelsand)
- Vandbygningssten (store sten til havnebygning og kystsikring)
- Jernbaneballast (12,2-31,5 mm; 31,5-50 mm)

I Danmark indberetter indvindere af bakkematerialer volumen af de salgbare produkter i forhold til 40 forskellige kommercielle produktbetegnelser under fire hovedkategorier: anlægs- og vejmaterialer, asfaltmaterialer, betontilslagsmaterialer og kvartssand (se Bilag 1). De forskellige produkter fremkommer ved forskellige behandlinger (størrelsessortering, densitetssortering, blanding af fraktioner, vask o.l.). Miljøklassevurderinger, som benyttes ved klassifikation af beton, er baseret på tekniske analyser af materialerne i henhold til internationale standarder (se afsnit 5.1 og 5.2). I Danmark kvalitetssættes sømaterialerne forskelligt



fra bakkematerialerne, idet de kun opgøres i følgende fire klasser: sand 1 (0-4 mm), grus 2 (0-20 mm), ral 3 (6-300 mm) og fyldsand 4. Dette uanset om de også opfylder en af de øvrige råstof typer)<sup>2</sup>.

De fleste indvindere af aggregater har udfordringer med afsætning af de finkornede materialer, som opstår som restprodukter efter udsortering i de vigtigste kommercielle produkttyper. Fra produktioner fremstillet fra løse aflejringer udgøres denne rest af finkornet sand-, silt- og lerpartikler, mens den finkornede fraktion (ofte betegnet bjergartsmel) fra produktioner fra fast fjeld dannes ved sprængning og knusning. Dette bjergartsmel har mange ligheder med det glaciale bjergartsmel i Godthåbsfjorden, som for tiden vurderes med henblik på anvendelse til jordforbedringsmiddel/gødningsstof til udpinte tropiske jorde (Sarkars *et al.*, 2018).

---

<sup>2</sup> BEK nr. 1306 af 24/11/2015 Bilag 8 vedr. definitioner på indberettede materialer til Naturstyrelsen.

## 4. Forskellige produktionstyper

Aggregater til brug til bygge- og anlægsopgaver udvindes fra tre forskellige grupper af materialer: (i) indvinding af alluviale, fluviatile og glaciale aflejringer af sedimenter på land, ofte under ét benævnt bakkematerialer; (ii) indvinding af sedimentære aflejringer beliggende i marine områder, ofte omtalt sømaterialer; samt (iii) brug af udsprængte sten fra fast fjeld (ofte omtalt som sprængsten, brudsten eller skærver). Valget af hvilken type, der skal bruges i en given produktion, vil i de fleste tilfælde være bestemt ud fra en minimering af afstanden mellem indvindings- og anvendelsesstedet, da transportomkostningerne for aggregater er en driftsøkonomisk nøgleparameter.

I Danmark, hvor der findes store forekomster af sand og grus i hele landet, dominerer produktionen af bakkematerialer, men sømaterialer bidrager også væsentligt til forsyningerne af aggregater til bygge- og anlægsopgaver. Produkter fra fast fjeld fra Bornholm udgør en meget lille del. I lande hvor grundfjeld dominerer geologien, udgøres hovedparten af aggregatproduktionen af udsprængte sten. I England og Norge er der etableret meget store produktioner af aggregater fra fast fjeld; ofte omtales disse som super- eller mega-quarries. I England og Norge er den årlige produktion størst fra anlæg der producerer fra nedknust fast fjeld (typisk 0,1-5 mio. ton/år); anlæg baseret på løse aflejringer producerer typisk fra 10.000 til 1.000.000 ton/år, og kun et lille antal producenter producerer mere end omkring 300.000 ton/år.

Der er normalt ikke totalt overlappende anvendelsesmuligheder for bakkematerialer, sømaterialer og aggregater fra fast fjeld. Desuden er indvindingsmetoderne for de tre hovedprodukter forskellige, hvilket medfører forskelle i anlægs- og produktionsomkostningerne.

I Grønland kan store produktioner af aggregater til eksport til bygge- og anlægssektorerne, antageligt produceres på basis af alle tre ressourcetyper; der er dog ikke gennemført efterforskning i Grønland målrettet ressourcer af aggregater, som kan bekræfte denne antagelse.

Nedenstående skitseres principperne i produktionsmetoden for de tre forskellige ressource-typer.

### 4.1 Indvinding af bakkematerialer

I Danmark foretages indvinding af bakkematerialerne sand, grus og sten til bygge- og anlægsopgaver i grusgrave i områder, som er udlagt til råstofindvinding. Efter afgravning af overjord (i Danmark typisk 2-10 m afhængigt af forhold og økonomi) foregår selve udgravningen med gummiged eller gravemaskine, hvorefter det udgravede materiale transporteres til et behandlingsanlæg, som er etableret i grusgraven. Disse anlæg består typisk af maskiner til størrelsessortering og kan desuden være suppleret med et knuseværk til nedknusning af større sten. Anlæggene kan derudover omfatte anlæg til vask og tyngdeseperation af udvalgte fraktioner. Efter udsortering i de ønskede produktklasser transporteres produkterne til lagerpladsen, hvorfra det transporteres med skib eller lastbil. I mange tilfælde blandes forskellige fraktioner så de kan passe til en given efterspørgsel, og dermed kan udnyttelsen af

forekomstens naturlige sammensætning optimeres, men blandinger vil normalt ikke give produktet øget værdi.

I England er de hyppigst efterspurgte fraktioner sand 0-2 mm og 0-4 mm, samt grus 4-10 mm, 10-20 mm og 20-40 mm (BGS, Factsheet 2019) og kun forekomster som indeholder betydeligt mindre end 25 % silt og ler (dvs. materialer <0,002 mm) betragtes som potentielt økonomiske. Bakkematerialer i Grønland domineres af morænematerialer, som er karakteriseret ved sammensætning af forskellige bjergarter i meget forskellige kornstørrelser; fra meget finkornede partikler (<1 mm) til store sten (>1 m). I udgangspunktet er morænematerialet usorteret når det aflejres, og efterfølgende sortering er et resultat af gravitation og fluvial transport over relativt korte afstande. Grønlandske forekomster af bakkematerialer vil derfor være forholdsvis dårligt sorterede og vil være geologisk 'umodne'. 'Umodne' sedimenter indeholder svage korn, som endnu ikke er nedbrudt, og er derfor uønskede i produkter til bygge- og anlægsopgaver. Der vil kun være ubetydelig densitetsforskel mellem de 'stærke' og de 'svage' korn/sten, og det vil derfor være vanskeligt at separere de uønskede korn og sten fra. En produktion af bakkematerialer forudsætter derfor, at der kan påvises en stor forekomst af god kvalitet, som kan anvendes til alle formål.

Under antagelse af, at der kun udvindes over grundvandsspejlet og uden for elvlejerne, vil der i Sydgrønland kunne gennemføres helårsdrift, da permafrosten ikke forventes at udgøre et teknisk problem. Dog kan der være behov for vand til vaskning, så finfraktionen (<0,06 mm) fjernes; dette gælder især til visse produkter til beton- og asfaltprodukter, da disse skal indpasses i gældende miljøklasser (se Bilag 1).

De miljømæssige udfordringer vil derfor primært være knyttet til afvanding og opbevaring af finfraktioner, samt det forhold at vegetationen afgraves over store områder. Produktioner fra løse aflejringer i Danmark dækker typisk store områder, da sedimentlagene ofte kun er op til 10-20 m, eller fordi man ikke ønsker at indvinde dybere på grund af risiko for indtrængning af grundvand eller sammenstyrtning af de stejle sider af grusgravene. Det er ikke muligt at vurdere mægtighederne af sedimenter generelt i Grønland; der forventes at være meget store lokale variationer.

Produktionsmæssigt er der to udfordringer ved bakkematerialer: (i) produktsortimentet er overvejende bestemt af sedimenternes naturlige kornstørrelsesfordeling; og (ii) kvaliteten af produkterne er dynamisk som følge af sedimentets vekslende sammensætning; dette kan udfordre opfyldelse af kvalitets- og normkrav.

Afrundede korn er især efterspurgt som betontilslag til opgaver, hvor beton pumpes ind på byggepladsen.

## 4.2 Indvinding af sømaterialer

Indvinding af alluviale materialer fra de marine områder er en metode, som ofte har stor udbredelse i lande med kystadgang og lavvandede kystområder. Indvinding af sømaterialer foretages med skibe, der er specielt bygget til opgaven (ofte omtalt som sandsugere/sandpumperfartøjer). Disse skibe er typisk mindre fartøjer (<2.000 DWT), som er udstyret med

en pumpe, der kan suge sedimenterne fra havbunden op igennem et nedsænket rør. De opsugede sedimenter føres ofte hen over et sold (sigte), så der kan foretages en simultan størrelsessortering, mens den ikke-ønskede fraktion dumpes på lokaliteten. Efterfølgende transporteres materialerne til en havnefacilitet, hvor skibet losses (mange skibe kan losse selv). De fleste sandsugere indvinder på dybder mellem 10 og 50 m; større dybder kræver montering af en pumpe for enden af røret.

I Grønland indvinder sandsugere flere steder mindre mængder sand og grus til lokale bygge- og anlægsopgaver; disse indvindinger foretages i henhold til § 47 i Inatsisartutlov nr. 7 af 7. december 2009. Indvinderne gennemfører selv den nødvendige efterforskning af egnede lokaliteter. I Danmark finder indvinding af sømaterialer sted i områder med kendte råstofkvaliteter, som er udlagt til denne type råstofproduktion; sømaterialerne udgør ca. 25 % af den samlede årlige indvinding (se afsnit 6.1).

Uanset om materialet er sorteret ved indpumpningen, vil der typisk være behov for at foretage en størrelsessortering i de efterspurgte produktklasser. Der er derfor typisk produktionsanlæg på land til behandling af sømaterialer. Efter losning transporteres materialet derfor til sorteringsanlæg, hvor det sorteres. Herefter transporteres de udsorterede, kommercielle fraktioner til en lagerplads, hvorfra de transporteres til kunderne. I Grønland sorteres sømaterialer til brug til lokale bygge- og anlægsopgaver almindeligvis ikke yderligere efter losning.

Sandsugere er typisk designet til at transportere lasten over relativt korte afstande (normalt maksimalt 100-200 km), og det vil hverken være driftsøkonomisk- eller sikkerhedsmæssigt forsvarligt at transportere det oppumpede materiale med sandsugere direkte fra indvindingsstedet i Grønland til europæisk havn.

En del af det europæiske marked for sømaterialer herunder en betydelige del af det danske marked forsynes fra et mindre antal store skibe, som især indvinder fra Jyske Rev og Midsjö Banke; disse sandsugere, sejler ofte over længere afstande. Da de ejes/kontrolleres af store verificerede koncerner, kan de anvendes fleksibelt efter behov, og lander hovedparten af deres laster i UK, Holland og Danmark. Eksempler på sådanne operationer er fx:

*DC Orisant (8865 GT/ 10713 DWT)*, har igennem 2020 overvejende indvundet fra Midsjö Banke med hovedparten af lasterne leveret i Gdansk, svarende til en sejlafstand på omkring 150 sømil; DC Orisant har dog også leveret laster i København, svarende til en sejlafstand på omkring 350 sømil.

*Spauwer (9781 GT / 12269 DWT)*, er et af de største og nyeste skibe, har igennem 2020 været anvendt i flere områder, og flyttes hyppigt til opgaver i UK, Holland og Danmark; det har indvundet sømaterialer fra forekomster i den Engelske Kanal til forskellige destinationer på UK's østkyst, bl.a. London, med sejlafstande på ca. 200 sømil, med har også i flere perioder været brugt til indvinding af råstoffer fra Jyske Rev, og leveret laster til bl.a. Århus; sejlafstanden fra Jyske Rev til Århus er omkring 300 sømil.

*Yed Prior (6712 GT/8307 DWT)*, blev sat i drift i 2020 og anvendes næsten udelukkende til indvinding fra Jyske Rev og forsyner hollandske pladser ved henholdsvis Ijmuiden (opland til Amsterdam) og Harlingen (oplandsområde til Groningen), svarende til ca. 400 sømil hver vej. Med en sejlhastighed på omkring 14 knob og indvindingstid på ca. 8-12 timer, svarer til ca. 3 døgn/last.

Sømaterialerne adskiller sig ofte fra bakkematerialerne ved, at de ofte er blevet transporteret længere og over længere tid, hvorved de svage korn er blevet nedbrudt. Sømaterialer har derfor almindeligvis lavere indhold af svage korn og sten end de landbaserede forekomster.

Inden indvinding i nye områder bør ressourcens volumen og kvalitet undersøges, så man sikrer, at der findes tilstrækkeligt med velegnet materiale i egnede (lavvandede (< ca. 30 m)) områder.

I Danmark og en række nordeuropæiske lande kan indvinding af sømaterialer foretages hele året. I Grønland vil indvinding være sæsonbetonet, da fjord-, stor- og drivis samt dårligt vejr periodevis vil kunne stoppe produktionen.

### **4.3 Dredging**

Dredging bruges ved indvinding af bakkematerialer, som er dækket af vand, fx hvor indvinding sker under grundvandsniveau. Ved denne metode suges materialerne op fra fx bunden af en sø og sendes til land via rørføring. Metoden svarer således til metoden, der anvendes for sømaterialer, men bruges på bakkematerialer. Det er, i lighed med indvinding af bakkematerialer, nødvendigt at sortere materialerne ud i de ønskede produktfraktioner. Metoden forudsætter, at det er muligt at udfælde de store mængder af lerfraktionen, som vil være suspenderet i opslæmningsvandet, inden vandet kan genudledes; dette kræver etablering af store bundfældningsbassiner.

I Grønland findes der mange søer i tilknytning til smeltevandsafstrømningerne fra indlandsisen. Disse søer indeholder store mængder morænemateriale, alluviale sedimenter og stedvis bjergartsmel (lerfraktion). Det må derfor forventes at være en udfordring at finde store forekomster med en gunstig kornstørrelsesfordeling, uden at der samtidig er en stor andel ikke-kommerciel finkornet-, respektivt meget groft materiale. Udfordringerne med opfyldelse af normkrav svarer til de to øvrige produktionsformer. I Grønland vil metoden formentlig ikke kunne producere i frostperioder.

### **4.4 'Stenbrud' – Udsprængte sten fra fast fjeld (skærver)**

Produktion af udsprængte sten fra fast fjeld svarer helt til de processer, som igennem årtier er brugt i de mindre lokale stenbrud, som ligger i eller tæt på mange af de grønlandske byer og bygder. Denne produktionsmetode omfatter følgende arbejdsstrin: boring af sprænghuller, ladning og sprængning, udlastning, knusning og udsortering i kommercielle fraktioner. De sidste to trin justeres og tilpasses i forhold til de fraktioner der efterspørges, og de færdige produkter transporteres til lagerplads/udskibningsplads.

Produkter fra fast fjeld består almindeligvis af skarpkantede, kubiske aggregater, bestående af samme bjergartstype. Udsprængte sten kan fremstilles i alle størrelser, og denne produktionsform kan derfor også producere store sten til fx havneanlæg og kystbeskyttelse (vand-

bygningssten). I lighed med producenter af bakkematerialer forsøger også fast-fjelds-producenter at reducere mængden af finkornet materiale (<2 mm), som betragtes som lavprisprodukter, der dog ofte udgør 30-40 % af den totale produktion.

Produktion af udsprængte sten kan ofte etableres som dybe, åbne brud, hvorved arealkravet kan reduceres. Der anvendes normalt ikke vand under produktionen, hvilket gør helårsdrift lettere, samtidig med at man fjerner behovet for dræning af produkterne inden afskibning, og man undgår håndtering af spildevand. Dog kræver nogle produkter vask for at fjerne støv, og i disse tilfælde skal vaskevandet renses inden udledning.

Mange forskellige bjergartstyper kan opfylde de tekniske krav til aggregater. Lokale, geologiske forhold kan gøre, at bjergarterne er svage og derfor ikke opfylder kravene. I Norge domineres produktionen af udsprængte sten af granit, gnejs, syenit, gabbro og anorthosit. De vigtigste bjergarter for eksport fra Norge er gnejs, anorthosit, mylonit, gabbro, eklogit og specielle sandstenstyper (Neeb, 2019). I England produceres udsprængte sten især fra granitter, sandsten og kalksten; det meget store anlæg Glensanda i Skotland, producerer aggregater fra en granit.

I England er reserverne for fast-fjelds-forekomster omkring 3,5 mia. ton mod 0,5 mia. ton for bakke- og sømaterialer (BGS, 2019). Til sammenligning producerede England 135 mio. ton materiale fra fast fjeld i 2017 (Bilag 2).

## 5. Produkter og anvendelsesområder: Typer, kvaliteter og priser

Fordelingen af forbruget af sand, grus og knuste aggregater varierer fra land til land, og ofte er der også lokale regionale variationer. Dette skyldes ofte geologiske forhold, samtidig med at andre arealinteresser har højere prioritet end produktion af aggregater, hvorfor råstofproducenterne må indvinde fra andre typer af forekomster end dem de helst vil indvinde fra. I Danmark er ca. 95 % af aggregatforbruget baseret på løse aflejringer af sand, grus og sten (Copenhagen Economics, 2017). I England forbruges mest aggregater fremstillet fra knust fjeld (BGS, 2019, men som det fremgår af Tabel 2, er der store forskelle mellem de forskellige anvendelsesområder; som tilslagsmaterialer til beton anvendes i England mest bakkematerialer.

**Tabel 2** Fordeling af forbruget af aggregattyper i England (fra løse sedimenter og fast fjeld) til de forskellige anvendelsesformål (kilde: BGS, 2019).

Produkttyper	Sand og grus (land + marine) (ton)	Knuste bjergarter (ton)	I alt (ton)	Total produkt- fordeling %
Betonaggregater	35.381.000	14.279.000	49.660.000	32
Sorterede aggregater	6.555.000	19.572.000	26.127.000	17
Vejbelægning, coated	181.000	17.597.000	17.778.000	12
Vejbelægning, uncoated	-	22.179.000	22.179.000	14
Bygning/asfalt, sand	6.960.000	-	6.960.000	5
Jernbaneballast	-	2.990.000	2.990.000	2
Ballaststen	-	976.000	976.000	1
Anlægsmaterialer	7.052.000	20.831.000	27.883.000	17
<b>I alt</b>	<b>56.129.000</b>	<b>98.424.000</b>	<b>154.553.000</b>	<b>100</b>

### 5.1 Højprisprodukter

En eventuel grønlandsk produktion af aggregater til bygge- og anlægssektoren skal målrettes højprismarkedene, som især omfatter højkvalitets-aggregater til beton, som kan modstå aggressive klima- og miljøpåvirkninger (se i afsnit 5.2), samt vej- og anlægsmaterialer. Desuden er der nogle mindre markedssegmenter som fx (i) jernbaneballast, der er materiale som sveller er placeret i, og hvortil der stilles helt særlige krav til kvalitet og kornform, og (ii) vandbygningssten, som anvendes til kystsikring, havnemoler, erosionsbeskyttelse af marine anlæg og kabelføringer; i begge tilfælde vil der ofte være behov for materialer med høj vægtfylde. Produktion af vandbygningsmaterialer sker hovedsageligt fra fast fjeld.

## 5.2 Krav til kvaliteter

Der er lovgivningsmæssige specifikationskrav til de fleste aggregater, der anvendes til bygge- og anlægsopgaver. EU-medlemslande følger de harmoniserede tekniske specifikationer, herunder fælleseuropæiske produkt- og prøvningsstandarder, udarbejdet af den europæiske standardiseringsorganisation CEN. Produkter, der er udført efter harmoniserede standarder, skal CE-mærkes. I Danmark udgives de færdige europæiske standarder (EN) som danske standarder (DS/EN); de mest almindelige standarder er anført i Tabel 3. Da en eventuel produktion af aggregater i Grønland vil skulle afsættes i Europa og/eller Nordamerika, vil en eventuel produktion af aggregater i Grønland skulle opfylde de gældende specifikationskrav i Tabel 3.

Aggregaterne testes i henhold til de europæiske standarder med henblik på vurdering af især følgende generelle parametre: korngeometri, mekaniske- og fysiske egenskaber, evne til at modstå temperaturvariationer og kemisk resistens. Herudover testes materialerne i forhold til mere specifikke anvendelser, som fx tilslag i beton og vejmaterialer.

Betonprodukter er omfattet af både europæiske normer og standarder samt enkelte nationale tillægsstandarder (Rosholm *et al.*, 2016). I Danmark inddeles beton i miljøklasser, som har forskellige modstandsdygtighed alt efter hvilken eksponering og anvendelse produktet har. Disse omfatter klasserne P (passiv), M (moderat), A (aggressiv) og E (ekstra aggressiv) defineret i DS2426 (Dansk Standard, 2011).

**Tabel 3** Produkttyper som kan opnå relativt høje priser.

Produktgruppe	Produkter	Kvalitet (mm)	Miljøklasse*	Standard
Anlægs- og vejmaterialer	Perlesten, ubundne	4-8		DS/EN 13285
	Perlesten, asfalt og overfladebehandling	4-8		DS/EN 13043:2003 + AC:2004
	Ærtesten	8-16		DS/EN 13285
	Nøddesten	16-32		DS/EN 13285
Betonmaterialer	Betonsand	0-4	E, A, M	DS/EN 12620 + A1:2008
	Betongrus	0-8	E, A, M	DS/EN 12620
	Perlesten	4-8	E, A, M	DS/EN 12620
	Ærtesten	8-16	E, A, M	DS/EN 12620
	Nøddesten	16-32	E, A, M	DS/EN 12620
Mørtel	Mørtelsand	0-4	M, P	DS/EN 13139
Vandbygningssten				DS/EN 13383-1:2003 + AC2004
Jernbaneballast	Ballastskærver	31,5-50		DS/EN 13459: 2003 + AC2004
	Ballastskærver	12,2-31,5		DS/EN 13459: 2003 + AC2004

\* Miljøklasserne angiver hvilke klima- og miljøpåvirkninger produkterne er egnede til: E – ekstra aggressiv; A – aggressiv; M – moderat; P – passiv/uklassificeret

Sand til fremstilling af mørtel skal bestå af hårde korn og må ikke indeholde lerminerale; materialets farve kan også have betydning. Enkelte meget lyse bjergarter (fx anorthosit og visse granitter) kan være særligt velegnede til vejformål på grund af lys farve. Tilslagsmate-



rialer til beton skal opfylde en række mineralogiske krav og skal også testes for alkali-kiselreaktioner. Vejmaterialer skal opfylde forskellige mineralogiske, fysiske og mekaniske krav og testes især for deres slidresistens og styrke; oftest benyttede tests er Los Angeles Test, Polished Stone Value (PSV) og Aggregate Abrasion Value (AAV) samt Micro-Deval test (MDE) (se Erichsen (2012) for yderligere beskrivelse). For asfalkskærver testes desuden for hæfteevne af bitumen. Kornformen/korngemetrien undersøges også og er udtrykt ved materialets 'flage-indeks' (FI), da kubiske skærver har bedre mekanisk modstand end flade korn. Til visse opgaver efterspørges bjergarter med høj vægtfylde. Bjergarter med højt indhold af radon eller tungmetaller vil ikke være attraktive på det europæiske marked, hvor der typisk stilles krav til, hvor højt indhold der må være af sundhedsskadelige stoffer (Neeb, 2019).

### 5.3 Priser og prisudvikling

Der er betydelige forskelle mellem hvilke produkter (størrelsesfraktioner) der produceres i de enkelte lande, og hvordan disse beskrives i produktblade og prislister. Overordnet er priserne for aggregater relativt lave, og stabile, sammenlignet med andre mineralske råstoffer og metaller. Ifølge råstofbranchen har aggregatpriserne i Danmark og i store dele af EU været stort set uændrede i de seneste 10 år. Prisvariationer afspejler især efterspørgsel, kvaliteter (mekaniske egenskaber, kornstørrelse og kornfordeling m.m. som beskrevet i afsnit 5.2) og transportomkostninger. Mængden som købes, har også betydning, da der kan opnås lavere priser ved indkøb af store partier. Der findes desuden en række nicheprodukter som anvendes, hvor der kræves meget strenge specifikationer (fx jernbaneballast til højhastighedstog, materialer til landingsbaner og sand til rørføring), og som derfor kun fremstilles af få producenter, hvorfor prisen kan blive betydeligt højere.

Til denne rapport er priserne for de forskellige dele af værdikæden undersøgt, men det har ikke været muligt at finde disse tal i enkeltvirksomheder, og analysen bygger i stedet på gennemsnitlige priser for aggregater, priser oplyst af producenter ved produktionssted inden videre transport og listepreiser for slutprodukt, typisk tæt ved området for anvendelse. I nogle lande, herunder Danmark, Sverige og England, er indvinding af aggregater belagt med afgifter, mens det ikke er tilfældet i bl.a. Tyskland og Holland. I Danmark udgør råstofafgiften 3 DKK/ton (5,00 DKK/m<sup>3</sup>). For sømaterialer skal der yderligere betales produktionsvederlag, der pt. udgør 5,30 DKK/ton (8,83 DKK/m<sup>3</sup>). I Sverige er råstofafgiften ca. 10,65 DKK/ton. Hertil kommer, at der skal betales moms på råstoffer, hvor satsen varierer fra land til land.

Priser for konstruktionsmaterialer i Norge fra producenter er ca. 40-55 DKK/ton før afskibning (FOB – Free on Board), men prisen kan være op til ca. 100 DKK/ton for særlige kvaliteter. Endnu højere priser vil som nævnt kunne opnås for særlige nicheprodukter.

Af Tabel 4 fremgår priser i Danmark, Norge, Sverige, Tyskland og Holland for en række udvalgte produkter. Sammenligningen har taget udgangspunkt i råstofftyper i Danmark. Det har imidlertid ikke været muligt at finde produkter, som er direkte sammenlignelige med de udvalgte betonmaterialer. Priserne stammer fra en screening af råstofpriser udarbejdet af Orbicon for Danske Regioner med priser for ultimo 2018 (se Danske Regioner, 2018). Der er også indsamlet listepreiser fra landene til at supplere prisoversigten, dog med undtagelse

af Holland, hvor der ikke er fundet priser, som med sikkerhed kan vurderes at være direkte sammenlignelig.

Oversigten i Tabel 4 illustrerer de store forskelle, der findes mellem de enkelte produkttyper og -fraktioner og lande, men der er også nationale prisvariationer (fremgår ikke af tabellen). Overordnet set er priserne, med enkelte undtagelser, lavere i Danmark end i de øvrige lande. Mest markant er de høje priser i Holland, 175-459 DKK/ton, som ligger væsentlig over priserne i de øvrige lande, som svinger mellem 50 og 230 DKK/ton for gennemsnitspriser. Laveste pris er 'harpet sandfyld' i Danmark (20,26 DKK/ton), og efter Holland er højeste pris betongrus i Sverige (230,40 DKK/ton). I Holland er det ikke normalt at offentliggøre listepreiser på råstoffer, idet råstofpriserne er afhængige af indvindingsmetode og de krav, som områdets ejer har aftalt med råstofindvinderen (Danske Regioner, 2018). Det har derfor ikke været muligt at verificere, om priserne er repræsentative for det generelle hollandske marked eller kun er gældende for mindre volumener til privat forbrug. Eksempelvist er der for en af de opgivne hollandske producenter indberegnet op til 10 km transport, som er væsentlig fordyrende for prisen.

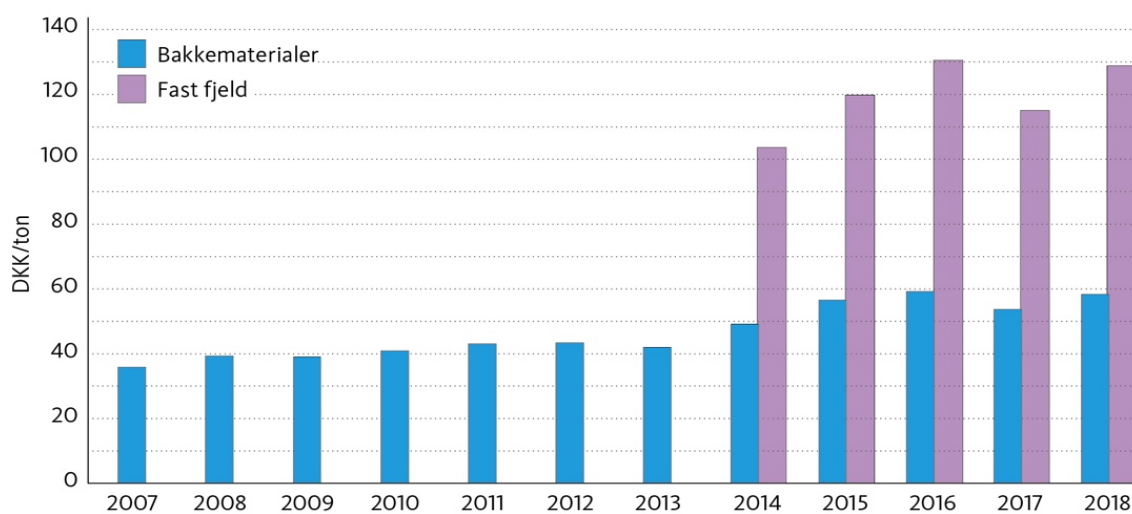
**Tabel 4** Listepreiser for aggregater i en række europæiske lande. Priserne er angivet med råstofafgifter for danske og svenske produkter, men eksklusiv moms. Alle priser i DKK pr. ton. Tabel modificeret efter Danske Regioner (2018). Betegnelsen 'klasse' bruges for aggregater til beton og angiver, i hvilket omfang de kan bruges til opgaver, hvor beton er udsat; betegnelserne er defineret i Europæiske Standarder.

Type	Fraktion (mm)	Klasse	Danmark			Norge	Sverige	Tyskland	Holland
			Min.	Max.	Gens.	Gens.	Gens.	Gens.	
<u>Vej og anlægs-materialer</u>									
Sandfyld, harpet	0-8		20,26	78,26	50,01	68,86	104,40	55,94	175,49
Bundsikringsgrus	0-8		22,26	77,26	41,43	87,10	126,67	145,96	
Stabilt grus	0-32		52,26	258,26	99,62	100,33	144,00	110,77	419,61
Perlesten	4-8		109,26	149,26	132,26	172,42	166,80		458,81
Ærtesten	8-16		117,26	149,26	138,01	167,03	200,40	187,03	330,32
Nøddesten	16-32		109,26	143,26	130,76	111,39	143,28	183,30	371,99
<u>Betonmaterialer</u>									
Betonsand	0-4	E	46,76	209,26	117,56				
Betonsand	0-4	P	31,26	169,26	92,59				
Betonsand	0-4	ikke oplyst	143,26	143,26	143,26				209,77
Betongrus	0-8		74,26	104,26	135,06		230,40		
Perlesten	4-8	M	163,26	181,26	172,26				
Ærtesten	8-16	M	181,26	255,26	218,26				
Nøddesten	16-32	M	149,26	149,26	149,26				
Perlesten	4-8	P	103,26	103,26	103,26				
Ærtesten	8-16	P	97,26	239,36	184,09				
Nøddesten	16-32	P	72,26	103,26	86,93				

Min. - minimumspriser; Max. - maksimumspriser, Gens. - gennemsnit.

For Danmark er, at visse produkter fire gange dyrere i Østdanmark end i Vestdanmark. Dette afspejler store regionale forskelle i udbuds-efterspørgselsforholdet for de enkelte råstofftyper, som geologisk varierer mellem regioner; samtidig er der et langt større forbrug i hovedstadsområdet end i det vestlige Danmark.

Priser for Nordamerika er indhentet fra producenter, der leverer til det østlige USA, og informationer fra den amerikanske geologiske undersøgelse (USGS) er også anvendt. Gennemsnitlige priser for knuste aggregater i perioden 2014-2018 varierede mellem ca. 100 DKK/ton til omkring 130 DKK/ton (Figur 2) med en svagt opadgående tendens. Priser for løse aflejringer steg i løbet af perioden 2009-2018; særligt fra 2014, hvor gennemsnitsprisen var mellem 50 og 60 DKK/ton (Figur 2). Yderligere information om gennemsnitspriser for de enkelte stater ses i Bilag 3.



**Figur 2** Gennemsnitspriser for bakkematerialer og fast-fjelds-aggregater i USA. År 2018 er kun et estimat (kilde: USGS 2019).

I Tabel 5 er samlet en række typiske priser for sand, grus og knust fast-fjelds-produkter for det amerikanske marked i det østlige USA. Det er ikke umiddelbart muligt at sammenligne priser fra USA og Europa på grund af forskellige kravspecifikationer, dog fremgår det, at der overordnet set er temmelig lave priser i USA, særligt for de finkornede materialer. Generelt har grovkornede bakkematerialer (diverse grusprodukter) og fastfjelds-produkter højere priser (ca. 60-160 DKK/ton), om end der er stor prisvariation, og også her forekommer lavprisprodukter for bakkematerialerne (Tabel 5). Enkelte produkter af fast-fjelds-aggregaterne har høje priser (fx 'crushed brick' og 'glacier stone' >200 DKK/ton); disse er dog små nicheprodukter til særlig brug, fx i forbindelse med anlæg af parker, haver etc. og vurderes ikke at have et volumen, der er interessant fra grønlandsk side.

**Tabel 5** Eksempler på typiske priser for agregat-markedet i det østlige USA. Priser er gennemsnit af samme type produkt fra op til tre producenter. 'Fraktion' angiver kornstørrelse (ikke opgivet af producenter for alle produkter).

Bakkematerialer – finkornet			Bakkematerialer – grovkornet			Fast-fjelds-produkter		
Produkt	Fraktion	Pris	Produkt	Fraktion	Pris	Produkt	Fraktion	Pris
		DKK/ton		Tommer (mm)	DKK/ton		Tommer (mm)	DKK/ton
Fine stone dust		13	Gravel	1/2" (12,7)	100	Crushed stone	3/4" (19)	140
Pure stone dust (clean)		35	Gravel	3/4" (19)	97	Rip-rap	4-8"(103-206)	128
Screen sand (fine)		53	Dense gravel	3/4" (19)	30	Rip-rap	6-12"(152-305)	160
Screen sand (coarse)		67	Dense gravel	3/8" (9,5)	21	Railroad ballast		120
Underdrained sand		49	MDOT Type A Gravel		76	Crushed brick*		253
Sandy fill		32	Crushed Bank Run Gravel	1-1/2" (38,4)	63	Glacier stone*	3/4" (19)	210

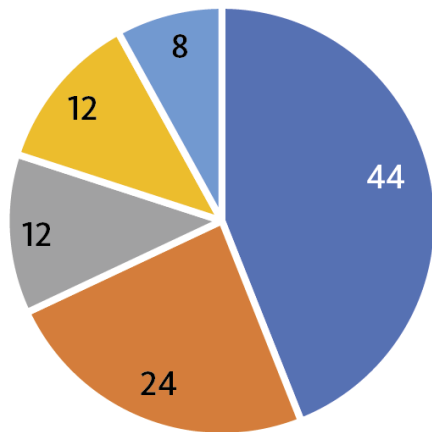
\* vurderes at være nicheprodukter

## 5.4 Produktgrupper og anvendelsesområder

Ifølge European Aggregates Association (UEPG) anvendes ca. 40 % af materialerne i EU direkte i anlæg som strukturelle (ubundne) materialer, 45 % bruges til betonfremstilling, 10 % i asfaltprodukter og 5 % i andre produkter (jernbaneballast, ballaststen til kystsikring m.m.) (UEPG, 2019). For den endelige brugssektor anvendes skærver fra bakkematerialer og fast fjeld til kommercielle og offentlige bygninger (40 %), boligbygninger (25%), vejbyggeri (20 %) og infrastruktur-projekter (15 %); disse tal varierer dog betydeligt fra land til land, og i flere lande er det største forbrug til infrastruktur og vejbyggeri. I Danmark bruges ca. 76 % til forskellige produkter til veje samt anlæg og ca. 24 % bruges i byggeriet (Copenhagen Economics, 2017). For de eksporterede norske agregat-produkter blev 53 % brugt til veje, 17 % til offshore anlæg, 6 % til beton og 24 % til uspecificerede formål (Neeb, 2017).

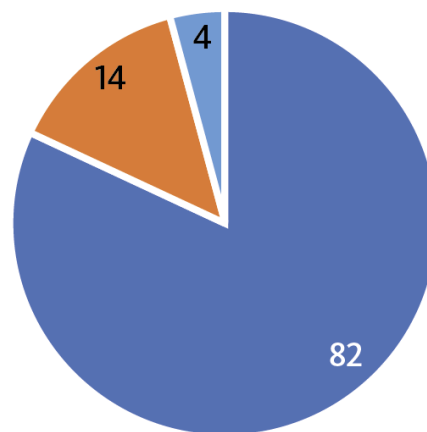
I USA anvendes 75 % af aggregater fra fast fjeld til bygge- og anlægsopgaver, mens det største anvendelsesområde for bakkematerialerne er som betontilslag, til vejanlæg, asfalt og asfaltbeton samt som fyldmaterialer (Figur 3).

### Sand og grus



- Betontilslag
- Asfalt og asfaltbeton
- Diverse
- Vejanlæg
- Fyldmaterialer

### Knust fjeld/skærver



- Bygge og anlægsmaterialer
- Beton
- Diverse

**Figur 3** Anvendelse af henholdsvis sand og grus samt knust fast fjeld/skærver i USA. Alle tal i procent (kilde: USGS).

## 6. De potentielle geografiske markeder

### 6.1 Det danske marked

Den årlige indvinding af bakkematerialer i Danmark har igennem de seneste 20 år været mellem 30-50 mio. m<sup>3</sup> pr. år med årlige udsving knyttet til den samfundsøkonomiske udvikling. Der har været en svag stigende tendens, som dog endnu ikke har genvundet niveauet fra før finanskrisen i 2008. Råstofindvindingen af bakkematerialer udgør omkring 75 % af den samlede indvinding; sømaterialerne udgør resten. Der er mindre årlige udsving i dette forhold, som primært skyldes variationer i indvinding af bakkematerialer, da indvinding af sømaterialer er ret konstant på 8-10 mio. m<sup>3</sup> årligt. Den største indvinding af bakkematerialer foretages i Region Midtjylland (ca. 30 % af den samlede indvinding af bakkematerialer), efterfulgt af Region Syddanmark, Sjælland og Nordjylland; Region Hovedstaden indvinder mindst, men har det største forbrug (Rosholm *et al.*, 2016).

Indvindingen af danske bakke- og sømaterialer bruges hovedsageligt til anlægs-, asfalt- og vejmaterialer samt betontilslagsmaterialer. Sømaterialerne klassificeres i sand, grus og ral, der bl.a. anvendes til beton og 'fyldsand', hvor fyldsand anvendes til kystsikring og opfyldning i forbindelse med anlægsprojekter. Sømaterialer har lavt indhold af svage partikler, fx porøs flint, og disse aggregater er derfor generelt af god kvalitet og stedvis bedre sammenlignet med bakkematerialer (Rosholm *et al.*, 2016).

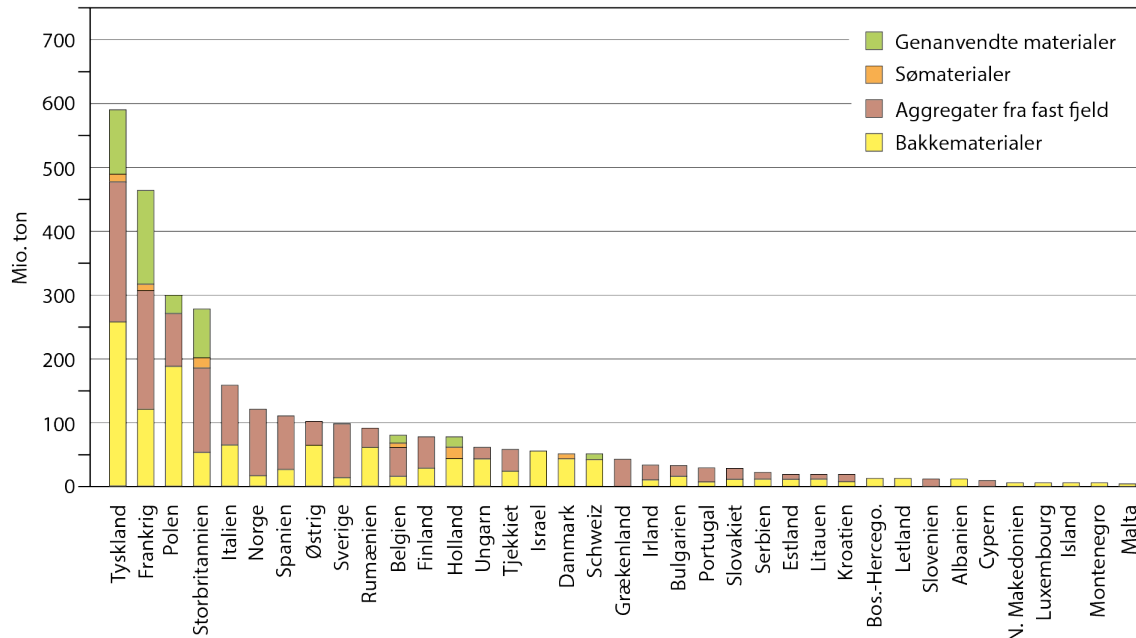
Ifølge tal fra Danmarks Statistik var der i 2015 186 virksomheder inden for området 'Indvinding af sand og grus', hvoraf hovedparten er små virksomheder med under ti ansatte (Miljøstyrelsen, 2017). Men det til trods tegnede de tre største virksomheder (NCC Industry A/S (land og hav), Nymølle Industrier (land) og Roskilde Sten & Grus ApS (land og hav) sig i 2015 for omkring 33 % af indvindingen (brancheoplysninger) og 54 % af markedets omsætning (Copenhagen Economics, 2017).

Danmark har en høj selvforsyningsgrad af sand, grus og sten. Omkring 95 % af forbruget dækkes af indenlands produktion (Copenhagen Economics, 2017). En stor del af de importerede materialer er granitaggregater, der især anvendes til asfalt og betonproduktion (Rosholm *et al.*, 2016). Importen stammer primært fra Norge samt mindre mængder fra Sverige og Storbritannien (Rosholm *et al.*, 2016). HeidelbergCement Group (Aggregate Industries, Hanson, Mibau Stema Group) er den største importør af knuste aggregater til Danmark via selskabet Mibau Stema Group (60 % ejet af HeidelbergCement Group).

### 6.2 Det øvrige europæiske marked

Figur 4 viser en oversigt over den samlede årlige produktion af konstruktionsmaterialer i EU og affillerede lande. Tyskland og Frankrig har klart den højeste produktion med henholdsvis 600 mio. ton og 450 mio. ton pr. år ud af en samlet årsproduktion på ca. 3,0 mia. ton for alle de undersøgte lande (UEPG, 2019). Andre store producenter er Polen, Storbritannien, Italien, Norge, Spanien og Østrig, som alle har en årlig produktion på 100 mio. ton eller mere. Som det ses af Figur 4, er der for de enkelte lande ret store forskelle på, om

aggregatforbruget domineres af bakkematerialer eller fast fjeld. Disse forskelle relaterer sig til de geologiske forhold i de enkelte lande; dog har hensyn til grundvandsressourcerne udfaset produktionen af bakkematerialer til fordel for fast fjeld i nogle lande, og tilsvarende miljøhensyn kan også gøre sig gældende i nogle lande.

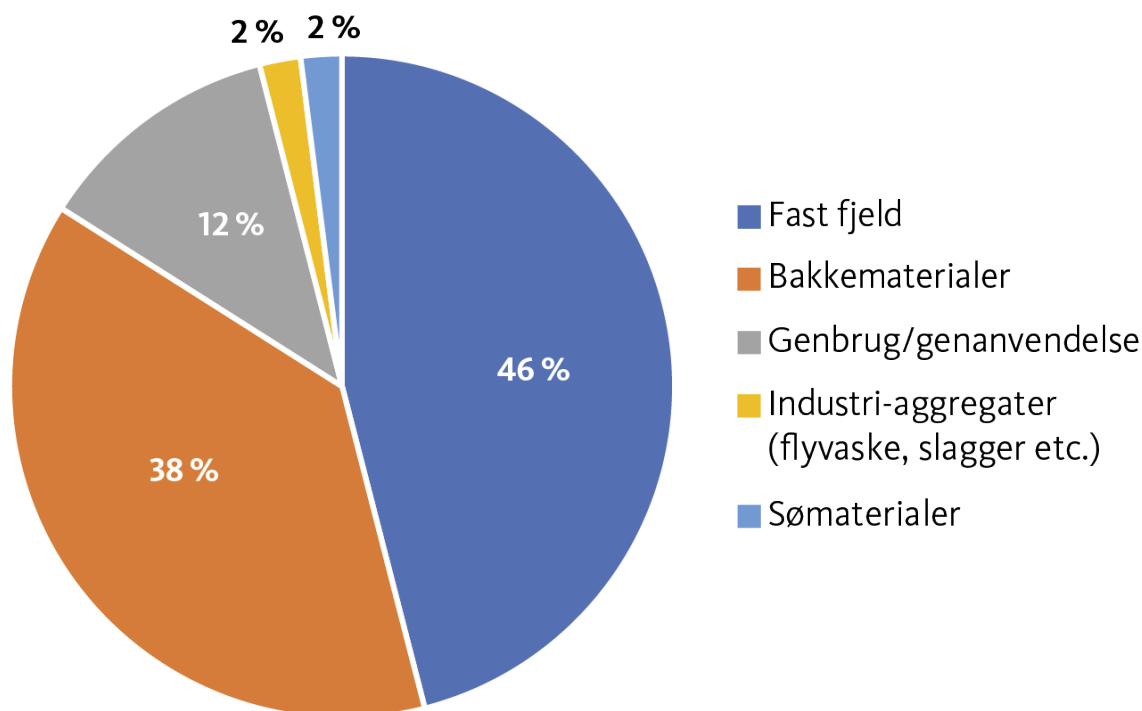


**Figur 4** Oversigt over samlet årlig produktion af konstruktionsmaterialer for EU- og EFTA-lande i 2018 fordelt på bakkematerialer, sømateriale, fast fjeld og øvrige (data fra UEPG, 2019).

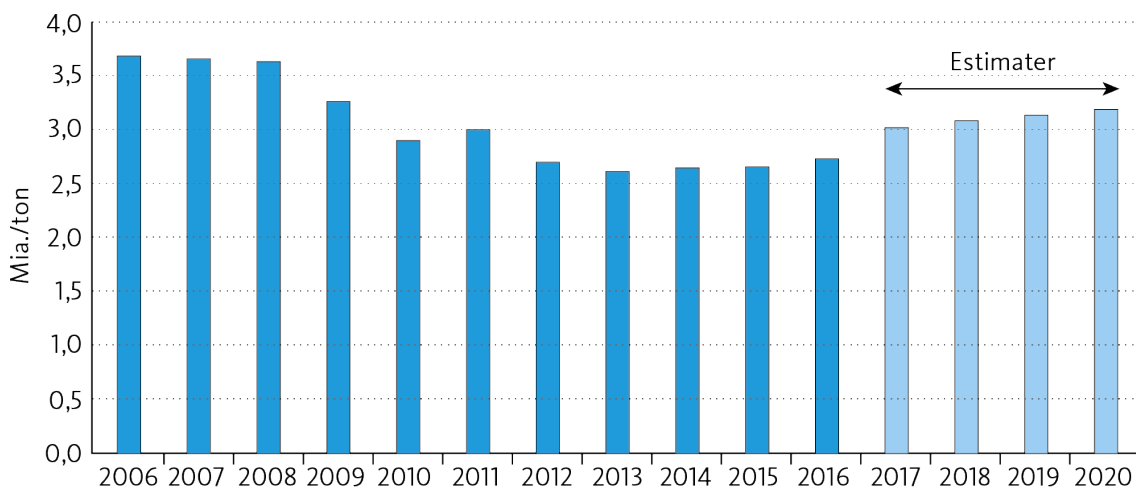
Hovedparten af konstruktionsmaterialer i Europa er aggregater fra fast fjeld (46 %) efterfulgt af aggregater fra bakkematerialer (38 %) og aggregater fra genanvendelse (12 %) (UEPG, 2019). Indvinding af sømateriale finder primært sted i Holland, Tyskland, Belgien, Storbritannien og Danmark og udgør kun 2 % af den samlede europæiske produktion, mens kunstigt fremstillede aggregater udgør omkring 2 % (Figur 5 og Bilag 2). I enkelte lande er genanvendelsesandelen høj som fx i Holland, hvor ca. 21 % af aggregatforbruget udgøres af genanvendte materialer; i Belgien genanvendes ca. 19 %, i Tyskland ca. 12 %, og i Frankrig og Danmark omkring 5 % (Delvoie *et al.*, 2019; Copenhagen Economics, 2017). Der er et stort potentiale for at øge bruget af genanvendte (sekundære) konstruktionsmaterialer i Europa, men det vurderes, at det er urealistisk at nå et niveau som i Holland og derfor forventes primære ressourcer også i fremtiden at levere den største del af den samlede efterspørgsel i både Europa og resten af verden.

Markedsværdien af naturlige aggregater i EU anslås til 125 mia. DKK i 2016 (UEPG, 2018). Som nævnt afspejler priser og efterspørgsel for aggregater aktiviteten i byggesektoren og reflekterer de økonomiske konjekturer. Forbruget af sand og grus faldt markant i Europa efter finanskrisen i 2008, men er steget i løbet af de seneste fem år, dog uden endnu at have nået niveauet inden den økonomiske recession (Figur 6). Som en konsekvens af finanskrisen faldt det gennemsnitlige forbrug i Europa fra ca. 7,2 ton pr. indbygger i 2006 til ca. 5,8 ton pr. indbygger i 2017 (UEPG, 2019). Produktionen af aggregater pr. indbygger i 2017 i de enkelte

europæiske lande fremgår af Figur 7. Figur 8 viser de forventede ændringer i tonnage i de europæiske lande fra 2017 til 2018. Af figuren fremgår det at man forventede at væksten i forbruget ville være størst i Portugal, Cypern, Polen og Litauen (7-15 % stigning), mens væksten i de øvrige lande forventedes at være lavere eller med ingen stigning. Der forventedes negativ vækst i Schweiz, Storbritannien, Rumænien og Estland.



**Figur 5** Fordeling af typer af aggregater i forhold til indvindingsmetode (kilde: UEPG, 2019).

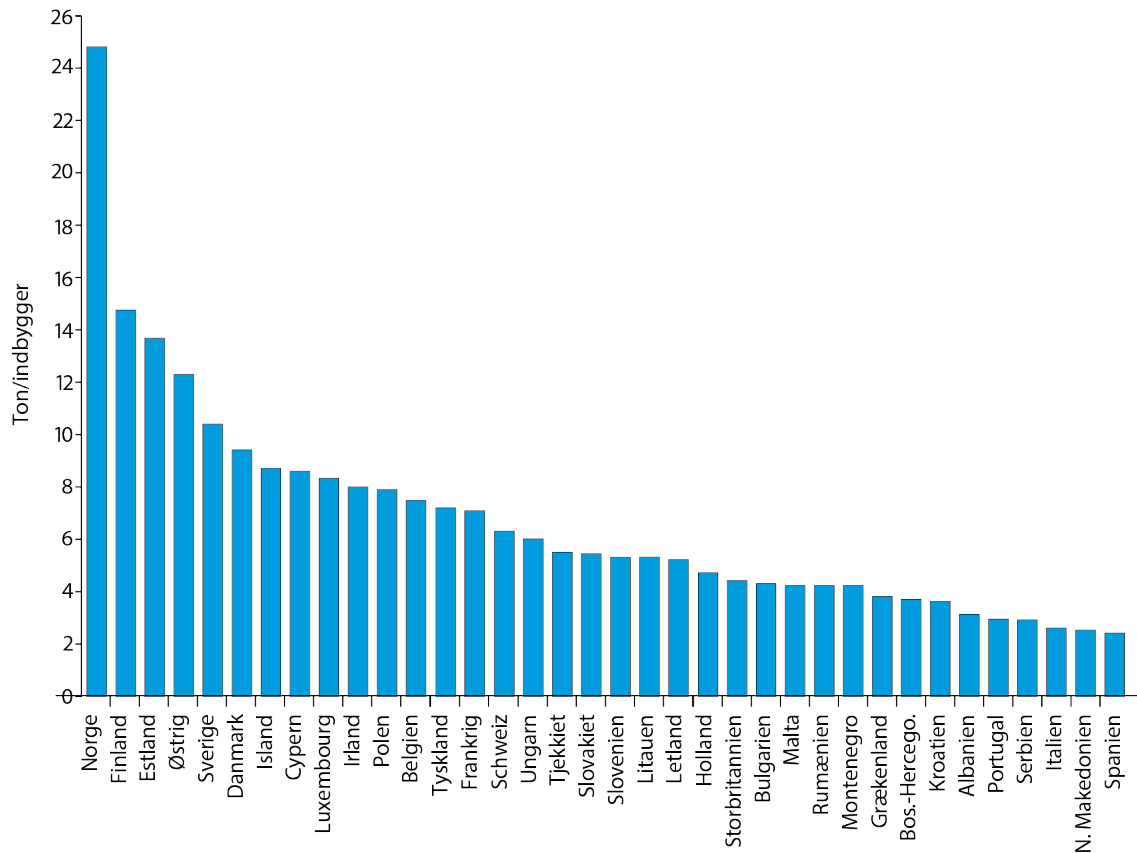


**Figur 6** Samlet produktion af aggregater i Europa i perioden 2006-2020 i mia. ton. Årene 2017-2020 er estimeret (kilde: UEPG, 2019).

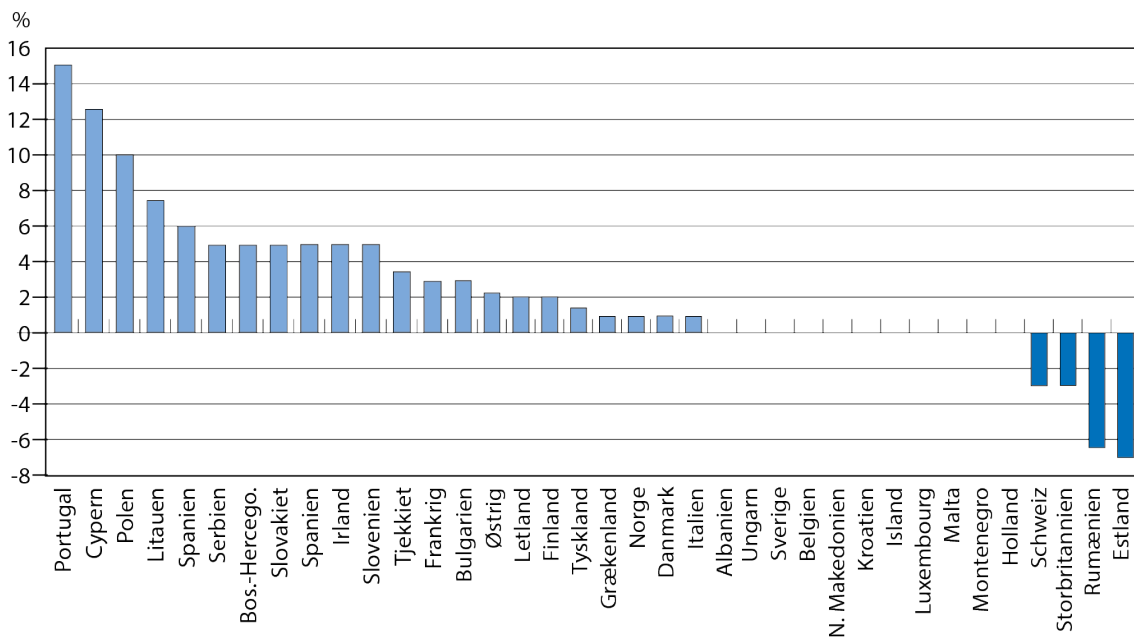
Ifølge en nylig undersøgelse af OECD (2019) forventes der en fordobling i forbruget af byggematerialer mellem 2017 og 2060 med den største vækst i aggregater (sand, grus og knust sten); det medfører at forbruget af byggematerialer pr. indbygger også stiger i de fleste lande,



da indbyggertallet ikke forventes at fordobles i samme periode (OECD, 2019). I EU forventes stigningen at være størst i perioden 2030-2060 end perioden 2017-2030.



**Figur 7** National produktion af aggregater i de enkelte europæiske lande i ton pr. indbygger for år 2017 (kilde: UEPG, 2019).



**Figur 8** Forventede ændringer i tonnage for EU- og EFTA-landene fra 2017 til 2018 (kilde: UEPG, 2019).

Da transportomkostningerne af aggregater er forholdsvis høje i forhold til prisen på produktet, er forsyningerne af aggregater til bygge- og anlægsindustrien i de fleste tilfælde fra lokale eller regionale råstofgrave/indvindingsområder. Dette afspejles i antallet af råstofgrave/indvindingsområder; der er 26.000 råstofgrave/indvindingsområder i Europa drevet af ca. 15.000 virksomheder/ejere (UEPG, 2019). Dette illustrerer, at indvinding af råstoffer og fremstilling af aggregater til bygge- og anlægssektoren i antal domineres af mange små og lokale producenter; volumenmæssigt udgør de dog kun en mindre del af det samlede marked, som domineres af storproducenter, hvor der er en tendens til konsolidering og opkøb (UEPG, 2018). Store producenter i Europa inkluderer bl.a. Group De Cloedt (DC Group) (Belgien), HeidelbergCement Group (Tyskland), LafargeHolcim (Schweiz) og Franzefoss (Norge).

Råstofbranchen vurderer, at flere lande i Europa er udfordret med hensyn til at sikre langsigtet forsyning af aggregater til bygge- og anlægssektorerne. Udfordringerne med forsyning er sjældent geologisk betingede, men skyldes derimod ofte forskelligrettede arealinteresser som følge af urbanisering, infrastruktur, fredninger, landbrug, skovbrug og etablering af rekreative områder. Disse arealinteresser gør det ofte vanskeligt at finde egnede råstofforekomster, som ligger i nærheden af markederne.

Der er en vis im- og eksport af aggregater mellem de europæiske lande; Norge er den største eksportør, Storbritannien den næststørste. Norge eksporterede i 2018 27,5 mio. ton til en værdi af 1,2 mia. DKK (Neeb, 2019). I 2016 udgjorde den norske eksport af aggregater 22,4 mio. ton, hvoraf Tyskland, Danmark, Holland og Storbritannien importerede henholdsvis 5,3; 4,3; 3,6 og 3,4 mio. ton. Herudover blev der eksporteret mindre mængder til Frankrig, Polen, Belgien, Estland, Letland og Rusland (Neeb, 2017). Tyskland, Danmark, Holland og Storbritannien er fortsat de store aftagere af eksporterede aggregater fra Norge (Neeb, 2019), og der har ikke været betydelige ændringer i aftagerlandene over en længere årrække.

Beneluxlandene, i særdeleshed Holland, har et stort behov for import af aggregater. Efter europæisk målestok er de tre lande kendetegnet ved at have en høj befolkningstæthed og høj relativ arealanvendelse til bebyggelse, infrastruktur og landbrug, hvilket gør det vanskeligt at åbne nye produktioner af bakkematerialer, hvilket sandsynligvis også kan komme til at gælde andre dele af Centraleuropa i fremtiden og dermed præge deres fremtidige produktioner. Derudover er Holland udfordret på egen produktion af både bakkematerialer og sømaterialer, da landets sedimenter er meget finkornede og de grovere fraktioner derfor må importeres. Hollands import udgør omkring 20 % af det samlede forbrug og kommer fra Norge, Storbritannien, Tyskland og Belgien (Delvoie et al., 2019).

### **6.3 Det nordamerikanske marked**

Den amerikanske produktion af konstruktionsmaterialer udgjorde i 2018 ca. 2,4 mia. ton sand, grus og sten til en samlet værdi af 25,3 mia. US\$ og beskæftiger ca. 100.000 personer (USGS, 2019). Markedet for konstruktionsmaterialer i USA er, som i Europa og resten af verden, kendetegnet ved store tonnager og lav værdi. I USA kommer hele 60 % af det samlede amerikanske marked fra skærver.

Branchen er meget konkurrencedygtig og er karakteriseret ved tusindvis af grusgrave og stenbrud, der betjener lokale eller regionale markeder. Tabel 6 viser de 20 største producenter af aggregater i USA, der producerer 743 mio. ton af den samlede produktion svarende til 31 % af hele markedet. Transport udgør en betydelig del af den samlede pris på produkterne, og transportomkostningerne for at flytte aggregater fra produktionssted til markedet overstiger ofte salgsprisen for produktet ved indvindingen. På grund af de høje transportomkostninger sælges sand, grus og sten så vidt muligt lokalt. Lastbiltransport er den vigtigste form for transport, mens skibs- og jernbanetransport tegner sig for cirka 10 % af den samlede transport af produkterne.

**Tabel 6** De 20 største producenter af aggregater i USA (kilde: USGS, 2019).

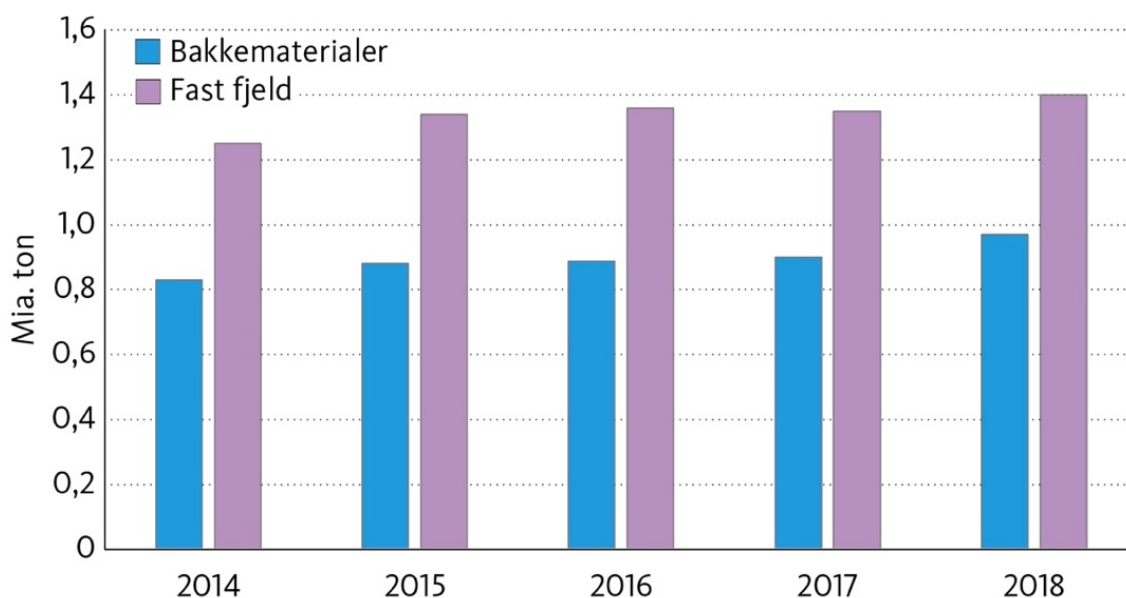
Vulcan Materials Co.
Martin Marietta
CRH Materials Americas
Lehigh Hanson
LafargeHolcim
Cemex
Rogers Group
Carmeuse Lime & Stone
Luck Stone Corp.
Lhoist North America
New Enterprise Stone & Lime Co.
Ash Grove Cement Co.
Bluegrass Materials Co.
Summit Materials
Dolese Bros. Co.
Vecellio & Grogan
National Lime & Stone Co.
Eucon Corp.
Buzzi Unicem USA
Mulzer Crushed Stone

Produktionen af sand, grus og sten steg med 14 % fra 2014 til 2018 (Figur 9), og der forventes en yderligere svag stigning i de kommende år (USGS, 2019). Produktionen for de enkelte stater fremgår af Bilag 3 og domineres af Californien, Texas, Arizona, Washington, Michigan, Minnesota, Colorado, Ohio, Wisconsin og Utah, der står for 55 % af produktionen af sand, grus og sten.

Der findes betydelige aggregatressourcer i USA. Der er derfor ikke geologisk ressourcemæssige begrænsninger og ifølge USGS (2019), forventes der i fremtiden ikke nogen større mangel på nationalt niveau. Samtidig vurderes det dog, at der kan opstå knaphed nær by- og industrialiserede områder, der er de største markeder, og hvor behovet for aggregater fortsat forventes at stige.

I USA udgør import og eksport af sand, grus og sten kun lidt over 1 % af det indenlandske forbrug. Næsten hele den samlede import stammer fra Canada (95 %). Andre lande som

eksporterer til USA, inkluderer Norge, Mexico og Kina. I 2015 og 2016 importerede USA omkring 3,5 mio. ton fra Canada, mens der i 2017 og 2018 blev importeret henholdsvis 6,5 og 5,5 mio. ton, som hovedsageligt blev afsat i San Francisco og New York City. San Francisco modtog i årene 1,5-4,0 mio. ton, mens New York City i gennemsnit modtog ca. 800.000 ton. I 2018 tegnede Californien sig for 81 % af den samlede import fra Canada (personlig kommunikation Jason Willett, USGS, 2019).



**Figur 9** Oversigt over produktion af aggregater i USA mio. tons. (Kilde: USGS, 2019).

#### 6.4 De eksisterende forsyningskæder for importerede materialer (udvalgte områder) og industristruktur

De to største indvindingssteder i Europa er Norsk Stein i Sydvestnorge og Glensanda i Skotland. Norsk Stein er det største stenbrud i Europa med omkring 280 ansatte og en årlig produktion på 10-12 mio. ton, hvoraf 99 % eksporteres til Europa. Glensanda er det næststørste med en produktion på omkring 9 mio. ton årligt og har været i operation siden 1986.

Brancherne er globalt præget af, at der igennem de seneste tiår er sket en vertikal diversificering domineret af relativt få store virksomheder, som sikrer sig kontrol med værdikæderne fra indvinding af de mineralske råstoffer, forarbejdning til fremstilling af produkter som ready-mix betonprodukter, cement, mørtel, asfalkærver og asfalt. Samtidig råder de over transport og logistik for alle led i disse værdikæder. Med denne branchekoncentrering kan virksomhederne opnå økonomiske fordele i et marked, der er karakteriseret af små profitmarginer i de øverste dele af værdikæderne. Nye aggregatproducenter har generelt vanskeligt ved at etablere sig grundet de tidligere omtalte og stigende interessekonflikter både på land og i de marine områder. Disse vanskeligheder er særligt store i tætbefolkede områder. Områder med ressourcer, som kan opfylde kravsspecifikationerne og som ligger, hvor der let kan etableres udskibning, og hvor arealinteresserne er gunstige, er et stort aktiv for de store konglomerat-virksomheder.

## 7. Søtransport

Aggregater er karakteriseret ved at være produkter med lille profitmargin, høj vægt og som forbruges i store volumener; omkostninger til transport er derfor en væsentlig konkurrenceparameter. Nedenstående beskrives eksempler på de specialiserede søtransporter af aggregater.

### 7.1 Skibstyper

Længere søtransport af landbaserede sand-, grus- og stenprodukter foretages som tørlast-bulktransporter. Som omtalt i kapitel 4 vil produktionen af de forskellige produkter almindeligvis være bestemt af de kontraktlige leveringsbetingelser, og valg af skibstransport vil afstemmes med det aftalte volumen. I nogle tilfælde er søtransport til given modtagerhavn omfattet af kontrakterne, mens det i andre tilfælde er købers ansvar. Som følge af komplekse ejer- og koncernstrukturer er det ikke klart, hvilke af disse der er mest udbredt. For eksempel råder Mibau Stema Group over fem selvlossende skibe (med følgende lastekapaciteter: 3 stk. til 33.100 DWT; 1 stk. til 26.100 DWT og 1 stk. til 17.500 DWT). Glensanda eksporterer ca. 5 mio. ton aggregater pr. år fra Skotland til det nordlige Europa med koncernens egne selvlossende skibe (2 stk. til 96.700 DWT). Tilsvarende transporteres en betydelig del af sand-, grus- og stenprodukter i Nordamerika (Great Lakes, St. Lawrence Waterway og den Canadiske østkyst) med store tørlast-bulkskibe, hvoraf mange er selvlossende. For eksempel råder Algoma Central Corporation over en stor flåde af 20-50.000 DWT oceangående, selvlossende skibe.

Sømaterialer indvindes af specialskibe, sandsugere, som typisk kun transporterer lasten over korte afstande (typisk <200 km) fra indvindingsstedet til modtagehavnen, hvor materialet typisk bliver udsorteret til forskellige produkter. Der ses dog eksempler på, at større sandsugere også bruges til transport af materiale over lidt større afstande (300-400 km); dette gælder eksempelvis for nogle af Hanson HeidelbergCement Groups operationer i England og Holland, som indvinder med skibe i størrelsen 5-9.000 DWT.

Danske sømaterialer, som indvindes fra Jyske Rev, losses typisk i Thyborøn, Esbjerg og en mindre del i Hanstholm. Fra både Thyborøn og Hanstholm distribueres sømaterialerne med 2-4.000 DWT bulkskibe til tyske og hollandske havne, samt til nogle danske havne. Der eksporteres en lille del materiale indvundet fra Jyske Rev til Holland og Tyskland med sandsugere i 4.000 DWT-klassen, når disse skibe mobiliseres til indvindingsområder i den sydlige del af Nordsøen.

I Grønland råder Royal Arctic Line A/S over fem atlantgående skibe. Disse skibe er designet til de markedsmæssige betingelser, som kendetegner Grønland og er af den grund helt overvejende baseret på containerbaserede transportløsninger. Der er i denne undersøgelse ikke set eksempler på brug af containerbaserede løsninger til søtransport af bulk sand-, grus- og stenprodukter, og der er kun kendskab til et enkelt privatejet grønlandsk bulkskib; North Viking; 3.048 DWT. Dette fartøj er selvlossende og isforstærket og udfører, i tillæg til opgaver

i Grønland, også transporter af sand-, grus- og stenprodukter fra Norge til Danmark og Nordtyskland.

## 7.2 Årligt volumen og antal transporter ved produktion i Grønland

Ved en eventuel eksport af sand-, grus- og stenprodukter fra Grønland antages det, at kun store, industrialiserede produktioner vil kunne konkurrere med produkter produceret i Europa og Nordamerika. I denne sammenhæng antages den mindste årlige produktion derfor at udgøre 500.000 ton. Som det fremgår af Tabel 7, vil antallet af skibstransporter blive urealistisk højt, hvis der anvendes skibe mindre end omkring 50.000 DWT, idet returrejsetiden sjældent kan gøres hurtigere end 16-18 dage, hvilket indebærer at et enkelt skib næppe kan udføre mere end omkring 20 transporter pr. år. Det må antages, at der ikke vil være mange velegnede og isforstærkede klassificerede skibe til rådighed for ad-hoc charter, som kan sikre disse transporter, og indgåelse af langvarige shippingkontrakter må være forventelig.

**Tabel 7** Estimering af antal 'rejser' pr. år med forskellige skibsstørrelser vurderet som funktion af skibsstørrelse og årlig produktionskapacitet.

Årlig produktion	500.000 ton	1.000.000 ton	1.500.000 ton	2.000.000 ton
Skibsstørrelse (DWT)	Antal rejser/år	Antal rejser/år	Antal rejser/år	Antal rejser/år
10.000	50	100	150	200
30.000	17	33	50	67
50.000	10	20	30	40
90.000	6	11	17	22

## 7.3 Transportlængder for skibstransporten

Som tidligere nævnt er fokus i denne undersøgelse de europæiske og nordøstamerikanske markeder, da disse markeder ligger relativt tilgængeligt i forhold til en produktion i Grønland. Derudover har de en betydelig infrastrukturudbygning og dermed storefterspørgsel på sand-, grus- og stenprodukter. Tabel 8 viser de estimerede transportafstande og transporttider fra Nuuk til en række udvalgte destinationer. Til sammenligning er den gennemsnitlige transportafstand for de største eksportproducenter af aggregater i Norge til mange steder i Europa omkring 950 km (Neeb, 2019) og sejlafstanden er dermed væsentlig kortere end fra Grønland til størstedelen af Europa. Derimod ligger Grønland tættere på Nordamerika end Norge, fx er afstanden mellem Egersund i Sydvestnorge og Baltimore (USA) 3.662 sømil, og dermed over 50 % længere end den tilsvarende afstand mellem Nuuk og Baltimore (2.391 sømil; Tabel 8). Grønland har derfor en betydelig transportmæssig geografisk fordel ved forsyning til det nordamerikanske marked sammenlignet med Norge.

Destinationerne i Tabel 8 er valgt uden hensyn til viden om efterspørgsel på de enkelte markeder og prisforhold. Men som det ses, ligger en række af de nordamerikanske markeder rent afstandsmæssigt tættere på et eventuelt produktionssted i Sydgrønland end de fleste

europæiske produktionssteder. Man skal dog være opmærksom på, at transportomkostninger bl.a. påvirkes af længden af kontrakter og udbud af ledig charterkapacitet, som varierer i de forskellige områder, og der kan derfor ikke udledes, at der er korrelation mellem afstand og fragtpriis. Dette forhold afspejles i de prisestimater, som omtales i afsnit 7.5.

Efter ankomst til modtagerhavn skal sand-, grus- og stenprodukterne almindeligvis distribueres fra losningspladserne til forbrugssteder. Afhængigt af transportlængder og muligheder transporteres produkterne typisk på lastbiler for korte afstande (<100 km) og med flodpramme hvis muligt, da dette giver mulighed for billig transport over større afstande.

**Tabel 8** Transportafstande og transporttider fra Nuuk til en række udvalgte destinationer i Europa og Nordamerika. Der er regnet med en sejlhastighed på 13 nautiske mil (kilde: <https://sea-distances.org/>).

Land	Lokation		Afstand		Sejltid	
	By/havn	Nautiske mil	Kilometer	Dage	Timer	
Canada	Halifax	1.536	2.845	4	22	
Irland	Dublin Port	1.828	3.385	5	21	
England	Liverpool	1.849	3.424	5	22	
USA	Portsmouth	1.868	3.460	6	0	
England	Manchester	1.889	3.498	6	1	
Canada	Quebec	1.892	3.504	6	2	
Frankrig	Brest	1.961	3.632	6	7	
USA	New Bedford	1.974	3.656	6	8	
USA	New York	2.090	3.871	6	17	
Danmark	Esbjerg	2.139	3.961	6	21	
Frankrig	Calais	2.160	4.000	6	22	
Holland	Amsterdam	2.181	4.039	7	0	
Sverige	Göteborg	2.195	4.065	7	1	
Tyskland	Cuxhaven	2.197	4.069	7	1	
Holland	Rotterdam	2.199	4.073	7	1	
Spanien	Bilbao	2.209	4.091	7	2	
Tyskland	Bremerhaven	2.210	4.093	7	2	
England	London	2.235	4.139	7	4	
Portugal	Lissabon	2.240	4.148	7	4	
Tyskland	Hamburg	2.247	4.161	7	5	
Belgien	Antwerpen	2.268	4.200	7	6	
USA	Norfolk	2.268	4.200	7	6	
Danmark	Aarhus	2.278	4.219	7	7	
Sverige	Helsingborg	2.279	4.221	7	7	
Danmark	København	2.302	4.263	7	9	
Canada	Toronto	2.322	4.300	7	11	
USA	Baltimore	2.391	4.428	7	16	
Tyskland	Rostock	2.411	4.465	7	17	
USA	Detroit	2.559	4.739	8	5	

## 7.4 Krav til havne-, laste- og lossefaciliteter

Det antages, at der til atlanttransporterne anvendes skibe op til omkring 90.000 DTW-klas- sen. For at disse kan anvendes til transport af sand-, grus- og stenproduktion fra Grønland, skal ankomsthavnen være af en sådan størrelse at skibe med en bredde på omkring 40 m og dybgang på minimum 10-12 m uhindret skal kunne vende og lægge til kaj. Neeb (2019) anbefaler dybgang på minimum 18 m for optimale vilkår for de største skibe med materiale fra mega-quarries. I hvilket omfang ankomst og afgang kræver assistance af lods og bugser- båd er ikke vurderet i denne undersøgelse.

Mange af de steder hvor der udskibes aggregater, består selve havnen af en kort havnekaj, hvor skibet fortøjes til moorings. Skibene kan typisk flyttes i sin længderetning under lastnin- gen. Almindeligvis er havnene udstyret med hurtiglæssende transportbånd, men skibene kan typisk ikke bunke dieselolie og vand, eller skifte besætning. Korte kajenlæg og to-fire fortøj- ningspunkter synes at være de hyppigste havneanlæg ved produktionsstederne.

Et eksempel på en udskibningshavn er havnen ved Glensanda i Skotland, som er en af Eu- ropas største af sin art. Der er plads til ét skib ad gangen ved en ca. 100 m lang kaj; skibet fortøjes til moorings både for og agter, dybden i havnen er 13,3 m og tillader adgang for anløb af skibe på 96.000 DWT. Anlægget er desuden forsynet med en skibslaster med en kapacitet på 6.000 ton/time.

De danske farvande kan besejles af skibe med stor dybgang langs de særlige transportruter, som forbinder Kattegat, Storebælt og Østersøen. Øresund har en tærskel ved Drogden Fyr, som kun kan passeres af skibe med dybgang mindre end 8 m. I Danmark er der kun få havne som kan modtage bulkskibe med dybgang på 8-10 m (fx Aalborg, Fredericia, København, Svendborg og de private havne ved Stignæs og Kalundborg), og dvs. at de fleste danske havnepladser, hvor der hyppigt losses aggregater, ikke kan besejles af skibe med 8-10 m dybgang. I Tyskland besejler de store bulkskibe Elben og kan nå næsten frem til Hamborg, men mange af aggregater fra Norge omlastes vest for Hamborg til flodpramme, som står for transporten videre til forbrugsstederne. Transport af aggregater til de nordamerikanske havne som fx Quebec, Montreal, Toronto, Chicago og Detroit foretages typisk af selvlos- sende bulkskibe i størrelsen 30-40.000 DWT. Der er ikke kendskab til i hvilket omfang de transporteres yderligere fra ovennævnte lossehavne.

Hurtig laste- og lossetid er afgørende for økonomien, idet omkostningerne til skibenes ligge- tid øger transportomkostningerne. En betydelig del af søtransporterne anvender derfor selv- lossende skibe med losningshastigheder fra 2-5.000 ton/time.

## 7.5 Transportomkostninger

På basis af flerårige kontrakter er omkostningerne til transport fra et tænkt produktionssted i Sydgrønland (nær Nuuk) til henholdsvis Europa (Amsterdam) og Nordamerika (Baltimore) estimeret af Nordic Bulk Carrier (december 2019) (Tabel 9). Som det ses af Tabel 9 er pri- serne for transport fra Nuuk til Amsterdam mellem omkring 15 og 20 DKK billigere pr. ton



end for transport fra Nuuk til Baltimore, hvilket stemmer med at afstanden er længere til Baltimore end til Amsterdam (Tabel 8). MiMa vurderer priserne som minimums prisniveau ud fra best-case-scenarier.

**Tabel 9** *Estimerede transportpriser fra et område nær Nuuk til henholdsvis Amsterdam og Baltimore. Baseret på data fra Nordic Bulk Carrier med flerårige kontrakter.*

Last-størrelse (metric ton)	Lossehavn	Pris pr. ton (US\$)	Pris pr. ton (DKK)*	Lossehavn	Pris pr. ton (US\$)	Pris pr. ton (DKK)*
58.500	Amsterdam	10,85	73,13	Baltimore	13,15	88,63
74.500	Amsterdam	9,95	67,06	Baltimore	12,70	85,60
93.000	Amsterdam	9,65	65,04	Baltimore	12,90	86,95

\* kurs: 1 US\$ - 6,72 DKK

## 8. Økonomiske vurderinger af aggregatproduktion i Grønland

### 8.1 Inputparametre til produktionsscenarier

De aggregatproducerende virksomheder betragter omkostningstal for produktionen som fortløbende oplysninger. Der er derfor opstillet seks produktionsscenarier, som danner grundlag for en foreløbig økonomisk vurdering af en aggregatproduktion i Grønland, se Tabel 10. Scenarierne omfatter produktion af aggregater fra bakkematerialer og fra fast fjeld; sømaterialer er ikke medtaget, da der ikke eksisterer tilstrækkeligt med data til en vurdering af økonomien. Der er udført beregninger for variationer i produktsortiment (Tabel 11 og Tabel 12), produktionsstørrelse (0,5, 0,75 og 1 mio. ton/år), transportomkostninger og produktionsomkostninger; kurs 6,72 er anvendt ved omregning fra US\$ til DKK.

**Tabel 10** Scenarienavn, materialetype, produktionsmængde, anlægsinvestering, antal ansatte og estimerede produktionsomkostninger pr. ton, for de seks produktionsscenarier som er beregnet.

Scenarie- navn	Materialetype	Produktions- mængde mio. ton/år	Anlægs- investering mio. DKK	Antal ansatte	Produkti- onsomk. DKK/ton
1A	Bakkematerialer	0,5	25	20	44
2A	Bakkematerialer	0,75	30	25	40
3A	Bakkematerialer	1	40	30	39
1B	Fast fjeld	0,5	50	20	64
2B	Fast fjeld	0,75	75	25	62
3B	Fast fjeld	1	100	30	61

#### 8.1.1 Produktsortimentet bestemmer salgsprisen

Overordnet set bestemmes produktsortimentet hos de enkelte aggregatproducenter af de geologiske forhold på indvindingsstedet. Forekomster, som består af finkornede bakkematerialer eller sømaterialer, kan ikke levere grovkornede aggregater, men forekomster af bakkematerialer og sømaterialer med en bred kornstørrelsessammensætning kan producere både finkornede og grove aggregater, hvor de grovkornede sedimenter eventuelt nedkuses til mere finkornede fraktioner. Producenter, som producerer knuste aggregater fra fast fjeld, har større frihedsgrad til at styre produktionen, så den matcher efterspørgslen. Da de enkelte kornstørrelsesfraktioner har forskellige priser, vil producenterne forsøge at optimere værdien af hvert udgravede/udsprængte ton ved at fremstille mest muligt af højprisprodukterne, som typisk er aggregater i kornstørrelsesintervallet 4-32 mm. Fra en forekomst af bakkematerialer bestående af smeltevandsgrus (se Figur 1), som er en typisk forekomst i Grønland, er der forskellige produktmuligheder, hvoraf tre ses i Tabel 11. Fraktionen <0,06 mm har kun undtagelsesvis kommerciel værdi og betragtes i det følgende som ikke-kommerciel. Overstørrelser er ikke værdisat; de kan enten afsættes til specielle formål eller nedkuses og indgå i de øvrige sortimenter.

De tre eksempler på produktsortimenter fra smeltevandsgrus i Grønland, som ses i Tabel 11, består af:

- Option 1 – fem fraktioner: sand (0-4 mm), perlesten (4-8 mm), ærtesten (8-16 mm), nøddesten (16-32 mm) og specialprodukter (>32 mm).
- Option 2 – to fraktioner: stabilgrus (0-32 mm) og specialprodukter (>32 mm).
- Option 3 – tre fraktioner: støbemix (0-16 mm), nøddesten (16-32 mm) og specialprodukter (>32 mm).

I Option 1 og 3 vil nøddestensfraktionen 16-32 mm eventuelt kunne knuses og omdannes til ærtesten (8-16 mm), men ikke uden tab til finfraktion og ekstra produktionsomkostninger.

**Tabel 11** Eksempler på produktsortiment som kan tænkes produceret på basis af en sammensætning svarende til smeltevandsgrus fra Grønland. Option 1, 2 og 3 er anvendt til estimering af værdien af 1 ton af det producerede materiale. Fraktionen <0,06 mm er ikke inkluderet, da den her betragtes som ikke-kommerciel.

Smeltevandsgrus – kornfordeling				Option 1			Option 2			Option 3		
Kornstørrelse	Fordeling			Option 1	Option 2	Option 3	Option 1	Option 2	Option 3	Option 1	Option 2	Option 3
Fraktion (mm)	Kum. %	Andel %	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
<0,06	25	25	25									
0,06-0,2	40	15		49	89	76						
0,2-0,63	48	8	37									
0,63-2,0	55	7										
2,0-4,0	62	7										
4,0-8,0	75	13	13	17								
8,0-16,0	82	7	7	9								
16-32	92	10	10	13								13
>32	100	8	8	11	11	11						11

\* farverne henviser til farverne i Tabel 12

Produktsammensætningen er bestemmende for salgsprisen. I Tabel 13 ses prisen for 1 ton materiale for produktscenarierne Option 1, 2 og 3 baseret på danske 2018-gennemsnits-salgspriser (jf. Tabel 4). For Option 1, hvor de grovkornede fraktioner er udsorteret, kan man forvente at få 139 DKK/ton, mens prisen for Option 2 og Option 3 er henholdsvis 102 DKK/ton og 115 DKK/ton. Disse beregninger er brugt til at estimere variationerne for værdien af 1 ton aggregat fra bakkematerialer. Produktion fra fast fjeld vil typisk blive optimeret i forhold til udsorterede grove fraktioner, og vil derfor bedst svare til Option 1.

### 8.1.2 Anlægsinvesteringer

Investeringer til etablering af anlæg er baseret på meget foreløbige skøn på baggrund af interviews, og kapitalomkostningerne er derfor blot inkluderet i produktionsomkostninger. Investeringerne omfatter: etablering/klargøring af råstofgrav/indvindingsområde, miljøforanstaltninger til procesvand og silt, produktionsudstyr (knuser, sorteringsanlæg, kørende ma-

teriel), generator(er), havn/forankringspunkter og indkvartering/værksteder. De anvendte anlægsinvesteringer i estimerne fremgår af Tabel 10; der regnes med en produktion på 5 år, som investeringerne skal afskrives over.

**Tabel 12** Beregnet værdi af et ton materiale for produktscenarierne Option 1, 2 og 3. Priserne er beregnet ved at bruge gennemsnitlige salgspriser i Danmark i 2018 (kilde: Danske Regioner, 2018). Forventet produktionstid er 5 år.

Materiale/ produkt	Pris DKK/t	Option 1		Option 2		Option 3	
		Forde- ling %	Værdi DKK/t	Forde- ling %	Værdi DKK/t	Forde- ling %	Værdi DKK/t
Finfraktion/tab	0						
0-4 Betonsand E	118	49	58				
4-8 Perlesten (beton M)	172	17	29				
8-16 Ærtesten (beton M)	218	9	20				
16-32 Nøddesten (beton)	149	13	19				
>32 Specialprodukter	118	11	13	11	13	13	15
0-32 Stabilgrus	100			89	89	11	11
0-16 Støbemix	118					76	90
<b>Produktpris DKK/ton</b>			<b>139</b>		<b>102</b>		<b>116</b>

### 8.1.3 Produktionsomkostninger

Det er antaget, at der produceres i 12 måneder om året i fem år.

I interviews er der ikke oplyst konkrete omkostninger for produktionen for de forskellige typer aggregater.

Der er i scenarierne anvendt en gennemsnitsløn på 360.000 DKK/år.

Antal ansatte for scenarierne er henholdsvis 20, 25 og 30, se Tabel 10.

Til løbende forbrug og vedligehold regnes der med 20 DKK/ton for produktion fra bakkematerialer og 30 DKK/ton for produktion af fast fjeld.

På grundlag af ovennævnte produktionsomkostninger er prisen for at producere 1 ton materiale i de seks scenarier estimeret til henholdsvis 44, 40 og 39 for bakkematerialer og 64, 62 og 61 DKK/ton for fast fjeld; se Tabel 10. Det vil sige, at prisen pr. produceret ton materiale bliver billigere jo større produktionen er.

Til sammenligning kostede indvinding af sømaterialer i området omkring Nuuk i 2017 omkring 70 DKK/ton (Nielsen, 2017).

### 8.1.4 Priser for søtransport

Der er, som omtalt i afsnit 7.5, indhentet estimerede priser for langtidscharter med tørlast-bulkskibe fra Sydgrønland (nær Nuuk) til Europa (Amsterdam) og Nordamerika (Baltimore) (Tabel 9). Priserne varierede fra ca. 65 DKK/ton for transport til Amsterdam til ca. 89 DKK/ton til Baltimore. For alle seks scenarier er prisen for 1 ton materiale beregnet for transportpriser på henholdsvis 65, 75, 85, 95, 105 og 115 DKK/ton, hvor de første tre priser stemmer overens med Nordic Bulk Carriers estimer, mens de tre sidste er højere. Til sammenligning blev der i maj 2018 fragtet gletsjermel fra det sydlige Grønland til Amsterdam med en tørlast-bulkcarrier i 25.000 DWT-klassen til 168 DKK/ton, som ikke var del af en flerårig kontrakt. De oplyste priser fra Nordic Bulk Carrier anses derfor for at være minimumspriser, hvorfor scenarierne også er beregnet for 95, 105 og 115 DKK/ton. Transportpriserne til Amsterdam antages at være repræsentative for andre nordeuropæiske havne.

### 8.1.5 Produktpriser

Produktpriserne varierer i forhold til produkttyper og kvaliteter. Almindeligvis er der i Danmark følgende overordnede sammenhæng mellem priserne: bakkematerialerne er de billigste, sømaterialer er lidt dyrere og aggregater fra fast fjeld er de dyreste, hvilket primært tilskrives materialekvaliteterne. I scenarierne for bakkematerialer (A-scenarier) er projektøkonomien pr. ton beregnet for produktpriser på henholdsvis 90, 100, 110, 120, 130 og 140 DKK/t for bakkematerialer (A-scenarier). Disse priser er valgt på baggrund af interviews med branchen og er sammenlignelige med produktpriserne beregnet i Tabel 12. For fast fjeld (B-scenarier) er projektøkonomien beregnet for produktpriser på henholdsvis 110, 120, 130, 140, 150 og 160 DKK/t; disse er også valgt på baggrund af interviews med branchen.

## 8.2 Økonomiske vurderinger af produktionsscenerierne

De økonomiske vurderinger af scenarierne, beregnet som funktion af produktionsomkostninger (Tabel 10), transportomkostninger og produktpriser, er vist i Tabel 13. Der kan konkluderes følgende:

- Store produktioner giver bedre afkast end små produktioner.
- Ved transportomkostninger på 95 DKK/ton er der kun positivt afkast, hvis salgsprisen er 140 DKK/ton for bakkematerialer og 160 DKK/ton for fast-fjeld-produkter.
- Der er ingen scenarier med positivt afkast for transportomkostninger på 105 eller 115 DKK/ton.
- Transportomkostninger på omkring 65 DKK/ton (det nordlige Europa) kræver produktpriser på 110 DKK/ton og 130 DKK/ton for henholdsvis bakkematerialer og fast-fjelds-aggregater for at give et positivt afkast.
- Transportomkostninger omkring 85 DKK/ton (Baltimore) kræver produktpriser på 130 DKK/ton og 150 DKK/ton for henholdsvis bakkematerialer og fast-fjelds-aggregater for at give et positivt afkast.
- Under de forhold som var gældende frem til marts 2020, vil kun høj kvalitetsprodukter kunne opnå priser på >100 DKK/ton; finkornede fraktioner kan ikke forventes at opnå disse priser.

**Tabel 13** Projektøkonomien i DKK pr. ton materiale for aggregater fra bakkematerialer og fast fjeld i Grønland, som funktion af variable produktionsomkostninger, transportomkostninger og produktpriser. Bakke: aggregater fra bakkematerialer; Fast: aggregater fra fast fjeld.

Transport- omk. DKK/ton	Produkt- pris DKK/ton	Resultat 1A Bakke DKK/ton	Resultat 2A Bakke DKK/ton	Resultat 3A Bakke DKK/ton	Produkt- pris DKK/ton	Resultat 1B Fast DKK/ton	Resultat 2B Fast DKK/ton	Resultat 3B Fast DKK/ton
65	90	-19	-15	-14	110	-19	-17	-16
	100	-9	-5	-4	120	-9	-7	-6
	110	1	5	6	130	1	3	4
	120	11	15	16	140	11	13	14
	130	21	25	26	150	21	23	24
	140	31	35	36	160	31	33	34
75	90	-29	-25	-24	110	-29	-27	-26
	100	-19	-15	-14	120	-19	-17	-16
	110	-9	-5	-4	130	-9	-7	-6
	120	1	5	6	140	1	3	4
	130	11	15	16	150	11	13	14
	140	21	25	26	160	21	23	24
85	90	-39	-35	-34	110	-39	-37	-36
	100	-29	-25	-24	120	-29	-27	-26
	110	-19	-15	-14	130	-19	-17	-16
	120	-9	-5	-4	140	-9	-7	-6
	130	1	5	6	150	1	3	4
	140	11	15	16	160	11	13	14
95	90	-49	-45	-44	110	-49	-47	-46
	100	-39	-35	-34	120	-39	-37	-36
	110	-29	-25	-24	130	-29	-27	-26
	120	-19	-15	-14	140	-19	-17	-6
	130	-9	-5	-4	150	-9	-7	-6
	140	1	5	6	160	1	3	4
105	90	-59	-55	-54	110	-59	-57	-56
	100	-49	-45	-44	120	-49	-47	-46
	110	-39	-35	-34	130	-39	-37	-36
	120	-29	-25	-24	140	-29	-27	-26
	130	-19	-15	-14	150	-19	-17	-16
	140	-9	-5	-4	160	-9	-7	-6
115	90	-69	-65	-64	110	-69	-67	-66
	100	-59	-55	-54	120	-59	-57	-56
	110	-49	-45	-44	130	-49	-47	-46
	120	-39	-35	-34	140	-39	-37	-36
	130	-29	-25	-24	150	-29	-27	-26
	140	-19	-15	-14	160	-19	-17	-16

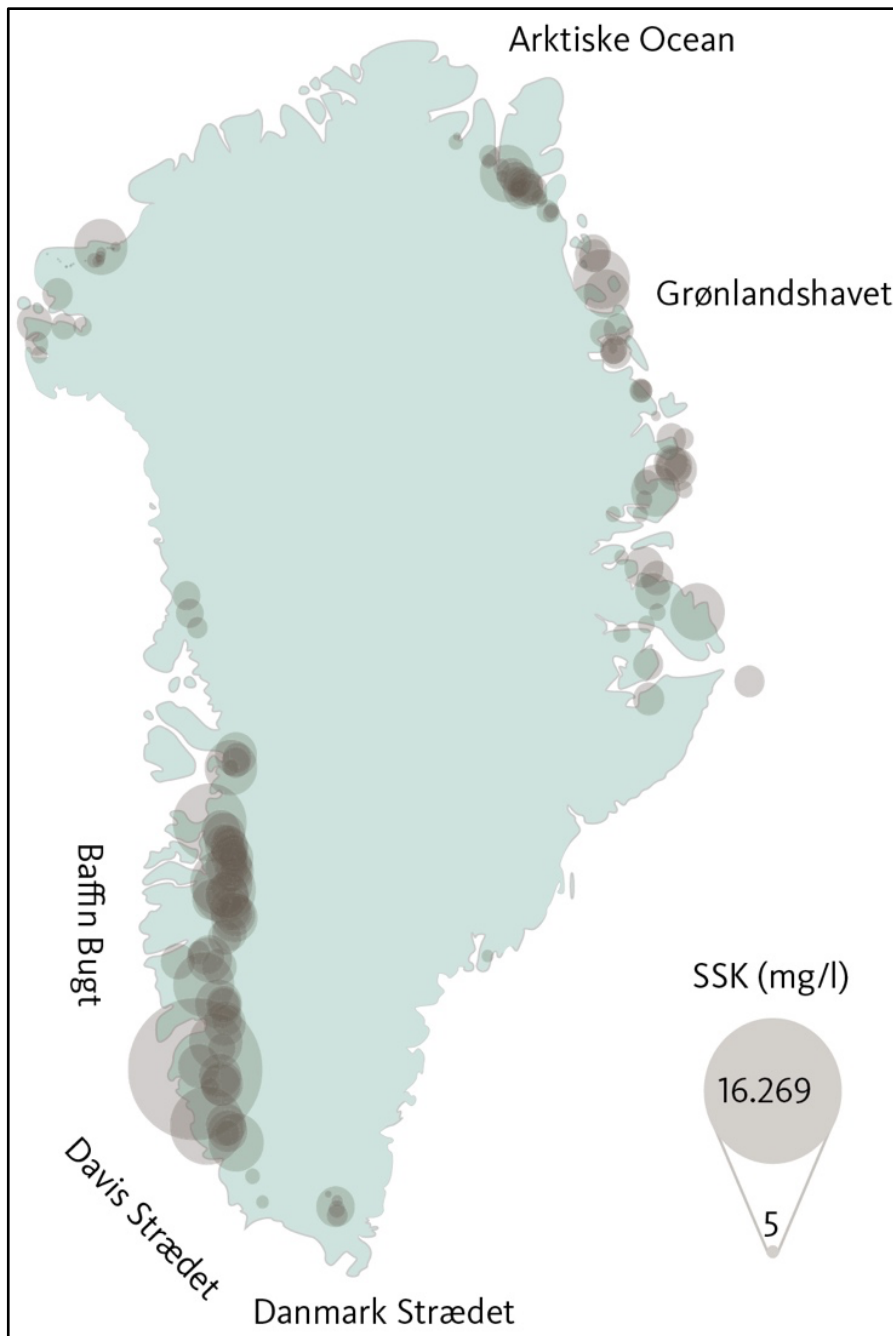
## 9. Ressourcepotentialiet i Grønland

Grønland har sandsynligvis store volumener af bakke- og sømaterialer samt fast-fjeldsforekomster, som teknisk set vil kunne anvendes til produktion af aggregater af en kvalitet, som har eksportpotentiale. Man skal dog være opmærksom på, at der ikke er foretaget målrettet aggregat efterforskning, som dokumenterer og specificerer denne antagelse.

Bendixen *et al.* (2017) belyste potentialet for indvinding af materialer fra de store deltaer i Grønland, og denne idé blev yderligere behandlet af Bendixen *et al.* (2019), hvor det blev rapporteret, at der er et meget stort og uudnyttet ressourcepotentiale af sand og grus, som skylles ud i havene omkring Grønland. Studiet estimerede, at det samlede årlige sedimentvolumen i smeltevandsafstrømningen fra Grønland, udgør ca. 890 mio. ton og påpeger, at denne mængde må formodes at vokse i fremtiden, da afsmeltningen forventes at stige som følge af global opvarmning. Der er en betydelig geografisk variation i sedimentproduktionen omkring Grønland; de største volumener ses i Syd- og Vestgrønland (Figur 10), som også transportmæssigt ligger mest gunstigt, såfremt disse sedimenter kan udnyttes til produktion af aggregater. Derudover er der meget stor sedimentafstrømning i Nordøstgrønland, der dog ikke betragtes som relevant for en eventuel produktion af aggregater på grund af den store transportafstand og udfordringer med havis. Kvaliteten af de omtalte sedimenter, set i forhold til en eventuel aggregatproduktion, er dog ikke kendt. Som nævnt i afsnit 4.1 vil glaciale- og fluviatile sedimentsystemer typisk producere dårligt sorterede sedimenter med højt indhold af finstof samtidig med, at de kan indeholde svage korn, som ikke er nedbrudt som følge af sedimentets umodne karakter. Derfor anses det ikke for sandsynligt, at disse aggregater kvalitetsmæssigt vil leve op til de krav, som fx europæiske eller nordamerikanske markeder efterspørger.

Råstoffer til bygge- og anlægssektoren i EU- og EFTA-landene udgjorde i 2018 omkring 3 mia. ton (for yderlige beskrivelse se afsnit 6.2). Hvis der etableres tre store produktionsanlæg af aggregater i Grønland, der hver producerer 9 mio. ton pr. år, vil denne markedsandel altså udgøre ca. 1 % af forbruget i 2018. Ved en produktion i Grønland øges sejlafstanden til de sydlige og østlige markeder betragteligt i forhold til produktion i fx Norge. Da produktion af aggregater er karakteriseret af lave profitmarginier, er nogle af disse markeder antageligt ikke realistiske målområder. Den reelle markedsandel vil derfor reelt være betydeligt lavere.

Mulighederne for produktion af aggregater fra fast fjeld i Grønland er ikke tidligere blevet belyst. Det vurderes dog, at der er gode muligheder for at finde produkter i Syd- og Sydvestgrønland i kvaliteter, som er sammenlignelige med de norske magmatiske og metamorfe bjergarter, som danner grundlag for produktion af aggregater fra fast fjeld. Da nogle af de tekniske krav til disse bjergarter svarer til de krav, der skal opfyldes til produktion af facadesten (hårdhed, ensartethed, fravær af sprækker), er det sandsynligt, at der kan findes egnede fast-fjeldsforekomster i syeniter i bl.a. Nunarssuit-komplekset i Sydvestgrønland, som senest er undersøgt af Knudsen og Kalvig (2019).



**Figur 10** Kort over Grønland som viser bidrag af suspenderet sediment (suspenderet sedimentkoncentration, SSK) fra floder til omgivende havområder. Modificeret efter Bendixen et al. (2019).



## 10. Nuværende produktion og indvinding i Grønland

Der findes meget få tilgængelige oplysninger om volumen, kvalitet og indvindingssted for sand, grus og sten indvundet og anvendt til bygge- og anlægsopgaver i Grønland. Indvindingslokaliteter af sømaterialer indrapporteres af indvinderne, men da indvindingslokaliteterne ikke er beskyttet af en eneret til indvindingen, har Departementet for Råstoffer og indvinderne valgt ikke at offentliggøre, hvor og hvad der indvindes. Figur 11 giver en oversigt over områder, hvor der har fundet sandsugning sted i løbet af de seneste år.

Samtaler med repræsentanter for branchen indikerer, at der til 'almindelige' bygge- og anlægsopgaver i byerne bruges en kombination af grus og sten fra lokale stenbrud, ofte med et supplement af marint indvundet sand/grus (oppumpet som 0-16 mm, men der er ikke viden om, hvor meget der er over 4 mm). Branchen oplyser, at det generelt er vanskeligt at finde marine sandforekomster som ikke domineres af silt. Ifølge Råstofstyrelsen (<https://gov-min.gl/da/lokal-minedrift/sandsugning/>) blev der i 2019 udvundet ca. 60.000 ton sømaterialer af sand og grus. Til opgaver, hvor der er særlige specifikationskrav til tilslagsmaterialerne, som fx startbaner, anvendes importerede fast-fjeldsaggregater.

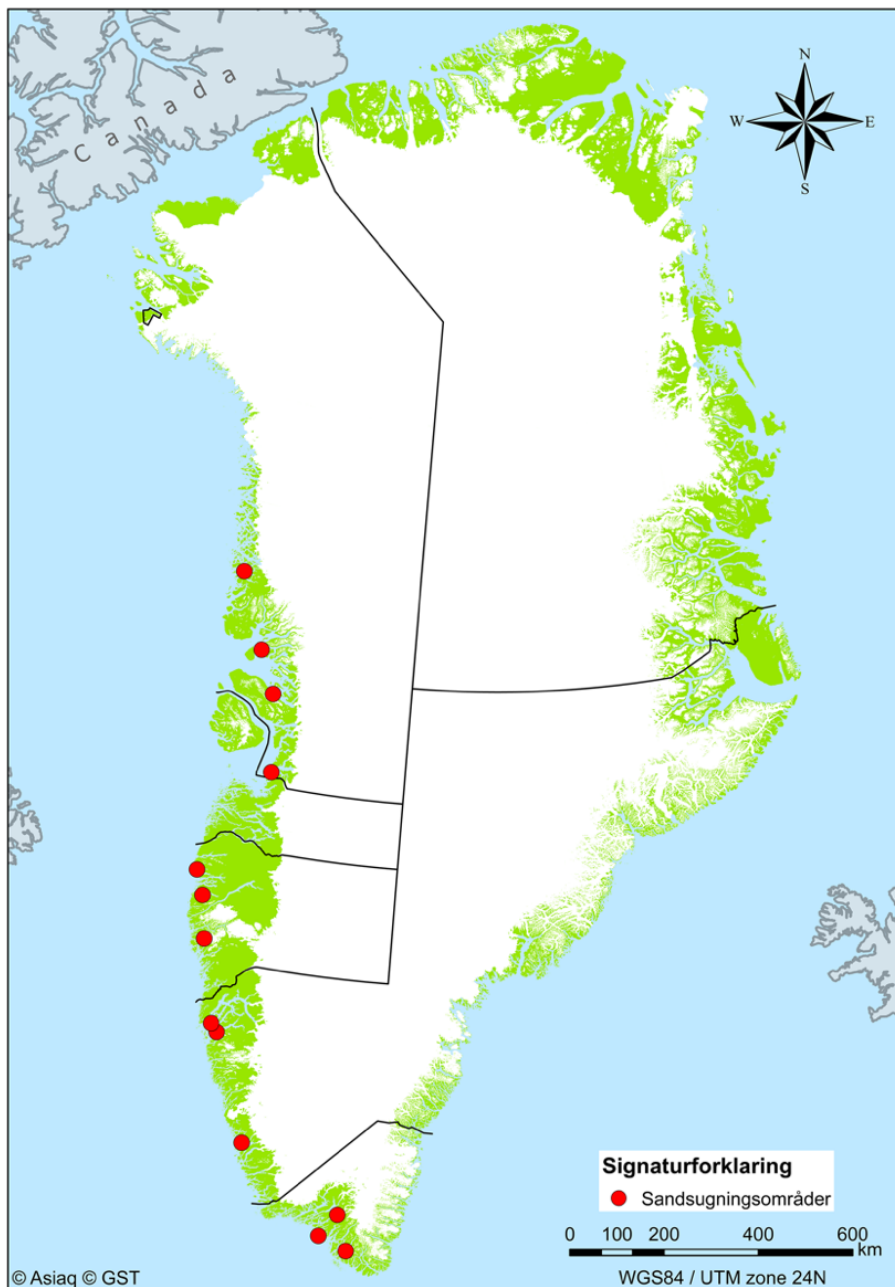
Grus og sten produceres på ad hoc basis fra stenbrud i byerne; i enkelte byer foretages produktionen ved sortering og nedknusning af løse aflejringer. De fleste stenbrud er ejet og drevet af private entreprenører. Der foreligger ikke tilgængelig viden om kvantitet og kvalitet af disse produktioner, og heller ikke tilgængelig viden om fordelingen af disse råstoffer til beton og andre bygge-anlægsformål. Men, under antagelse af, (i) at cement udgør omkring 14 vægtprocent af beton, og (ii) at forbruget af cement i hele Grønland udgør 8.000-10.000 ton pr. år, forbruges der årligt alene til beton 50.000-60.000 ton grus og sten. Volumen af aggregater til øvrige bygge- og anlægsopgaver er ukendt.

I Grønland indvindes sømaterialer af tre aktører:

- Rederiet Holmi (med sandsugeren Holmi; 457 DWT), som overvejende opererer i Syd- og Nordgrønland.
- Rederiet Masik (med sandsugeren Masik Sioraq; 711 DWT).
- Nuna Sten & Grus ApS, indvinder ad hoc til nogle af de større betoncentraler med indchartret færøsk sandsuger. Uoplyst skibsstørrelse.

Der er ikke oplysninger om prisforhold. For sømaterialerne er det dog oplyst, at priserne varierer med sejlafstanden, som kan være op til ca. 6 timer hver vej (svarende til en sejlafstand på ca. 75 km).

Det er uafklaret i hvilket omfang etablering af en stordriftsproduktion af aggregater i Grønland vil påvirke de eksisterende producenter.



**Figur 11** Områder med sandsugning i Grønland (kilde: Departementet for Råstoffer, januar 2020).

# 11. Grønlands konkurrencesituation

Grønland repræsenterer med sin placering midt mellem Europa og Nordamerika muligheder for afsidesliggende, men let tilgængelige ressourcer for sand og grus. Desuden har Grønland et stort geologisk potentiale for både bakkematerialer, sømaterialer og fast fjeld, samt dybe fjorde, der giver velegnede udskibningsforhold. I tillæg dertil må der forventes meget få arealkonflikter mellem aggregatproducenter og andre interesser, hvilket samlet set giver Grønland en betydelig konkurrencefordel.

## 11.1 Logistik og arbejdskraft

Grønland er verdens tyndest befolkede land. De store afstande og den kraftige topografi i Grønland er en stor udfordring ved mineralefterforskning men også ved eventuel etablering af stenbrud og forarbejdning af produkter fra sandsugning. Mange områder kan ikke nås ved hjælp af fly eller skib, hvorfor helikopterstøtte næsten altid er nødvendigt, i hvert fald i tidlige faser af forundersøgelser på land. De store afstande til bebyggede områder medfører mange udfordringer, og i store dele af Grønland er der manglende infrastruktur som elektricitet, mobiltelefonssignal, veje og landingsbaner. Disse vigtige infrastrukturer vil ofte skulle etableres før indvinding i stor skala kan påbegyndes. Så medmindre råstofindvindingen i Grønland kan ske i nærheden af bebyggede områder, vil det ofte medføre betydelige ekstraudgifter sammenlignet med andre steder.

Antallet af ansatte ved en større indvinding af sand, grus eller fast fjeld afhænger af, hvor stor og hvilken produktionstype som etableres. Kun et mindre antal personer (20-30 personer) forventes ansat til selve indvindingsdelen ved de opstillede scenarier. De største anlæg i Europa, som producerer 9-12 mio. ton aggregater om året, har 250-300 ansatte (se afsnit 6.4) og er kendetegnet ved ekstrem effektiv drift og automatisering, som det vil næppe være muligt at etablere fra start af ved indvinding i Grønland, og bl.a. derfor må man forvente relativt flere ansatte. En stor del af arbejdet vil kunne varetages af ufaglærte eller ansatte med begrænset uddannelsesniveau, og det forventes, at langt størstedelen vil kunne besættes af lokal grønlandsk arbejdskraft. En mindre del af arbejdsstyrken vil kræve kompetencer til driftsplanlægning, kvalitetstest af produkter, geologisk(e) kortlægning/undersøgelser etc. I tillæg til beskæftigelse i forbindelse med selve indvindingen, vil et antal personer være beskæftiget med den transatlantiske skibstransport. Det forventes, at denne del vil blive varetaget af et ikke-grønlandsk shippingfirma med en international bemanning.

## 11.2 Besejlingsforhold

Grønlands størrelse, det arktiske klima og det meget spredte bosætningsmønster betyder, at Grønland har et transportsystem, som adskiller sig fra de fleste andre landes. Sejlads spiller en helt afgørende rolle for infrastrukturen i Grønland, hvor der er havneanlæg i 16 byer og anlægs- og fiskeribroer i ca. 60 bygder. I alt findes der ca. 185 anlæg i form af atlantkajer, fiskerikajer m.m. (Transportkommissionen, 2011), hvor langt størstedelen findes i Syd- og

Vestgrønland. De nævnte havneanlæg vil kun i begrænset omfang kunne anvendes i forbindelse med selve indvindingen af råstoffer, men de kan have betydning for understøttende logistik ved etablering af råstofindvinding, fx i forbindelse med persontransport samt ved transport af maskiner og materiel.

Store dele af kyststrækningen i Grønland er præget af dybe fjord, som giver gode forhold til udslibning af materialer med store skibe, hvilket er en forudsætning for råstofindvinding i eksportøjemed. Forholdene er sammenlignelige med forholdene i Vest- og Sydnorge, hvorfra der produceres store volumener af aggregater til de europæiske markeder.

Det arktiske klima kan være en stor udfordring for indvinding af sand og grus, hvis dette sker til havs, og i mindre grad hvis produktionen er landbaseret. De klimatiske udfordringer kan naturligvis også have en betydning for hvilke transportmidler, som kan benyttes i sommer- og vinterhalvåret med hensyn til skibstrafik, og hvor disse kan bruges. Sejlads i Østgrønland og nord for Diskobugten i Vestgrønland er umulig i store dele af året, ligesom storisen i Sydgrønland ofte vil være en udfordring med hensyn til sejlads i forårs månederne. Det arktiske klima medfører desuden, at skibene skal opfylde Søfartsstyrelsens tekniske krav til sejlads i de grønlandske farvande, ligesom der er særlige krav til uddannelse af besætninger for operation i de grønlandske farvande.

## 12. Konklusion og anbefalinger

### ***Tendenser i markedet for aggregater***

- Der er et globalt stigende forbrug af aggregater, som dog varierer med de økonomiske konjunkturer. På nationalt niveau påvirkes forbruget desuden af store infrastrukturprojekter.
- Der er stigende international handel med aggregater. I Europa forsyner især Norge og til dels England Centraleuropa med aggregater.
- En række lande, især udviklingslande som er karakteriseret af hurtig urbanisering og svage råstofadministrationer, har oplevet stigende illegal produktion, hvilket har resulteret i misvisende nyhedsoverskrifter om global mangel på aggregater.
- Salgspriser for aggregater i Danmark og EU har været næsten uændret i den seneste ca. 10 år.

### ***Tendenser i indvindingsbranchen i Europa og Nordamerika***

- Der sker en vertikal diversificering, hvor større virksomheder råder over hele forsyningskæden fra indvinding af aggregater til produktion af beton-byggeelementer og cement- og mørtelproduktion.
- Indvindingsbranchen omfatter på nationalt plan typisk få, store koncerner som kontrollerer op til halvdelen af produktionen, samt et stort antal mindre lokale virksomheder.
- De store producenter kontrollerer de facto prisstrukturen for aggregater.
- De dominerende koncerner råder i mange tilfælde over aggregatproduktioner fra bakkematerialer, sømaterialer og fast fjeld.
- Der synes at være en forskydning mod produktion af aggregater fra mega-quarries. Særlig Norge har opbygget stor produktionskapacitet og flere store projekter er under udvikling.

### ***Økonomiske scenarier for grønlandsk produktion og eksport af aggregater***

Der er opstillet nogle økonomiske scenarier for produktion af aggregater fra henholdsvis bakkematerialer og fast fjeld i Grønland. Indvinding af sømaterialer indgår ikke på grund af manglende data.

- I udgangspunktet kan det antages, at produktionsomkostningerne i Grønland vil svare til et norsk omkostningsniveau, men transportomkostningerne vil være højere, hvorfor logistikomkostningerne vil være nøgleparameter for projektøkonomien.
- Forretningsmodellen skal baseres på fraktioner hvor produkter med størrelserne 4-32 mm dominerer, og hvor selv de strengeste kvalitetskrav er opfyldt. De højeste priser opnås for produkter baseret på nedknust fast fjeld.
- En forretningsmodel baseret på sand (Option 1) vil ikke være mulig, da sand ikke vil kunne sælges til over 100 DKK/ton.
- Med udgangspunkt i scenariernes forudsætninger er break-even beregnet til 110 DKK/ton og 130 DKK/ton for henholdsvis bakkematerialer og fast-fjeld-produkter leveret til markeder i Europa til en transportpris på 65 DKK/ton. Højere transportom-

kostninger vil kræve tilsvarende højere produktpriser og/eller lavere produktionsomkostning. De anvendte transportomkostninger anses for at være lave; produktpriser på 110-130 DKK/ton for bakkematerialer og fast-fjeld-aggregater er i den øvre del af prisspektret for kvalitetsmaterialer.

- Transportomkostningerne til det nordamerikanske marked er højere og modsvares tilsyneladende ikke af højere priser; desuden er markedet domineret af få koncerner. Samlet anses dette marked for nuværende ikke som en realistisk mulighed.
- En eventuel produktion af aggregater i Grønland vurderes kun at kunne blive kommerciel, såfremt produktionen udføres af, eller sker i samarbejde med en af de markedsførende koncerner, som kan sikre de nødvendige markedsandele og priser.
- Der er ikke grundlag for at konkludere, at Grønlands meget store årlige sedimentafstrømninger for nuværende udgør et uudnyttet eksportpotentiale for aggregater.

### **Anbefalinger**

Såfremt Naalakkersuisut, på ovenstående grundlag, måtte ønske yderligere belysning af forretningskonceptet for produktion og eksport af grønlandske aggregatprodukter, anbefales følgende prioriterede tiltag:

- Der bør etableres kontakt til nogle af de store aggregat-koncerner med henblik på verificering af data og sondering af deres eventuelle interesse for opstart af en grønlandsk produktion af aggregater.
- Detailanalyse af markedssegmenter og volumener i Europa og Nordamerika for de enkelte produkter frem mod 2030.
- Lokalisering af områder for bakkematerialer, sømaterialer og fast fjeld i Grønland, som kan danne grundlag for produktion af topkvalitet-aggregatprodukter.

## Referencer

- Bendixen, M., Iversen, L.L. & Overeem, I. 2017: Greenland: Build an economy on sand. *Science* 358, 879.
- Bendixen, M., Overeem, I., Rosing, M.T., Bjørk, A.A., Kjær, K.H., Kroon, A., Zeitz, G., & Iversen, L.L. 2019: Promises and perils of sand exploitation in Greenland. *Nature Sustainability* 2, 98-104.
- Bennike, O. Jensen, J.B., Sukstorf, F.N. & Rosing, M.T. 2019: Mapping glacial rock flour deposits in Tasersuaq, southern West Greenland. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* 43, e2019430206; <https://doi.org/10.34194/GEUSB-201943-02-06>
- British Geological Survey 2019: Construction aggregates. Mineral Planning Factsheet; June 2019, 32 pp.
- Copenhagen Economics 2017: Råstoffer - Er der behov for en national strategi? Danske Regioner. Videncenter for miljø og ressourcer.
- Danske Regioner 2018: Screening af råstofpriser i Danmark og Nabolande. 46 pp.
- Dansk Standard 2011: DS/EN 206 Beton, specifikation, egenskaber, produktion og overensstemmelse og DS/EN 206 DK NA Beton - Materialer - Regler for anvendelse af DS/EN 206 i Danmark.
- Delvoie, S, Zhao, Z. Michel, F. & Courard, L. 2019: Market analysis of recycled sands and aggregates in North-West Europe: drivers and barriers SBE19 Brussels BAMB Circpath Published presentation.
- Erichsen, E. 2012: En vurdering av testmetoder for tilslagsmaterialer til vegformål. NGU Rapport 2012.011, 34 pp.
- European Aggregates Association (UEPG), Annual Review 2017-2018.
- Kallesøe, A.J., Clausen, R.J., Skar, S.F., Platten-Hallermund, F. Ditlefsen, C. & Kalvig, P. 2016: Indvinding af danske mineralske råstoffer – en geografisk sammenstilling MiMa rapport 2016/1, 117pp.
- Knudsen, C. & Kalvig, P. 2019: Prospecting for dimension stone in South Greenland 2018. Rapport 2019/26 Danmarks og Grønland Geologiske Undersøgelse.
- Koehnken, L. & Rintoul, M. 2018: Impacts of Sand Mining on Ecosystem Structure, Process and Biodiversity in Rivers. WWF, 129 pp.
- Miljøstyrelsen 2017: Markedsanalyse af råstofområdet (sand, grus, ral). 44 pp.
- Mineral Products Association (MPA) 2019: Sand supply – A UK Perspective on a Global Issue; [https://mineralproducts.org/documents/Sand\\_Supply\\_a\\_UK\\_Perspective\\_on\\_a\\_Global\\_Issue.pdf](https://mineralproducts.org/documents/Sand_Supply_a_UK_Perspective_on_a_Global_Issue.pdf)
- Neeb, P.R. 2019: Kystnær kartlegging av bergarter som ressurs for byggeråstoffer i Norge og eksport til Europa. NGU Rapport, 22 pp.
- Neeb, P.R. 2017: Norway's coastal aggregates. Export in 2016 and potential. Report 2017-026, NGU, 28 pp.
- Nielsen, P. E. 2017: Selling sand in the Sahara. An economic perspective on the export potential of Greenlandic glacial rock dust. A Greenland Perspective study. Internal report, 31 pp.
- OECD 2019: Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences, OECD Publishing, Paris; [https://www.oecd-ilibrary.org/environment/global-material-resources-outlook-to-2060\\_9789264307452-en](https://www.oecd-ilibrary.org/environment/global-material-resources-outlook-to-2060_9789264307452-en)

- Peduzzi, P. 2014: Sand, rarer than one thinks. *Environmental Development* 11, 208-218.
- Rosholm, L.S. Fold, N. & Kalvig, P. 2016: Råstofforsyning: Fra sand og sten til betonbyggeri. MiMa rapport 2016/2, 113 pp.
- Sarkars, S.R., Rose, N. M, Hassenkam, T., Rosing, M.T. 2018: Glacial rock flour as an agent for soil improvement. *Goldschmidt Abstracts*, 2018 2120.
- Transportkommissionen 2011: Transportkommissionen – Betænkning. Grønlands selvstyre, Departementet for Boliger, Infrastruktur og trafik, 356 pp.
- UEPG 2018: European aggregates association. A Sustainable Industry for a Sustainable Europe.
- UEPG 2019: European aggregates association. A Sustainable Industry for a Sustainable Europe. Annual Review 2018-2019.
- UNEP 2019: Sand and sustainability: Finding new solutions for environmental governance of global sand resources. GRID-Geneva, United Nations Environment Programme, Geneva, Switzerland.
- U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, February 2019: Stone (Crushed).
- U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, February 2019: Sand and gravel.



# Bilag 1

Oversigt over danske kommercielle produktbetegnelser for sand, grus og sten. Fra Kallesøe *et al.* (2016).

Indvinding af råstoffer på land	Produktbetegnelser	Miljøklasser*	
Sand, grus og sten	Anlægs- og vej-materialer	Grus og sandfyld, m.v.	
		Bundsikringsmaterialer	
		Stabilgrus	
		Ballastskærver	
	Asfalt-materialer	Stenmel	
		Sand 0-2 mm	
		Sten uknuste	
		Sten knuste	
	Beton-tilslagsmaterialer	Betonsand 0-4 mm	Klasse E
		Betonsand 0-4 mm	Klasse A
		Betonsand 0-4 mm	Klasse M
		Betonsand 0-4 mm	Klasse P
		Betonsand 0-4 mm	Uklassificeret
		Perlesten 2-8 mm	Klasse E
		Perlesten 2-8 mm	Klasse A
		Perlesten 2-8 mm	Klasse M
		Perlesten 2-8 mm	Klasse P
		Perlesten 2-8 mm	Uklassificeret
		Ærtesten 8-16 mm	Klasse E
		Ærtesten 8-16 mm	Klasse A
		Ærtesten 8-16 mm	Klasse M
		Ærtesten 8-16 mm	Klasse P
		Ærtesten 8-16 mm	Uklassificeret
		Nøddesten 16-32 mm	Klasse E
		Nøddesten 16-32 mm	Klasse A
		Nøddesten 16-32 mm	Klasse M
		Nøddesten 16-32 mm	Klasse P
		Nøddesten 16-32 mm	Uklassificeret
		Singels 32-63 mm	Klasse E
		Singels 32-63 mm	Klasse A
		Singels 32-63 mm	Klasse M
		Singels 32-63 mm	Klasse P
		Singels 32-63 mm	Uklassificeret
		Andre sten større end 63 mm	Klasse E
		Andre sten større end 63 mm	Klasse A
		Andre sten større end 63 mm	Klasse M
		Andre sten større end 63 mm	Klasse P
		Andre sten større end 63 mm	Uklassificeret
		Mørtelsand	
		Uspecificerede betonmaterialer	
	Anden anvendelse af sand, grus og sten		
	Ukendt anvendelse af sand, grus og sten		
	Kvartssand	Støbesand	
Sandblæsningssand			
Filtersand			
Byggeri			
Anden anvendelse af kvartssand			

\* E, A, M og P er betegnelser for de miljøklasser, der er defineret i DS 2426 (Dansk Standard 2011). Miljøklasserne angiver, hvilke klima- og miljøpåvirkninger produkterne er egnede til. E – ekstra aggressiv, A – aggressiv, M – moderat, P – passiv og uklassificeret miljøklasse.

## Bilag 2

Foreløbigt skøn for aggregatproduktionen i Europa i 2017 (kilde: UEPG, 2019).

Land	Indvindings-selskaber (antal)	Indvindings-lokaliteter (antal)	Bakke-materialer (mio. ton)	Fast fjeld (mio. ton)	Søma-terialer (mio. ton)	Industri-aggregater (slagger) (mio. ton)	Genan-vendte aggregater (mio. ton)	Total pro-duktion (mio. ton)
Belgien	84	112	13,0	46,0	6,5	1,0	15,0	82
Bulgarien	217	295	11,8	20,6	0,0	0,0	1,0	33
Cypern	25	25	0,0	7,0	0,0	0,0	0,3	7
Danmark	154	417	41,1	0,3	7,0	0,5	2,7	52
Estland	180	300	9,4	8,2	0,0	0,0	0,3	18
Finland	1.500	2.140	28,2	48,7	0,0	0,0	3,0	80
Frankrig	1.810	2.822	120	186	6,0	4,0	67,8	463
Grækenland	109	198	0,2	42,5	0,0	0,0	0,5	43
Holland	240	295	43,6	0,0	16,1	0,0	18,0	78
Irland	104	430	7,5	27,8	0,0	0,0	0,3	36
Island	28	56	1,8	0,4	0,4	0,0	0,0	3
Italien	1.120	2.800	65,0	91,0	0,0	0,0	4,0	160
Kroatien	138	225	4,0	13,0	0,0	0,0	0,0	17
Letland	55	105	9,0	2,4	0,0	0,0	0,0	11
Litauen	70	210	11,2	6,4	0,0	0,0	0,0	18
Luxembourg	7	13	0,2	0,9	0,0	3,0	0,0	4
Malta	5	10	0,4	1,0	0,0	0,0	0,2	2
Norge	697	1.036	14,7	105,9	0,0	0,0	1,2	122
Polen	1.547	2.786	187	85,0	0,5	10,0	8,0	300
Portugal	150	247	4,3	25,9	0,0	0,0	0,2	30
Rumænien	1.000	1.120	60,0	30,0	0,0	0,0	0,0	91
Schweiz	530	535	39,5	4,9	0,0	0,0	4,6	49
Slovakiet	191	270	10,3	17,6	0,0	0,1	0,3	29
Slovenien	112	153	2,1	8,6	0,0	0,0	0,0	11
Spanien	1.025	1.874	25,0	85,0	0,0	0,5	2,4	113
Storbritan-nien	571	1.296	51,5	135	14,3	10,6	64,8	276
Sverige	497	1.391	12,5	83,2	0,0	1,7	0,5	98
Tjekkiet	202	387	20,0	38,0	0,0	0,0	0,0	58
Tyskland	1.330	2.733	256	223	10,0	30,0	72,0	591
Ungarn	394	525	41,0	17,0	0,0	0,0	1,0	59
Østrig	1.069	1.363	63,0	33,0	0,0	3,0	4,0	103
<b>I alt</b>	<b>15.161</b>	<b>26.169</b>	<b>1.153</b>	<b>1.394</b>	<b>61</b>	<b>64</b>	<b>272</b>	<b>3.035</b>

## Bilag 3

Produktion og priser for de enkelte stater i USA for 2016, 2017 og 2018 (kilde: USGS).

State	2016			2017			2018		
	Quantity (thousand metric tons)	Value (1.000 US\$)	Unit value (US\$)	Quantity (thousand metric tons)	Value (1.000 US\$)	Unit value (US\$)	Quantity (thousand metric tons)	Value (1.000 US\$)	Unit value (US\$)
Alabama	11.400	\$76.500	6,74	12.000	\$93.700	\$7,81	98.400	12.200	8,07
Alaska	8.670	74.300	8,57	5.080	43.600	8,58	45.800	5.180	8,84
Arizona	40.300	370.000	9,16	41.700	395.000	9,47	545.000	55.900	9,75
Arkansas	7.510	66.800	8,89	7.760	73.500	9,47	68.000	6.970	9,76
California	95.400	1.120.000	11,75	100.000	1.280.000	12,78	1.440.000	109.000	13,21
Colorado	34.900	282.000	8,09	34.000	284.000	8,35	269.000	31.200	8,62
Connecticut	5.330	51.800	9,71	4.810	46.900	9,75	40.600	4.040	10,05
Delaware	2.810	25.600	9,12	2.290	21.700	9,50	28.900	2.950	9,80
Florida	19.100	204.000	10,69	18.100	201.000	11,10	244.000	21.300	11,46
Georgia	6.360	43.800	6,90	6.720	47.700	7,09	43.500	5.950	7,31
Hawaii	357	7.720	21,63	449	9.170	20,43	9.630	458	21,03
Idaho	15.100	87.600	5,79	16.000	95.700	5,98	116.000	18.800	6,17
Illinois	20.600	139.000	6,77	21.500	152.000	7,07	159.000	21.800	7,29
Indiana	17.500	133.000	7,60	17.100	127.000	7,39	141.000	18.500	7,62
Iowa	14.900	121.000	8,13	16.100	144.000	8,94	142.000	15.400	9,22
Kansas	10.100	59.500	5,92	9.610	52.900	5,50	58.700	10.400	5,64
Kentucky	8.780	42.000	4,79	7.950	38.100	4,80	44.300	8.960	4,94
Louisiana	17.200	198.000	11,51	14.500	168.000	11,60	152.000	12.700	11,97
Maine	8.720	71.800	8,24	8.190	63.900	7,80	78.200	9.730	8,04
Maryland	7.380	92.800	12,59	7.630	94.700	12,42	102.000	7.970	12,80
Massachusetts	9.830	89.600	9,11	9.410	88.100	9,35	92.500	9.600	9,64
Michigan	41.300	249.000	6,03	42.900	261.000	6,09	283.000	45.200	6,26
Minnesota	46.400	225.000	4,85	42.700	219.000	5,14	241.000	45.600	5,29
Mississippi	10.300	85.000	8,23	11.000	90.400	8,19	92.600	11.000	8,42
Missouri	9.830	70.500	7,17	8.880	67.200	7,56	65.400	8.390	7,79
Montana	11.400	91.000	8,01	10.400	84.400	8,09	96.800	11.600	8,34
Nebraska	12.700	94.200	7,44	11.700	87.600	7,47	91.900	11.900	7,72
Nevada	17.500	109.000	6,22	19.000	118.000	6,23	114.000	17.800	6,40
New Hampshire	6.910	57.500	8,32	7.240	59.300	8,19	73.400	8.710	8,43
New Jersey	12.400	103.000	8,28	13.400	107.000	7,94	93.700	11.500	8,15
New Mexico	9.500	85.000	8,94	9.290	89.600	9,64	83.400	8.400	9,93
New York	30.600	317.000	10,33	30.300	325.000	10,71	345.000	31.300	11,02
North Carolina	8.120	52.900	6,51	8.660	54.500	6,29	65.200	10.100	6,46
North Dakota	13.100	91.400	6,95	12.200	89.400	7,31	88.700	11.800	7,52
Ohio	33.300	273.000	8,18	32.300	284.000	8,78	308.000	34.100	9,03
Oklahoma	10.200	88.400	8,69	9.240	86.100	9,32	88.300	9.200	9,60
Oregon	12.400	111.000	8,96	14.900	145.000	9,69	153.000	15.300	10,00
Pennsylvania	8.940	94.100	10,53	8.600	89.900	10,45	97.800	9.090	10,76
Rhode Island	2.140	26.900	12,54	2.350	29.000	12,31	30.500	2.400	12,71
South Carolina	8.850	51.000	5,77	8.870	56.400	6,36	63.800	9.740	6,55
South Dakota	10.200	50.000	4,89	10.800	51.100	4,74	41.500	8.510	4,88
Tennessee	7.450	57.500	7,72	7.340	55.900	7,61	61.900	7.890	7,85
Texas	84.200	800.000	9,51	81.900	869.000	10,60	1.050.000	96.300	10,90
Utah	31.600	236.000	7,46	31.100	241.000	7,74	249.000	31.300	7,96
Vermont	5.390	36.400	6,76	5.440	38.900	7,15	32.500	4.410	7,37
Virginia	8.230	93.200	11,33	8.450	105.000	12,47	99.200	7.720	12,85
Washington	35.400	284.000	8,02	33.300	277.000	8,32	360.000	42.000	8,57
West Virginia	556	4.720	8,49	501	4.250	8,49	4.460	511	8,73
Wisconsin	27.100	183.000	6,76	27.100	185.000	6,82	194.000	27.700	7,00
Wyoming	8.910	81.100	9,09	8.410	76.100	9,06	80.200	8.600	9,33



*Geocenter Danmark er et formaliseret samarbejde mellem de fire selvstændige institutioner De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), Institut for Geoscience ved Aarhus Universitet samt Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning (IGN) ved Københavns Universitet og Geologisk Museum under Statens Naturhistoriske Museum.*

MiMa rapport 2020/3

## **Vurdering af økonomiske- og markedsmæssige muligheder for produktion af sand, grus og sten (aggregater) i Grønland rettet mod bygge- og anlægsindustrierne i Europa og Nordamerika**

Den globale urbanisering og stigende økonomiske velfærd har resulteret i voksende forbrug af råstofferne sand, grus og sten med en betydelig international handel af disse råstoffer til følge. Grønland har store mængder af disse ressourcer, og en overordnet vurdering af hvorvidt disse ressourcer kan tænkes at være konkurrencedygtige på de europæiske og nordamerikanske markeder er foretaget for dermed at vurdere potentialet for udbygningen af denne sektor.

Sand, grus og sten indvindes mange steder i Grønland til lokalt brug. Der har dog ikke været gennemført specifik efterforskning for disse råstoffer med sigte på eksport. De økonomiske vurderinger er derfor baseret på en række scenarier for nogle sandsynlige produktionsformer og erfaringstal indhentet via brancheinterviews. I undersøgelsen beskrives de typiske materialer som produceres ved følgende tre produktionsmetoder: indvinding af bakkematerialer, indpumpning af sømaterialer og udsprængning af fast fjeld.

Omkostningerne til lang oversøisk transport er en udfordrende konkurrenceparameter for produkter fra Grønland, og derfor er det kun lokaliteter med stor andel af kvalitetsmaterialer, der vil have et eksportpotentiale, hvilket i vidt omfang udelukker recente glacielle sedimenter som ressourcegrundlag.

Scenarieanalyserne indikerer, at produktion af sand, grus og sten sandsynligvis kan etableres på kommercielle vilkår. Undersøgelsen konkluderer, at de geologiske og tekniske forhold for produktion af højkvalitetsprodukter med henblik på eksport til Europa sandsynligvis er til stede i Grønland. Identificering af egnede forekomster fordrer dog at der gennemføres målrettet efterforskning.

*Videncenter for Mineralske Råstoffer og Materialer (MiMa) er et rådgivende center under De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS). MiMa formidler viden om mineralske ressourcers værdikæde fra efterforskning og udvinding til forbrug, genanvendelse og udviklingen af nye teknologier.*