



BEDRE RÅSTOFFER TIL BETON

Februar 2018

Udgiver: Region Midtjylland
 Skottenborg 26
 8800 Viborg
 Tel. 7841 0000

Afdeling: Miljø

Udgivelsesår: 2018

Titel: Bedre råstoffer til beton

Dataindsamling og tilrettelægning: Georg Stenstrop

Redaktion: Georg Stenstrop, Lars Kristiansen & Lars G. Ernst

Fotos: Region Midtjylland, hvor ikke andet er angivet

Forsidefoto Råstofgrav og betonflade

Bagsidekort Transportmønster for råstoffer til beton i denne undersøgelse

Sidetæl: 60

Henvendelse: : Mail direkte til Miljø: raastoffer@ru.rm.dk eller ring på: 7841 1999

BEDRE RÅSTOFFER TIL BETON

Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse	4
Synopsis	5
Formål	5
Introduktion	6
1. Beton produktion i Region Midtjylland	7
1.1 Råstoffernes økonomiske betydning for Region Midtjylland	8
1.2 Betonproduktion i regionen	12
2. Råstoffer til beton i Region Midtjylland	16
2.1 Landsdækkende sammenligning af råstofindvinding til beton	16
2.2 Indvinding af betontilslag	18
2.3 Indvinding og forbrug af tilslag	24
2.4 Mangel på M-sten	29
2.5 Gunderup Grus og Stenleje	30
2.6 Sømaterialer	33
2.7 Transport af tilslagsmaterialer	35
2.8 Råstofressourcer og –reserver	37
3. Opsummering og anbefalinger	42
3.1 Anbefalinger	42
3.2 En national råstofstrategi?	43
4. Referencer	44
Appendikser	45
A1 Anvendte beregninger	45
A2 Miljøklassifikation af beton	46
A3 Tilslagsmaterialer	48
A4 Betonproduktion i Danmark	54
A5 Råstofpriser i Danmark	56
A6 Råstoftransporternes effekt	57
A7 Bæredygtighed og beton	60

Synopsis

Beton består i princippet af sand og sten bundet med cement og evt. armeret med jern. Beton er et meget udbredt byggemateriale i hele verden pga. stor fleksibilitet, høj styrke og lang holdbarhed. Produktion af beton stiller de højeste krav til kvalitet af tilslagsmaterialer, og 20-25 % af indvindingen af sand, grus og sten i Danmark anvendes til betonproduktion. I 2016 blev der produceret 9,6 mio. tons beton svarerende til et betonforbrug pr. dansker på 1,7 ton pr. år. Betonproduktionen følger en lineært stigende udvikling – bortset fra boblen i 2003-08 – og er fordoblet på mindre end 20 år.

Denne undersøgelse af betonproduktionen i Region Midtjylland er repræsentativ og kan med fordel kan anvendes til råstofplanlægning med henblik på at sikre tilgængelighed, mængde, og kvalitet af sand og stentilslag til betonproduktionen.

Betonproduktionen udgør mindst 30 % af Danmarks samlede betonproduktion, hvilket giver en omsætning på 4 Mia. kr. og 1.650 arbejdspladser i regionen. Betonproduktionen i Region Midtjylland skaber fundament for Danmarks stærkeste bygge- og anlægsbranche med 6.250 virksomheder og en omsætning på 56 Mia. kr. samt 39.000 fuldtidsstillinger.

Region Midtjylland er selvforsynende med sand af høj kvalitet til betonproduktionen og har ifølge GEUS Videncenter for Mineralske Råstoffer og Materialer (MiMa) påviste ressourcer på 62 mio. m³. Det skønnes, at de påviste ressourcer svarer til reserver på 30 mio. m³ eller 30 års forbrug.

Indvinding af sten til beton i regionen dækker højst 1/3 af behovet og har en forholdsvis lav kvalitet. Til højeste kvalitet beton importeres skærver, hvilket udgør 1/5 af forbruget. Det resterende forbrug af sten dækkes af sømaterialer fra Thyborøn, Aarhus og Horsens i nævnte rækkefølge, samt af "import" fra Region Nordjylland. Der er mangel på sten i Region Midtjylland og ressourcerne er begrænsede ifølge MiMa.

Transport af råstoffer til beton omfatter 185.000 transporter á 20 tons svarende til 20 mio. km. Dette fordyrer råstofferne med 200 mio. kr. og giver desuden en samfundsudgift på 75 mio. kr. i form af slid på veje, færdselsuheld, kødannelser, luftforurening, klimaforandring mv.

Formål

Formålet med undersøgelsen er at indsamle og koble data fra råstofindvinding og anvendelse af råstoffer i produktion af beton, med henblik på at sikre den bedste dækningsgrad og kvalitet af tilslagsmaterialer til beton – med den korteste transport fra råstofgrav til producent.

Dette formål kan opfyldes ved at inddrage data fra de enkelte betonproducenter i den detaljerede råstofplanlægning. Disse data er samlet i form af regneark. Denne rapport giver et overblik over data med sammenligninger, som kan anvendes til brug for råstofstrategi og overordnet planlægning fx:

- Viden til råstofplanlægning – en mere præcis viden, om råstofkvaliteter, mængder og hvor de efterspørges.
- Bæredygtighed - sikring af ressourcer og reserver af råstoffer til fremtidig betonproduktion i Region Midtjylland.
- Viden med henblik på en reduktion af transport af råstoffer fra råstofgrav til betonproducent.
- Baggrundsviden til at optimere match mellem råstofkvalitet og anvendelse.
- Baggrundsviden til balancering af udbud af og efterspørgsel på råstoffer.

Introduktion

Undersøgelsen bygger hovedsageligt på primære data, der er indhentet gennem spørgeskemaer og en række interviews med betonproducenter, som blev udført ultimo 2017. På råstofsiden er indberetningskemaer til Danmarks Statistik anvendt, suppleret med oplysninger fra leverandører.

Til brug for sammenligninger anvendes data fra Danmarks Statistik (DST) og landsdækkende undersøgelser af GEUS Videncenter for Mineralske Råstoffer og Materialer (MiMa) – især MiMa rapport 2016/2 Råstofforsyning: Fra sand og sten til betonbyggeri. Denne rapport giver en grundig baggrundsviden, som forudsættes bekendt.

Der er indberetning fra 72 % af de adspurgte betonproducenter i Region Midtjylland om forbrug af betontilslag svarende til 2,8 mio. tons beton eller 29 % af Danmarks betonproduktion. Enkelte producenter har ikke oplyst produktion af beton, men alene forbrug af råstoffer. Der er indberetning om produktion af beton fra 2/3 af producenterne svarende til 2,17 mio. tons beton eller 22½ % af Danmarks betonproduktion.

Derfor konkluderes at, undersøgelsens datagrundlag er repræsentativt og med fordel kan anvendes til både den overordnede og detaljerede råstofplanlægning i regionen med henblik på at optimere mængde, tilgængelighed og kvalitet af sand- og stentilslag til betonproducenter i Region Midtjylland.



Beton, hvis hovedbestanddele er tilslag af sand og sten samt cement, er et af de mest anvendte byggematerialer i verden. I Danmark blev der i 2016 produceret ca. 9,6 mio. tons beton, hvilket svarer til et betonforbrug pr. dansker på ca. 1,7 ton om året. Sand, grus og sten udgør 85 % af alle råstoffer, som indvindes i Danmark. 75-80 % af sand, grus, sten anvendes til bygge- og anlægsopgaver, mens de resterende 20-25 % anvendes til beton.

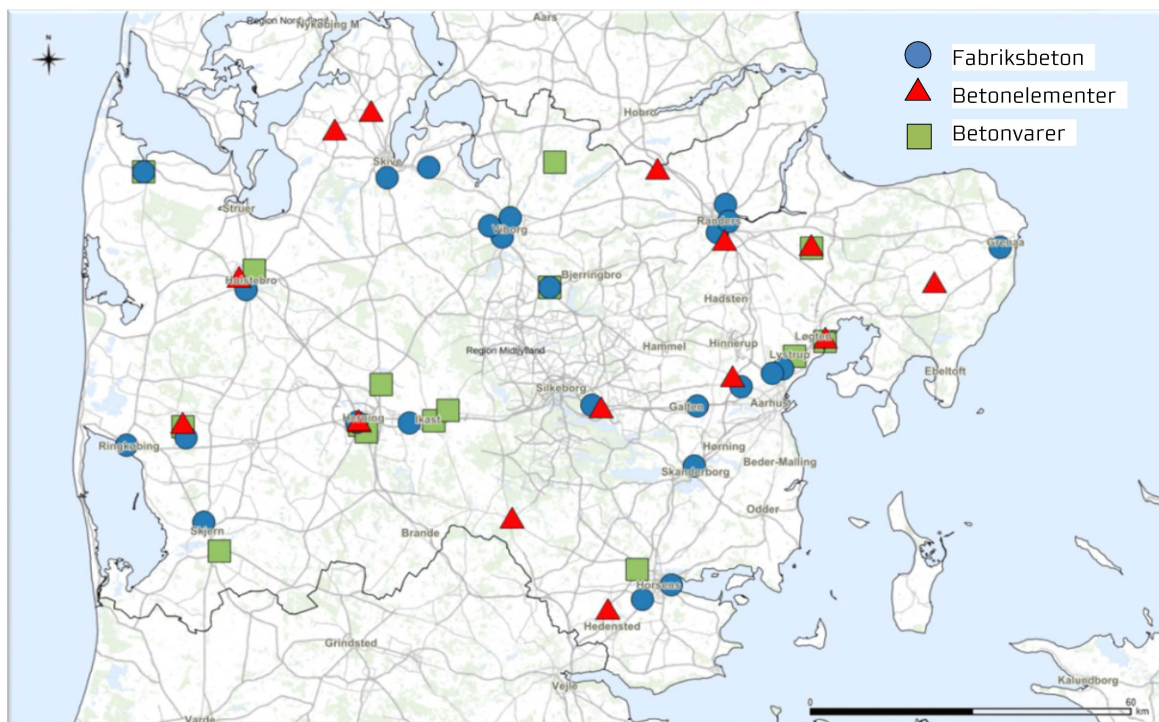
Det er ikke al sand, grus, sten, som kan anvendes til beton, og der er krav om certificering af råstofkvaliteten. Kravene til råstofferne afhænger af kravene til betonens egenskaber, men det meste beton kan produceres med danske råstoffer. De højeste klasse af beton, som fx anvendes til broer, kræver dog importerede skærver.

De høje krav til mængde og kvalitet af råstoffer sammenholdt med, at betonproduktionen foregår på faste lokaliteter gør beton velegnet til undersøgelse af samspil mellem råstofindvinding og anvendelse.

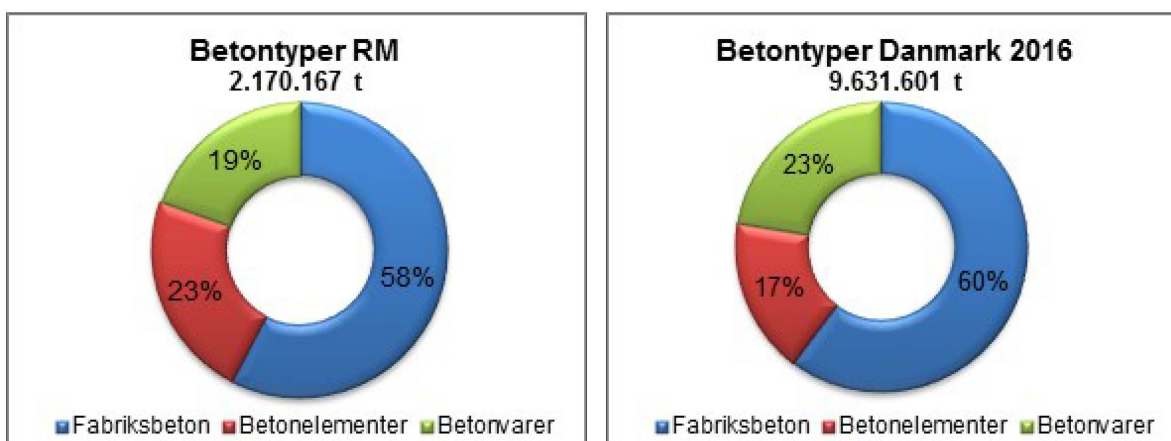
Betonproducenter lægger deres virksomheder på grundlag af efterspørgsel, tilgængelighed af råstoffer og infrastruktur. Derfor har råstofplanlægningen i Region Midtjylland stor betydning for hele bygge- og anlægssektoren. Beton inddeles traditionelt i 3 hovedtyper – fabriksbeton, betonelementer og betonvarer. Fabriksbeton er færdigblandet beton, som leveres med en rotérbil (betonkanon). Betonelementer omfatter facader, vægge, dæk, tag, søjler og bjælker til komplette løsninger inden for både industri-, og boligbyggeri. Betonvarer omfatter rør, afløb, belægningssten, fliser, fundamentblokke mv.

1. Beton produktion i Region Midtjylland

I Region Midtjylland er der 22 væsentlige betonproducenter med 50 afdelinger. Private og håndværkere er ikke medtaget i undersøgelsen. Der var inviteret 2 producenter i Vejle og Fredericia, som bruger råstoffer fra regionen. Der er deltagelse fra 72 % svarende til 36 afdelinger.



Figur 1.1 Kort over de væsentlige betonproducenter i Region Midtjylland. Nogle fabrikker producerer mere end en type beton, derfor er der 56 signaturer.

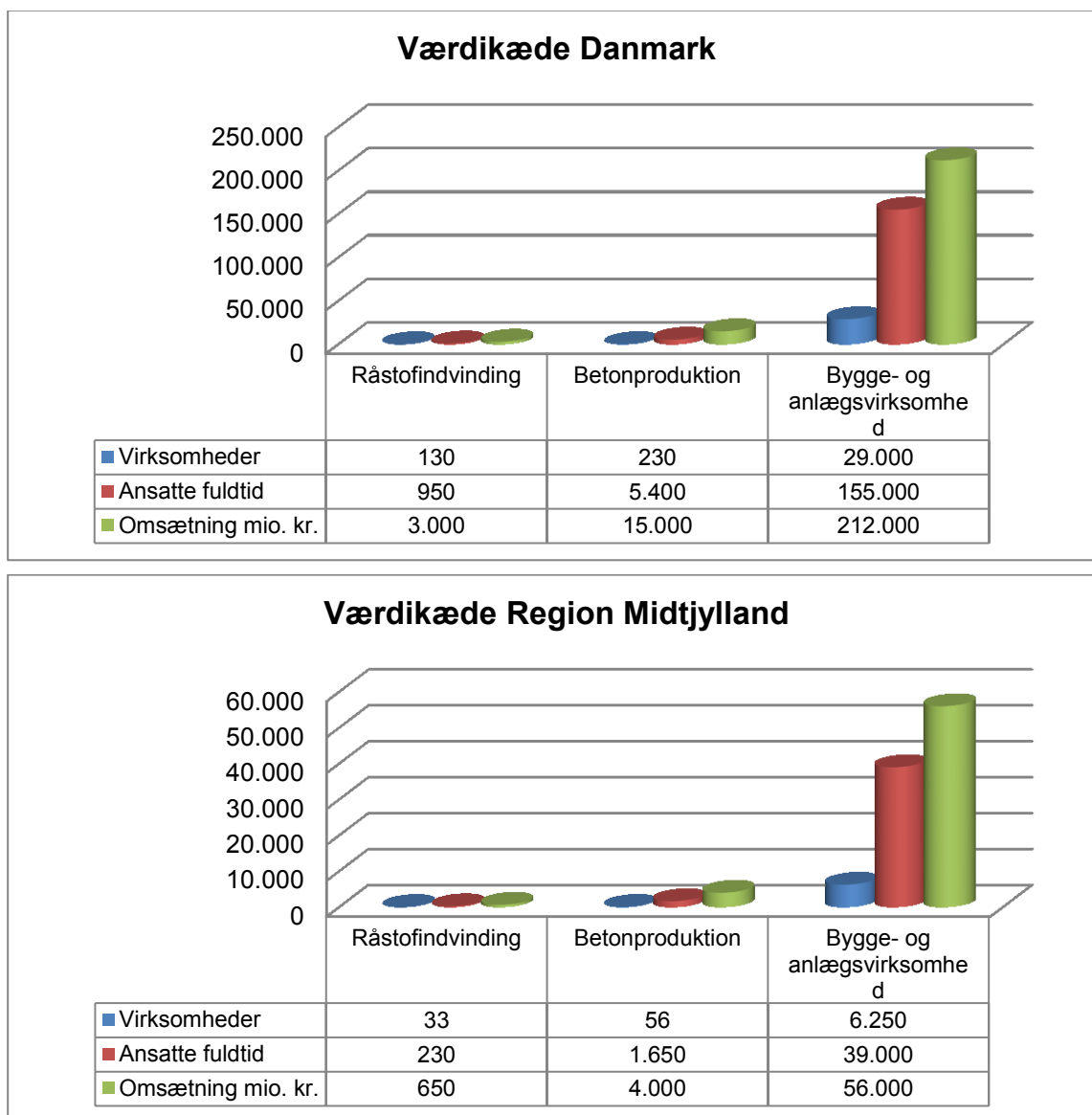


Figur 1.2 Samlet betonproduktion og -typer fra de deltagende producenter sammenlignet med den samlede betonproduktion i Danmark. Kilder: Denne undersøgelse og Danmarks Statistik.

Der foreligger indberetninger i 2016 svarende til 2.170.167 tons færdig beton. Datamængden er repræsentativ for regionens betonproduktion, og den udgør 22½ % af den samlede betonproduktion i Danmark. Enkelte virksomheder har ikke anført betonproduktion, men alene råstofferbrug.

1.1 Råstoffernes økonomiske betydning for Region Midtjylland

Råstoffer kan synes af underordnet betydning for regionens økonomi eftersom både beskæftigelse og omsætning i denne sektor er forholdsvis begrænset. Imidlertid er råstofferne væsentlig mere interessante, når man ser på hele værdikæden. Råstoffer til beton er særlig interessante, fordi de er certificerede og dermed af høj kvalitet (Figur 1.1.1).



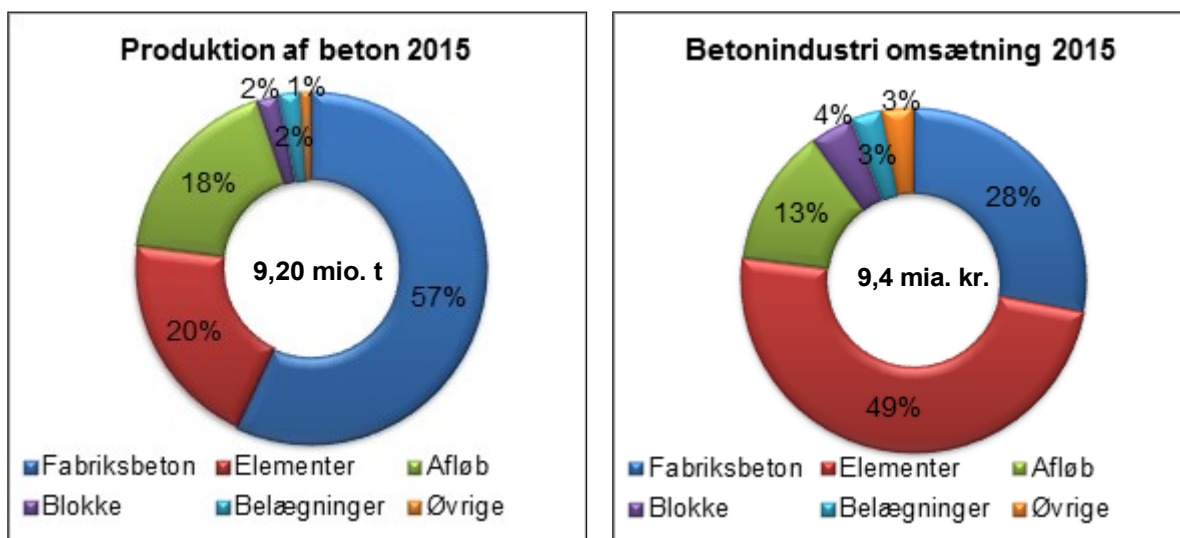
Figur 1.1.1 Værdikæder. Kilder: Denne undersøgelse, Analyseafdelingen Region Midtjylland Jan Seidelin Christensen, Danmarks Statistik samt Bygge- og anlægsbranchen 2016 Deloitte og Dansk Byggeri.

Region Midtjyllands betonproducenter leverer mindst 30 % af den samlede betonproduktion i Danmark og 31 % af alle ansatte i betonproduktion er beskæftiget i Region Midtjylland, svarende til en omsætning på ca. 4 mia. kr. Omsætningen er primært baseret på antal ansatte og antal virksomheder i regionen.

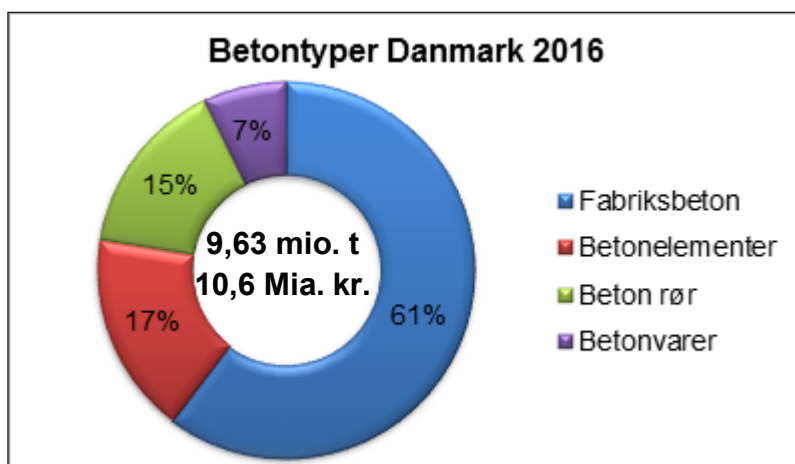
Foruden egentlige betonproducenter anvendes beton også af håndværkere og private. Ifølge MiMa 2016/2 udgør denne del ca. 13 % af den samlede betonproduktion i Danmark, hvilket er skønnet på baggrund af salget af cement.

Det er naturligvis ikke hele bygge- og anlægssektoren, som arbejder med beton, men beton er fundamentet for al byggeri og dominerer alle større byggerier.

Fabriksbeton er den dominerende betontype i Danmark fulgt af betonelementer, afløb og andre betonvarer. Imidlertid stiger værdien af betonproduktet med forarbejdningsgraden, hvilket betyder, at betonelementer udgør ca. halvdelen af omsætningen.



Figur 1.1.2 Fordeling af betonproduktion og omsætning i Danmark efter type af produkt. Kildedata: MiMa 2016/2 og Danmarks Statistik.



Figur 1.1.3 I 2016 steg produktionen af beton til 9,63 mio. tons og omsætningen steg til 10,6 mia. kr. ekskl. Moms. Kilde: Danmarks Statistik.

Den markante prisforskel mellem fabriksbeton og betonelementer, Figur 1.1.2, skyldes ikke forskelle i betonkvaliteten, men derimod forskelle i produktionsmetode. Ved fremstilling af betonelementer laves produktet færdigt på fabrikken, dvs. elementet er overfladebehandlet og indeholder eventuel isolering og armering mv. ved leveringen. Ved anvendelse af fabriksbeton til fx fundamenter, broer eller metro foregår al arbejde med overfladebehandling, isolering og armering på byggepladsen, og derfor indgår dette arbejde ikke i betonens pris i Figur 1.1.3.

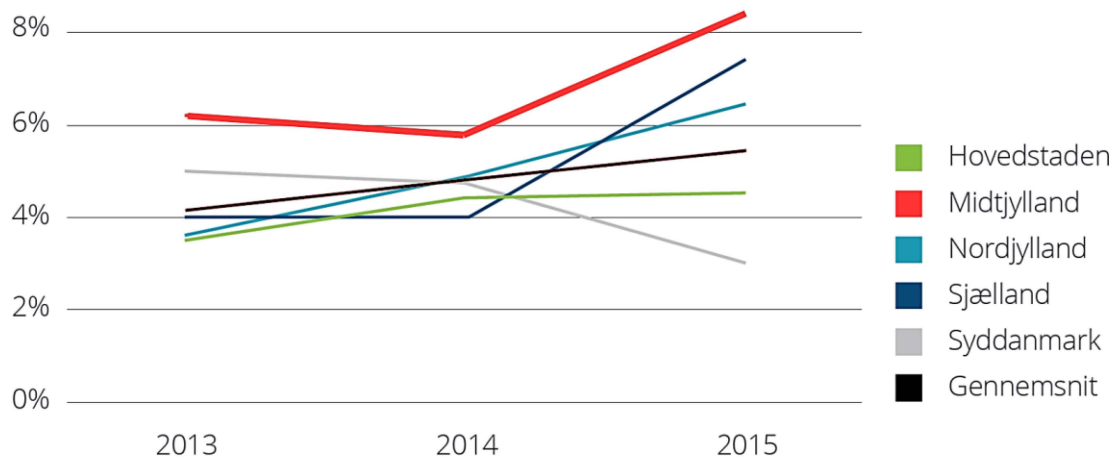
I disse eksempler indgår kun en del af værdiskabelsen i beton produktionen, mens en stor del af værdiskabelsen foregår i bygge- og anlægsdelen. Beton er dog stadig en forudsætning for denne værdiskabelse og er derfor medtaget under beton i Figur 1.1.1. Dette forklarer forskellen i omsætning på 10,6 mia. kr. i Figur 1.1.3 og de 15 mia. kr. i Figur. 1.1.1.

Dansk Byggeri og Deloitte udarbejder hvert år en rapport over udviklingen i bygge- og anlægsbranchen. Den seneste rapport viser, at betonbranchen i Region Midtjylland ligger helt i top.

Bygge- og anlægsbranchen i Region Midtjylland har den højeste overskudsgrad i Danmark – og overskudsgraden viser en stigende tendens (Figur 1.1.4).

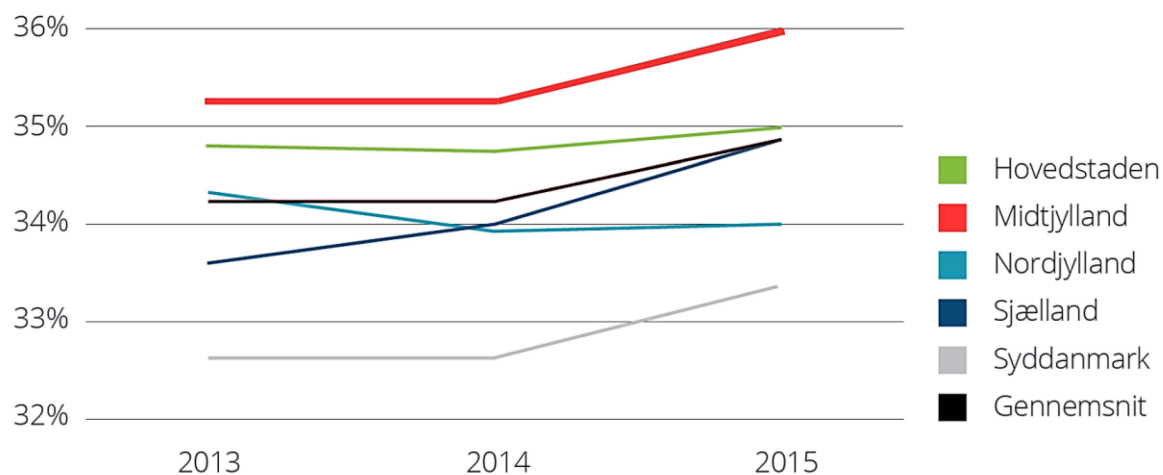
Samtidig har bygge- og anlægsbranchen Region Midtjylland den højeste soliditetsgrad, hvilket gør den mindre følsom overfor konjunkturudsving. Også soliditetsgraden viser en stigende tendens (Figur 1.1.5).

Overskudsgrad efter region



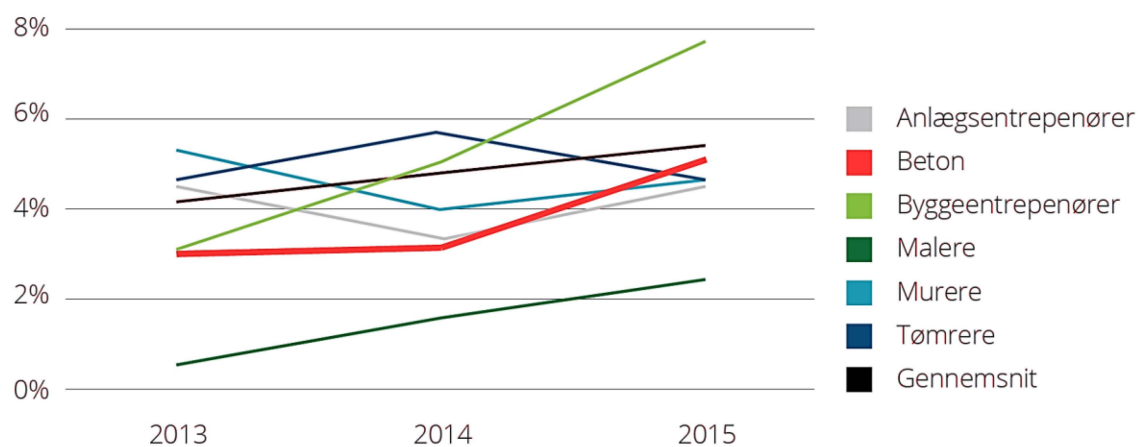
Figur 1.1.4 Overskudsgraden i bygge- og anlægsbranchen i Region Midtjylland i årene 2013 til 2015 sammenlignet med de øvrige regioner. Kilde: Bygge- og anlægsbranchen 2016 Deloitte og Dansk Byggeri.

Soliditetsgrad efter region



Figur 1.1.5 Soliditetsgraden i bygge- og anlægsbranchen i Region Midtjylland i årene 2013 til 2015 sammenlignet med de øvrige regioner. Kilde: Bygge- og anlægsbranchen 2016 Deloitte og Dansk Byggeri.

Overskudsgrad efter underbranche



Figur 1.1.6 Overskudsgraden for udvalgte brancher. Betonbranchen er fremhævet, og kun overgået af byggeentreprenører. Kilde: Bygge- og anlægsbranchen 2016 Deloitte og Dansk Byggeri.

Betonbranchens overskudsgrad overgås kun af byggeentreprenører (Figur 1.1.6).

Høj aktivitet i bygge- og anlægsbranchen har medført kraftig stigning i omsætningen i betonbranchen.

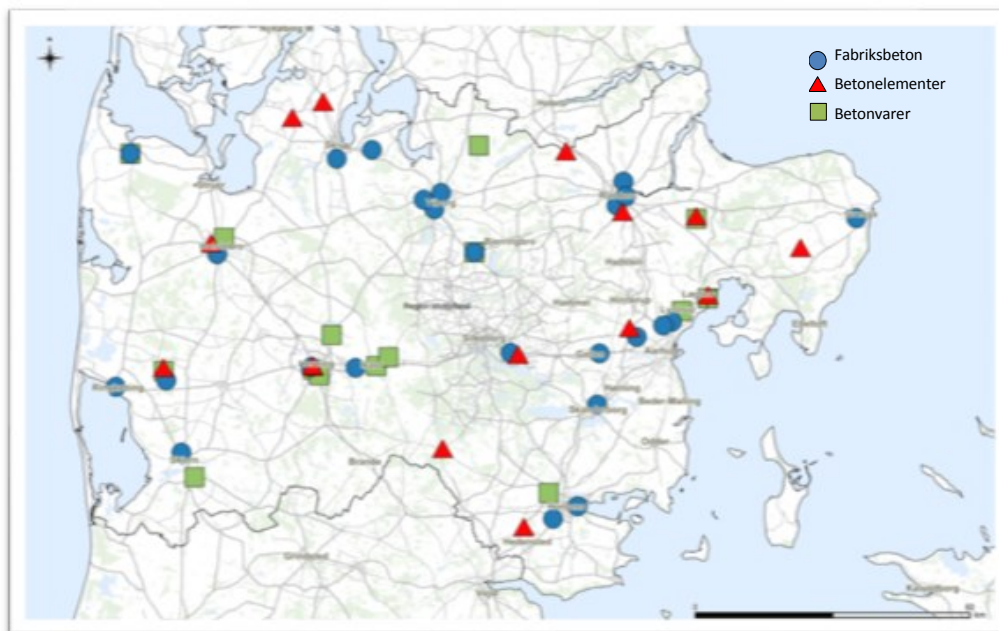
Branchen er kendetegnet ved et lille antal store virksomheder i modsætning til den resterende bygge- og anlægsbranche med mange mindre virksomheder (Tabel 1.1.1).

	Hovedstaden	Midtjylland	Nordjylland	Sjælland	Syddanmark	Total
Anlægsentreprenører	49	67	35	53	65	269
Byggeentreprenører	137	180	70	144	139	670
Murere	74	126	53	61	96	410
Tømrere	236	303	139	151	253	1.082
Malere	131	73	30	50	69	353
Beton	6	23	12	6	10	57
Øvrige	159	134	48	111	95	547
Total	792	906	387	576	727	3.388

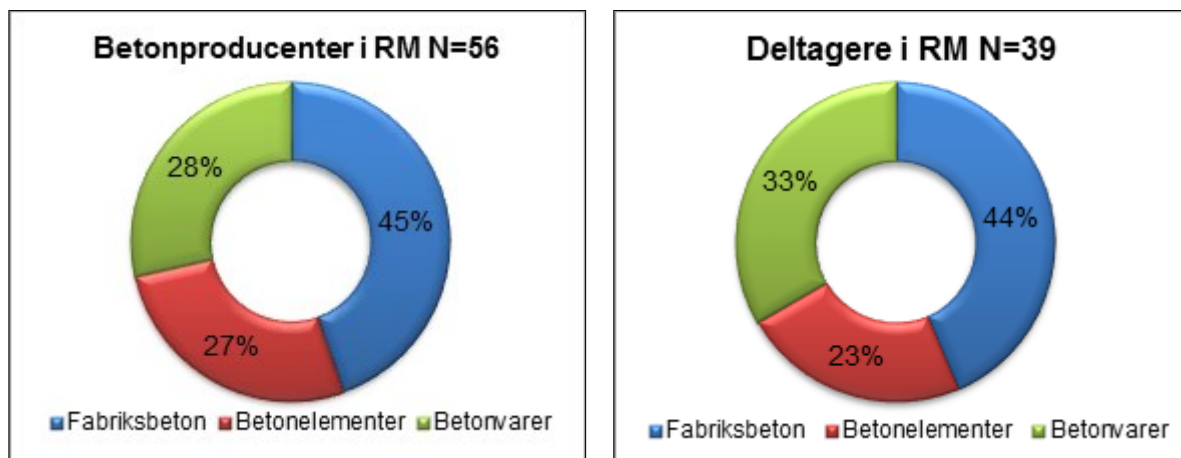
Tabel 1.1.1 Bygge- og anlægsbranchen 2016 Deloitte & Dansk Byggeri – antal virksomheder i deres undersøgelse. Bemærk det forholdsvis høje tal for beton i Region Midtjylland.

1.2 Betonproduktion i regionen

Betonproducenterne er forholdsvis jævnt fordelt over hele regionen, men koncentreret ved de større byer, således at Århus har den største koncentration af fabrikker. Der er stor variation i den mængde beton, som de enkelte fabrikker producerer. Producenter af fabriksbeton skal have en jævn geografisk fordeling, eftersom flydende beton som regel skal anvendes indenfor 2 timer og derfor er transportafstanden som regel under 50 km (Figur 1.2.1). Der foreligger indberetninger svarende til 2.170.167 tons færdig beton i 2016, hvilket betyder, at Datamængden kan anses som repræsentativ i forhold til regionens betonproduktion (Figur 1.2.2).

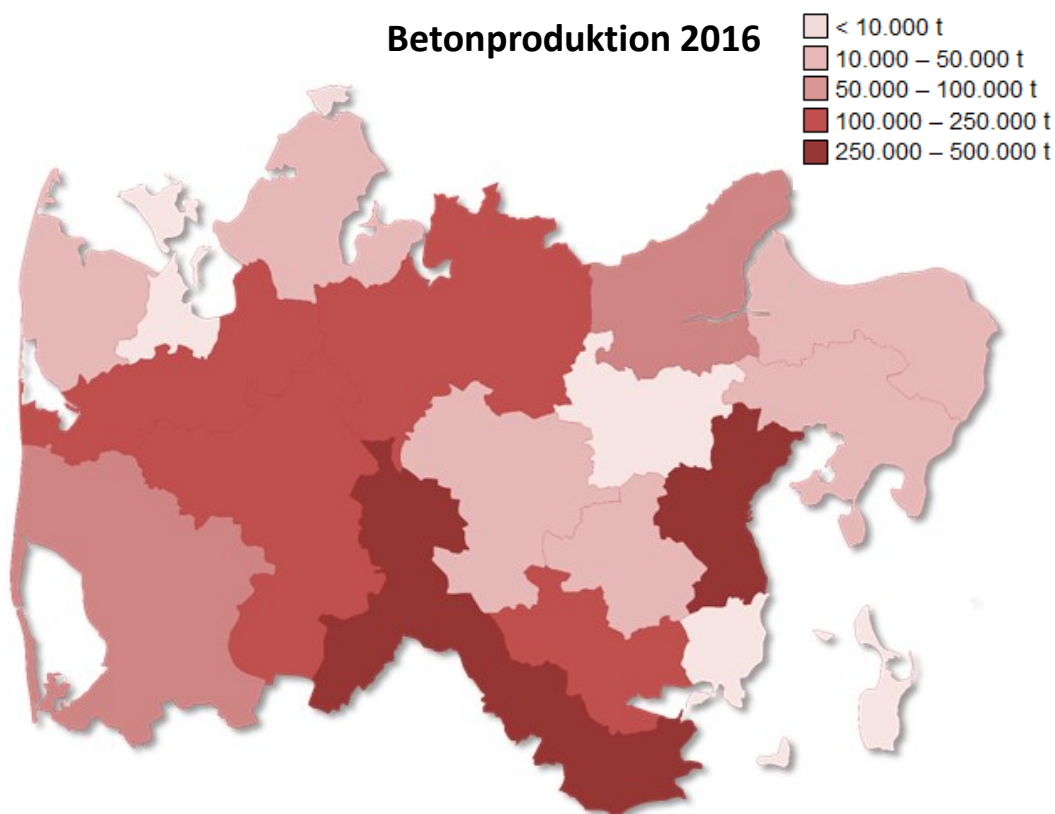


Figur 1.2.1 Kort over alle væsentlige betonproducenter i Region Midtjylland efter type. Nogle betonfabrikker producerer flere typer beton, derfor er der 56 signaturer svarende til 50 fabrikker.



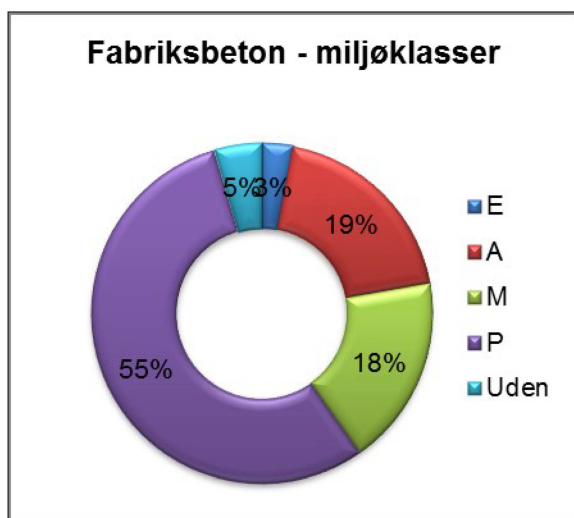
Figur 1.2.2 Betonproducenter i Region Midtjylland efter antal og type sammenlignet med deltagere i denne undersøgelse efter antal og type. Figuren indikerer, at undersøgelsen er repræsentativ.

Enkelte virksomheder i undersøgelsen har kun angivet råstofforbrug og ikke betonproduktion. Der er store variationer i betonproduktionen mellem de enkelte kommuner. Kortet giver samtidigt et oversigtsbillede af råstofforbrug til betonproduktion og dermed et grundlag for råstofplanlægning (Figur 1.2.3).

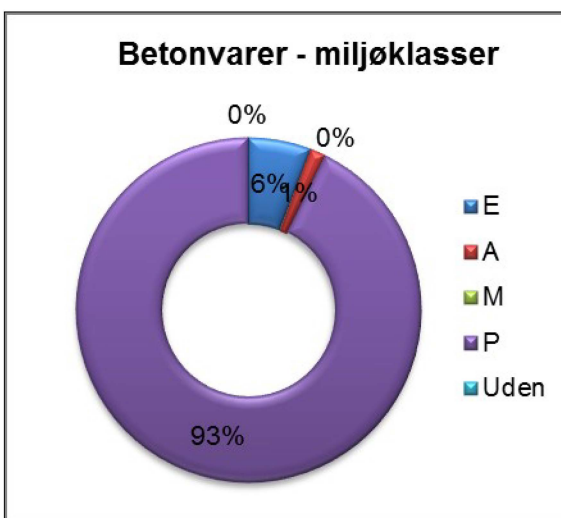


Figur 1.2.3 Betonproduktion oplyst til denne undersøgelse efter mængde af produceret beton 2016 fordelt på regionens kommuner.

Fabriksbeton omfatter flere forskellige typer og klasser af færdigblandet beton, som leveres i en roterbil (betonkanon). Fabriksbeton skal oftest anvendes indenfor 2 timer, hvilket begrænser transporten til ca. 50 km. Derfor har disse producenter en jævn geografisk fordeling. En mindre del er angivet uden klasse. Al beton er klassificeret, men i få tilfælde har producenten ikke oplyst miljøklassen (Figur 1.2.4). Afløbssystemer og kloakrør af beton udgør hovedparten af betonvarer, som tillige omfatter blokke til fundamenter og vægge, belægningssten og -fliser, betontagsten og en række andre produkter (Figur 1.2.5).



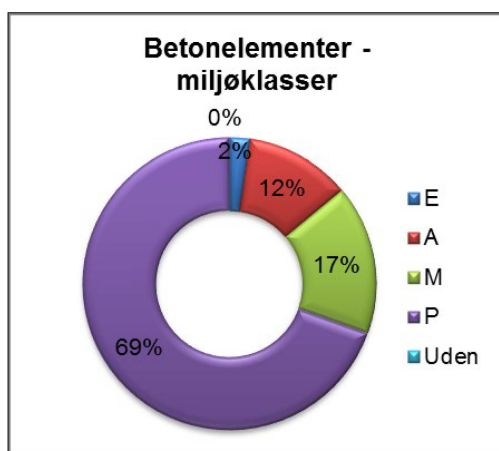
Figur 1.2.4 Miljøklasser for fabriksbeton.



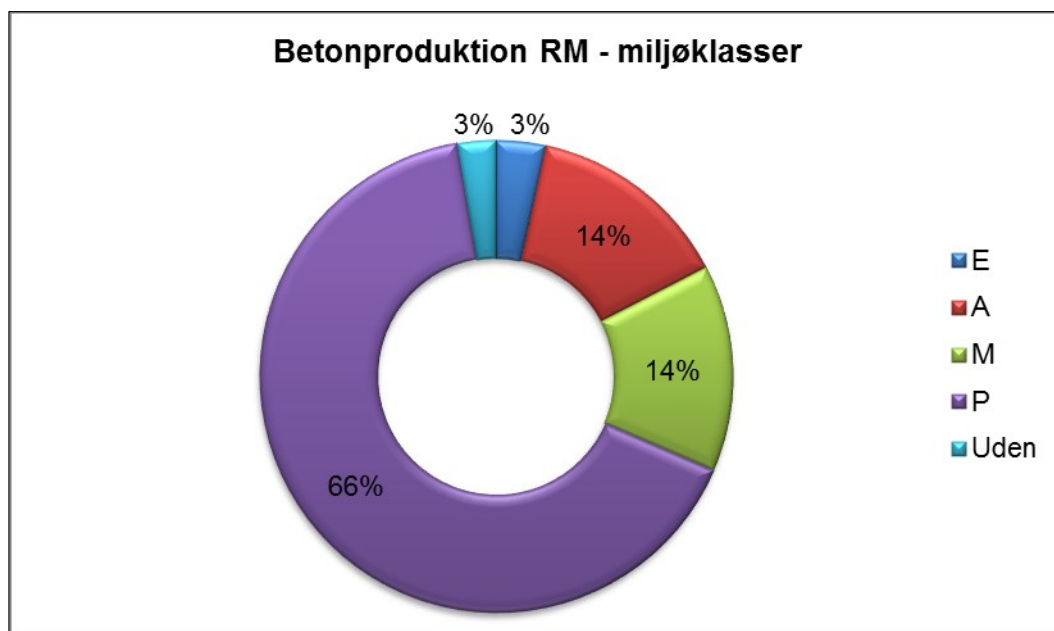
Figur 1.2.5 Miljøklasser for betonvarer.

Betonelementer er færdige elementer til byggerier indenfor fx beboelse, landbrug og industri, hvor vægge, tag, dæk, facader, søjler, bjælker etc. er støbt i beton. Elementerne er unikke for hvert byggeri og lavet ud fra særlige forskrifter og design. Derfor har betonelementer en relativ høj værdi i forhold til fabriksbeton og betonvarer (Figur 1.2.6).

Den samlede betonproduktion i Region Midtjylland er opgivet som fordelt efter miljøklasse (Tabel 1.2.1) ifølge data fra denne undersøgelse. En mindre del er angivet uden klasse. Al beton er klassificeret, men i få tilfælde har producenten ikke oplyst miljøklassen (Figur 1.2.7).



Figur 1.2.6 Miljøklasser for betonelementer.



Figur 1.2.7 Den samlede betonproduktion i Region Midtjylland fordelt efter miljøklasse ifølge data fra denne undersøgelse. En mindre del er angivet uden klasse. Al beton er klassificeret, men i få tilfælde har producenten ikke oplyst miljøklassen.

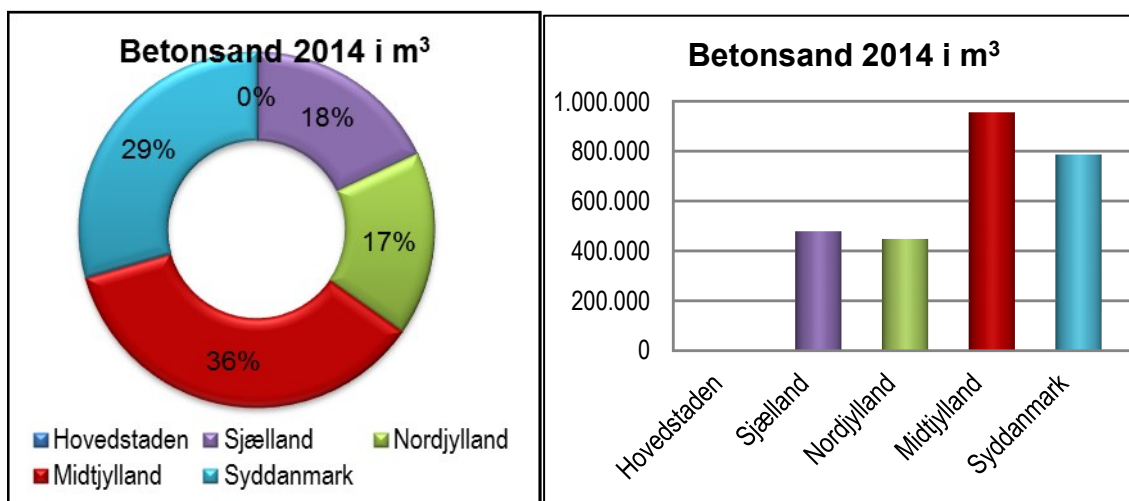
Miljøklasse	Beskrivelse	Typiske konstruktioner
E Ekstra aggressiv	Fugtigt miljø med påvirkning fra alkalier og/eller klorider ved betonoverfladen	Altaner, parkeringsdæk, svømmebade, søjler og kantbjælker på broer, marine konstruktioner i splashzone
A Aggressiv	Fugtigt miljø, hvor der kan tilføres alkalier og/eller klorider til betonoverfladen, eller hvor der er risiko for vandmætning og frost	Udvendige dæk og bjælker uden konstruktiv beskyttet overside, støttemure, lyskasser, udvendige trapper, kælderydervægge
M Moderat	Fugtigt miljø, hvor der ikke er risiko for frost i kombination med vandmætning, og hvor der ikke i nævneværdig grad kan tilføres alkalier og/eller klorider	Fundamenter delvis over terræn, jorddækkede fundamenter i høj sikkerhedsklasse, udvendige vægge, facader og søjler, udvendige bjælker med konstruktiv beskyttet overside,
P Passiv	Tørt eller permanent vådt miljø, hvor korrosion ikke forekommer	Konstruktioner i indendørs tørt miljø, fundamenter eller rør

Tabel 1.2.1 Simplificeret oversigt over miljøklasser. Se Appendiks A2.

2. Råstoffer til beton i Region Midtjylland

Det statistiske overblik over råstofindvindingen i Danmark er baseret på årlige indberetninger til Danmarks Statistik. Af indberetningsskemaet fremgår det, at det er årets **indvundne** mængde af de forskellige råstoffer, som skal angives. Imidlertid bliver råstofferne først målt og vejede, når de forlader råstofgraven som leverance til en entreprenør, betonproducent eller lignende. Derfor angiver indberetnings-skemaerne nærmere de **solgte** mængder af råstoffer i det pågældende år. Naturligvis er der en tæt sammenhæng mellem indvundne og solgte mængder, idet ingen råstofleverandører ønsker at opbygge store lagre.

Denne betragtning er vigtig, når man ønsker at undersøge råstofforbruget for en bestemt branche – i dette tilfælde betonbranchen. Desuden er der særligt strenge krav om certificering af tilslagsmaterialer til beton, hvilket betyder, at råstofferne bl.a. skal sorteres efter de 4 miljøklasser og efter størrelse inden de kan anvendes. Derfor gennemgår sand, grus og sten, som anvendes som tilslagsmaterialer til beton, en række "forædlingsprocesser" og kvalitetskontroller inden de leveres til producenterne. Der burde altså være nøje overensstemmelse mellem indberetningsskemaer og den faktiske anvendelse af råstoffer til beton.



Figur 2.1.1 Indvinding af sand på land til betonformål efter region. Kildedata MiMa 2016/1.

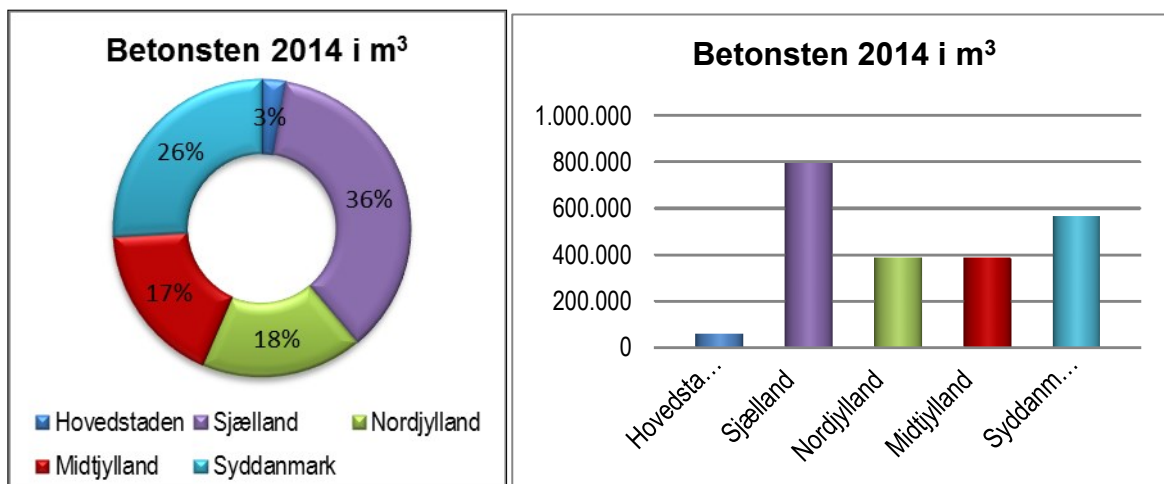
Desværre viser indberetningerne i Region Midtjylland for 2016, at 15 % af sand og 52 % af sten til beton er angivet uden klassificering, selvom betonproducenterne i regionen kun angiver 3 % af den producerede beton uden klassificering. Ifølge MiMa 2016/1 er dette en landsdækkende tendens, som naturligvis gør det vanskeligere at sammenligne indvinding af forskellige råstofkvaliteter med produktionen af beton.

Betonproducenterne har tillige oplyst, at det ofte har været nødvendigt at gennemgå alle deres leverancer for at kunne klassificere dem. Det skyldes, at beton leveres efter en række yderligere specifikationer fx styrke, levetid, evt. armering mv.

2.1 Landsdækkende sammenligning af råstofindvinding til beton

Den landsdækkende indvinding af råstofindvinding til beton giver mulighed for at placere Region Midtjylland i en national sammenhæng (Figur 2.1.1 og 2.1.2). Betonsand indvindes næsten udelukkende på land, og derfor giver fordelingen samtidigt et rimeligt præcist billede af produktion af beton i regionerne – bortset fra Region Hovedstaden (Figur 2.1.1). Mængden af betonsand, som

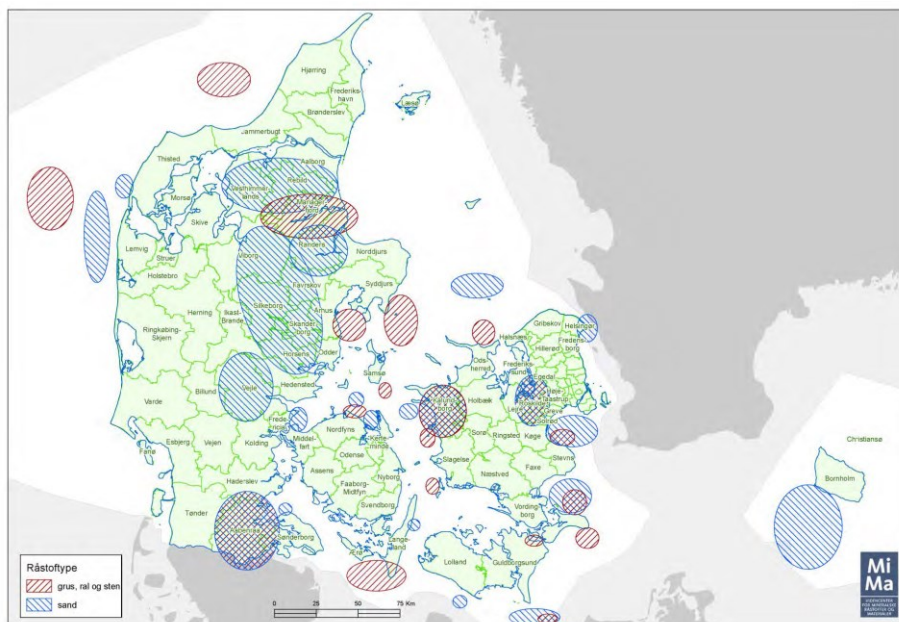
transporteres på tværs af regionsgrænser kendes ikke, hvilket giver en vis usikkerhed. Desuden anvendes en del kvartssand til betonproduktion.



Figur 2.1.2 Indvinding af sten på land til betonformål efter region. Kildedata MiMa 2016/1.

Selv hvis man regner med en konservativ betonrecept hvor forholdet mellem sand/sten er 1/1,2, er der en meget tydelig mangel på stentilslag. Region Sjælland er i den eneste region, som indvinder tilstrækkelige mængder stentilslag på land, men betonproducenterne må importere "granit" skærver til E-beton.

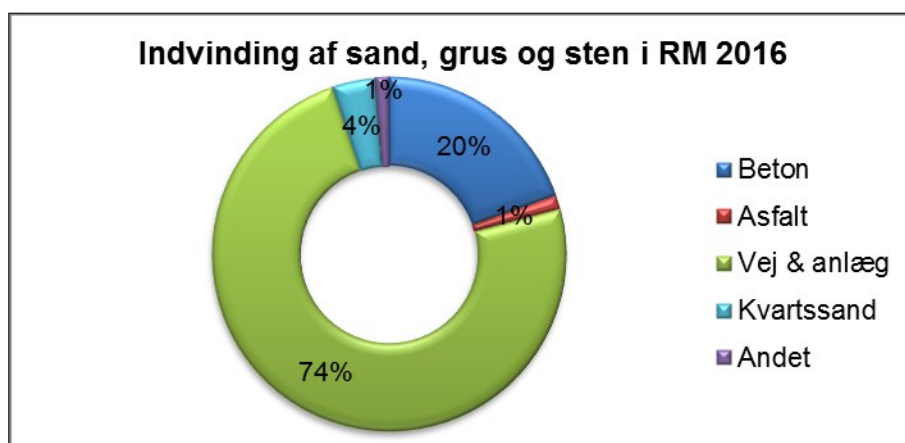
For Region Midtjylland dækker indvindingen af sten til beton ca. 1/3, men det forudsætter, at de indvundne sten har præcis de ønskede kvaliteter, hvilket ikke er tilfældet.



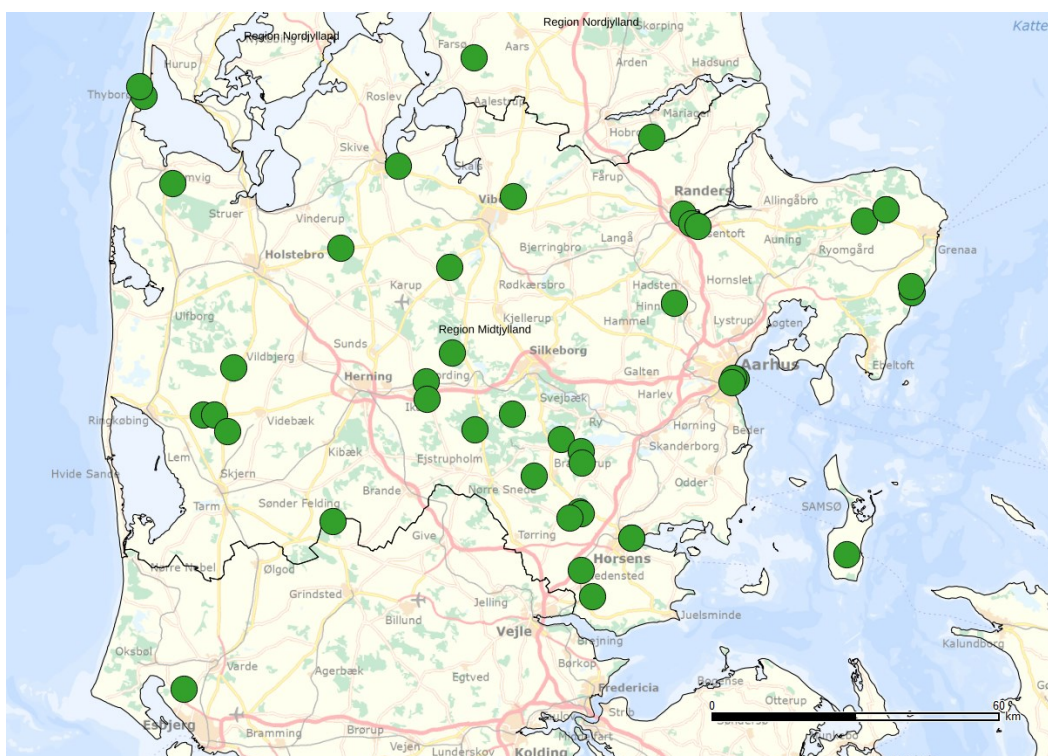
Figur 2.1.3 De vigtigste indvindingsområder for sand, grus og sten i 2014. Kortet viser, at vigtige områder for sten til Region Midtjylland er Gunderup ved Mariager fjord og sømaterialer fra Nordsøen og Kattegat. Kort fra MiMa 2016/2.

2.2 Indvinding af betontilslag.

I 2016 blev der indvundet 7,6 mio. m³ sand, grus og sten i Region Midtjylland, hvoraf næsten 3/4 anvendes til veje og anlæg, mens ca. 22 % anvendes til beton, idet en stor del af det indvundne kvartssand også anvendes til beton (56 % ifølge oplysninger fra en stor indvinder af kvartssand) (Figur 2.2.1).

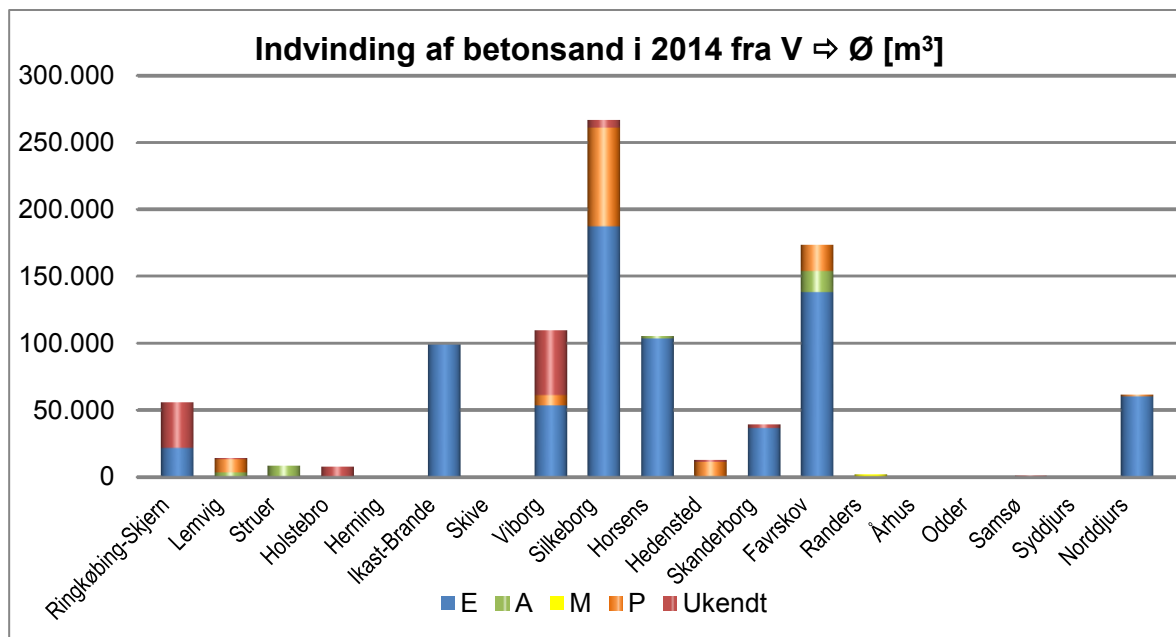


Figur 2.2.1 Indvinding og anvendelse af sand, grus og sten i Region Midtjylland 2016 baseret på indberetninger til Danmarks Statistik.

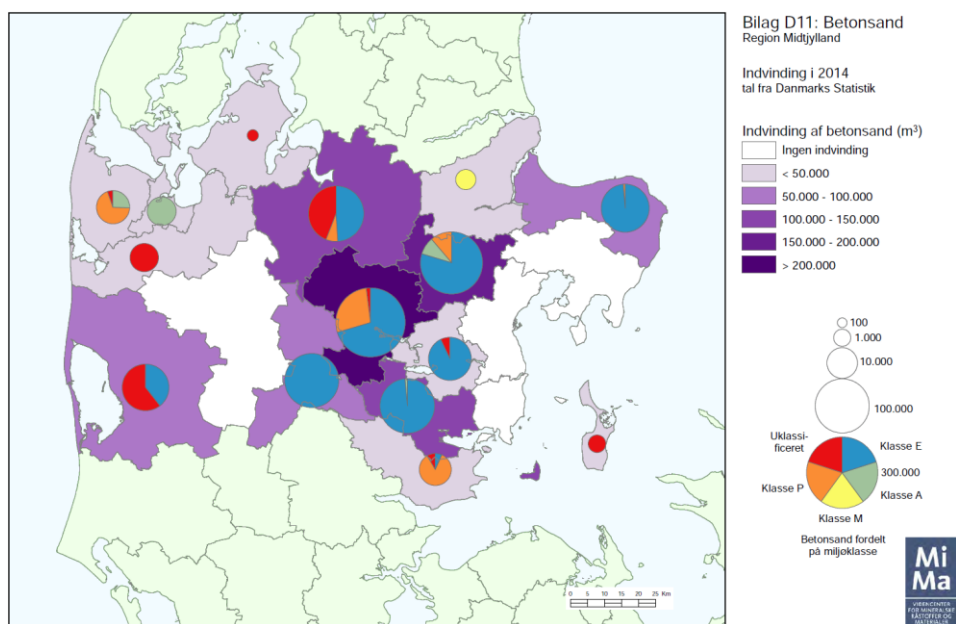


Figur 2.2.2 Råstofleverandører til betonproducenter i Region Midtjylland. Leverandørerne i Thyborøn og Aarhus leverer sømaterialer og importerede granitskærver, mens de øvrige leverer sand, grus og sten fra grusgrave. Der er 2 leverandører nord for og 1 syd for Region Midtjylland.

Indvinding af betonsand i Region Midtjylland i 2014, er opgjort fordelt på kommuner. Region Midtjylland har en stor indvinding sand af højeste kvalitet og en stor del af det sand, som er indberettet uden klassificering, kan forventes at have tilsvarende kvalitet. Der kunne ønskes mere sand tæt på Århus og evt. i Herning Kommune (Figur 2.2.3 og 2.2.4).



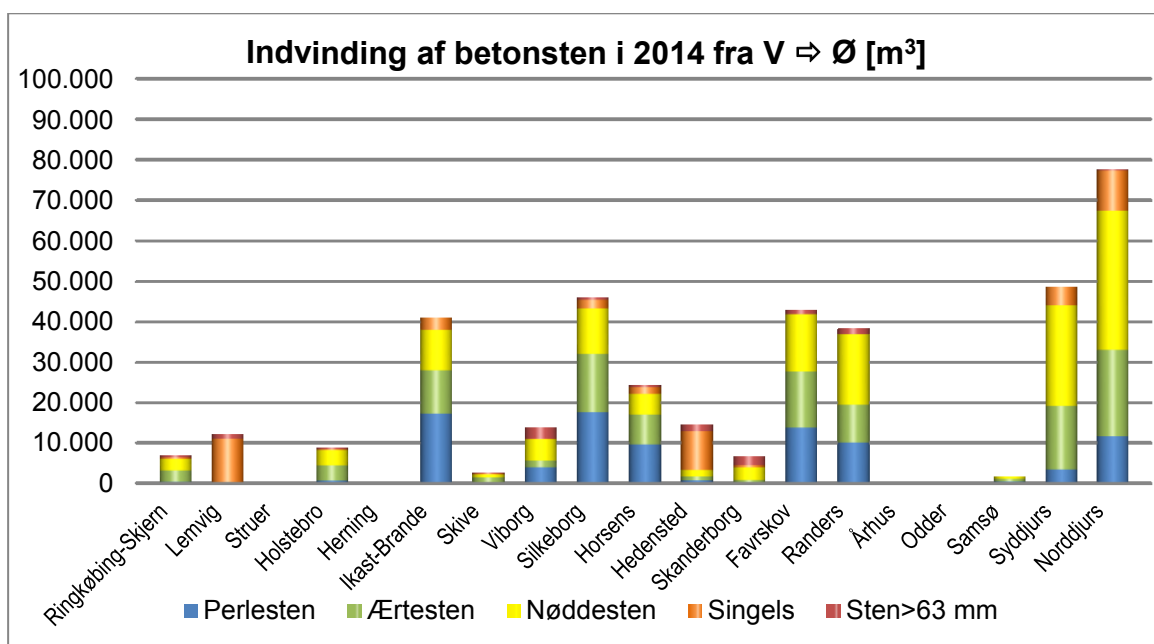
Figur 2.2.3 Indvinding af betonsand i Region Midtjylland i 2014, fordelt på kommuner vist som søjle-diagram. Søjlerne giver et mere retvisende indtryk af indvindingen i de enkelte kommuner, end cirklerne på kortet nedenfor. Kildedata fra MiMa 2016/1.



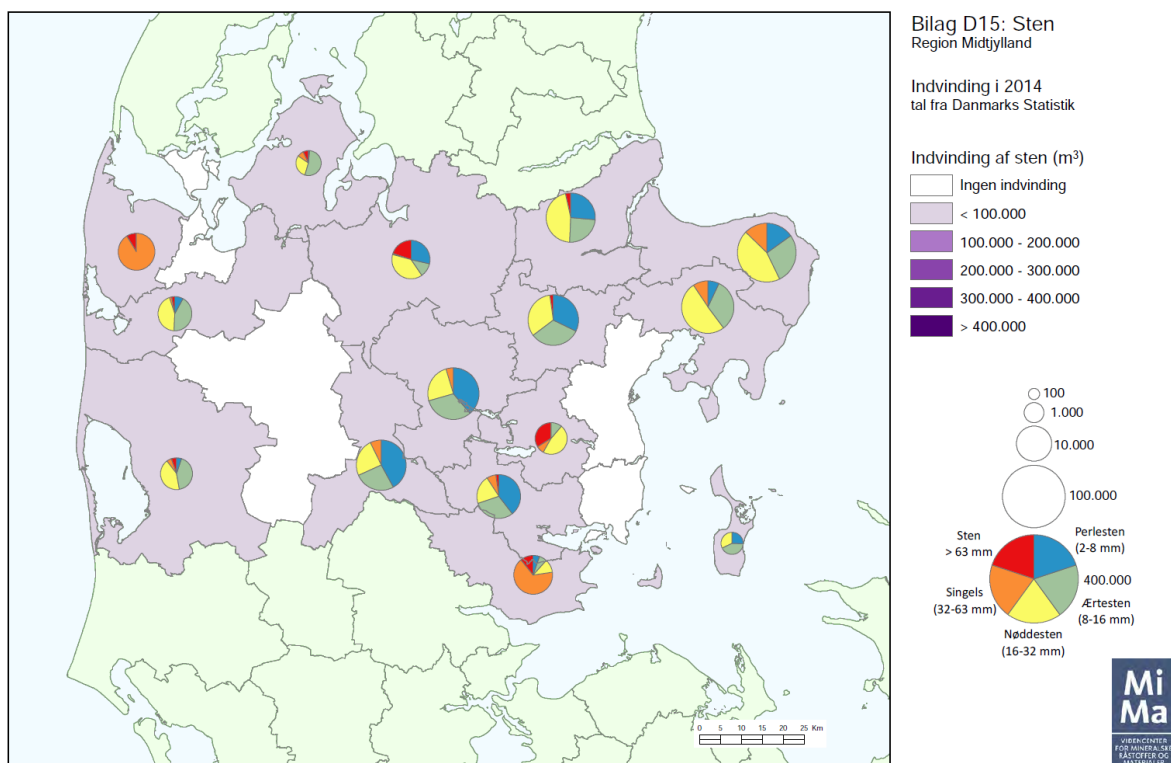
Figur 2.2.4 Indvinding af betonsand i Region Midtjylland i 2014, fordelt på kommuner vist på kort. . Der kunne ønskes mere sand tæt på Århus og evt. i Herning Kommune. Kilde MiMa 2016/1.

Både mængde og kvalitet af stentilslag til beton, som indvindes på land, er generelt en flaskehals for betonproduktionen. Region Midtjylland er ingen undtagelse. Sten indvundet i regionen dækker ca. 1/3 af forbruget og anvendes overvejende i P-beton. Resten dækkes af sten fra Gunderup Sten og Grusleje i Region Nordjylland samt fra sømaterialer og anden import, hvilket generelt giver længere transport (Figur 2.2.5 og 2.2.6).

Den geografiske fordeling af klassificeret indvinding af betonsand og kvartssand i regionen er vist i Figur 2.2.7). Indvinding kan variere fra år til år, men det overordnede mønster er konstant. De markante stigninger i Hedensted kommune skyldes nye indvindingsområder, mens de øvrige variationer kan have mange forskellige årsager (Figur 2.2.8).

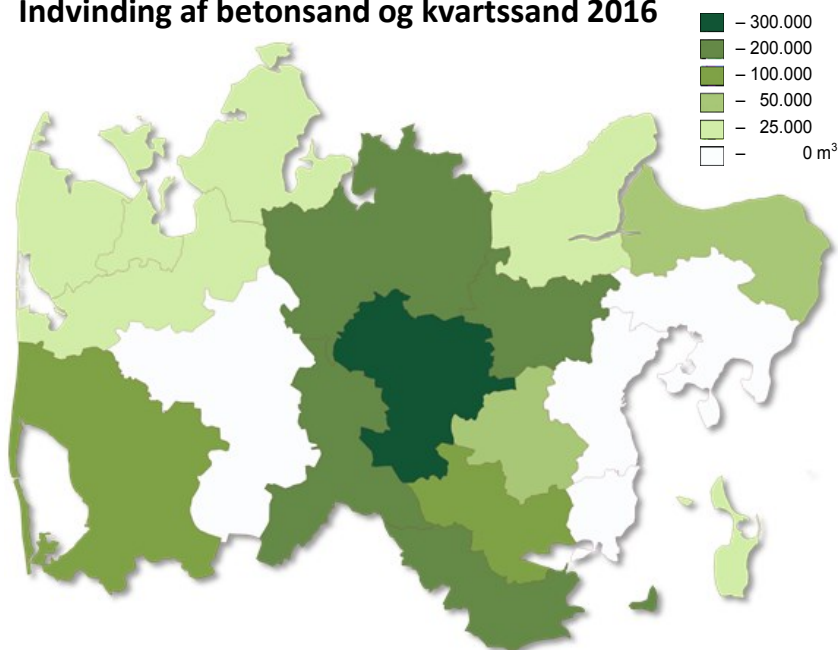


Figur 2.2.5 Indvinding af betonsten i Region Midtjylland i 2014, fordelt på kommuner vist som søjle-diagram. Søjlerne giver et mere retvisende indtryk af indvindingen. Kildedata fra MiMa 2016.

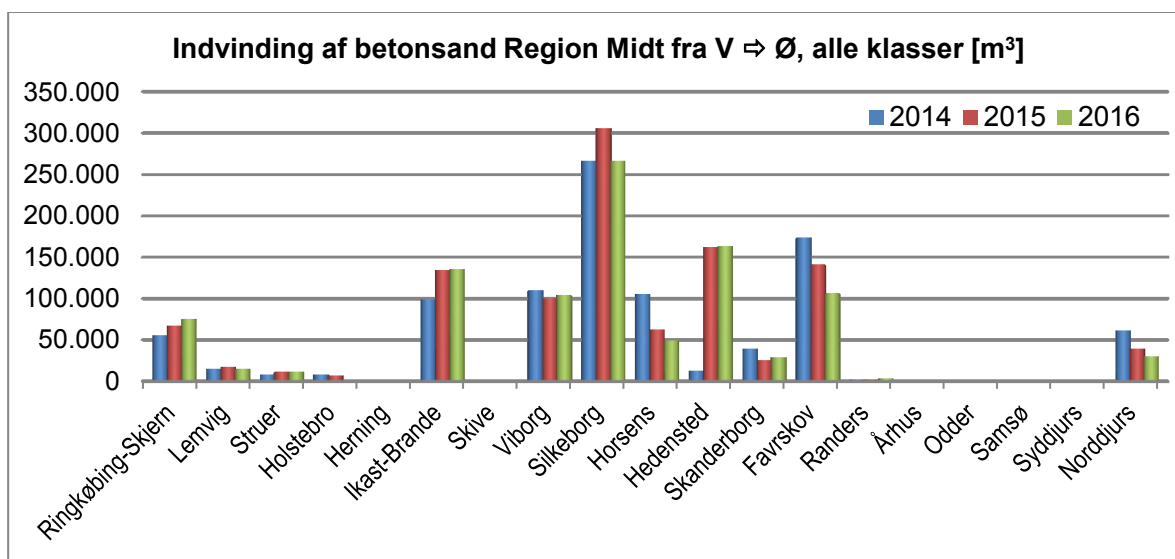


Figur 2.2.6 Indvinding af betonsand i Region Midtjylland i 2014, fordelt på kommuner vist på kort.
Kilde MiMa 2016/1.

Indvinding af betonsand og kvartssand 2016

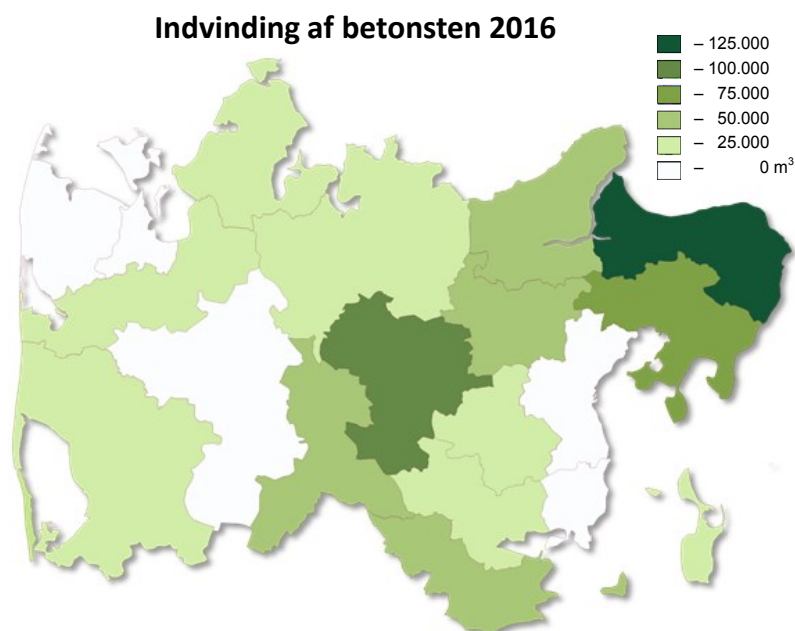


Figur 2.2.7 Klassificeret indvinding af betonsand og kvartssand i Region Midtjylland 2016 for hver kommune. Kildedata: Indberetninger til Danmarks Statistik.

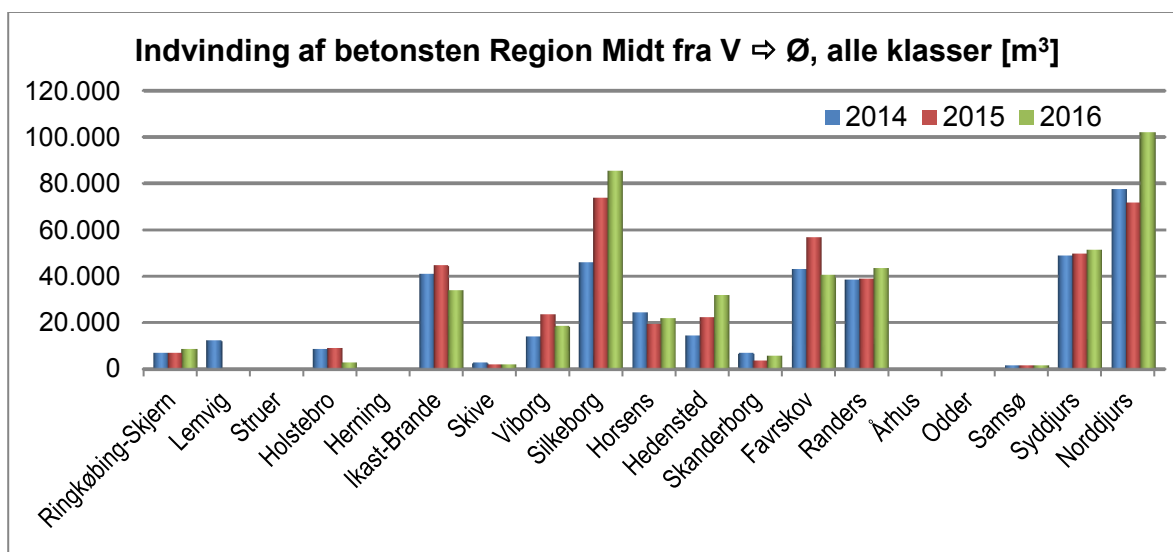


Figur 2.2.8 Der kan være variationer fra år til år, men det overordnede mønster er konstant. De markante stigninger i Hedensted kommune skyldes nye indvindingsområder, mens de øvrige variationer kan have mange forskellige årsager. Kildedata: Indberetninger til Danmarks Statistik.

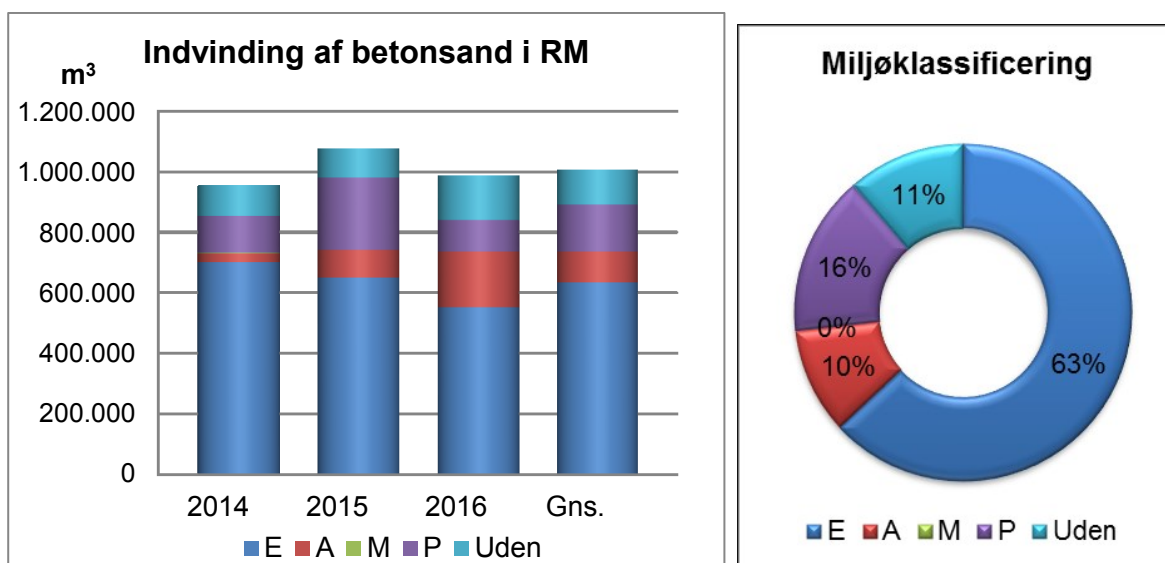
Den geografiske fordeling af klassificeret indvinding af betonsten i regionen er vist i Figur 2.2.9). Den mest markante variation er en stigning i indvinding af sten i Silkeborg kommune. Stigning i indvinding af sten i Silkeborg kommune er den mest markante variation. Indvinding af sten i Randers, Syddjurs og Norddjurs kommuner er større end indvinding af sand til beton. (Figur 2.2.10). Klassificeringen er vist i Figur 2.2.11.



Figur 2.2.9 Klassificeret indvinding af betonsten i Region Midtjylland 2016 for hver kommune. Kildedata: Indberetninger til Danmarks Statistik.



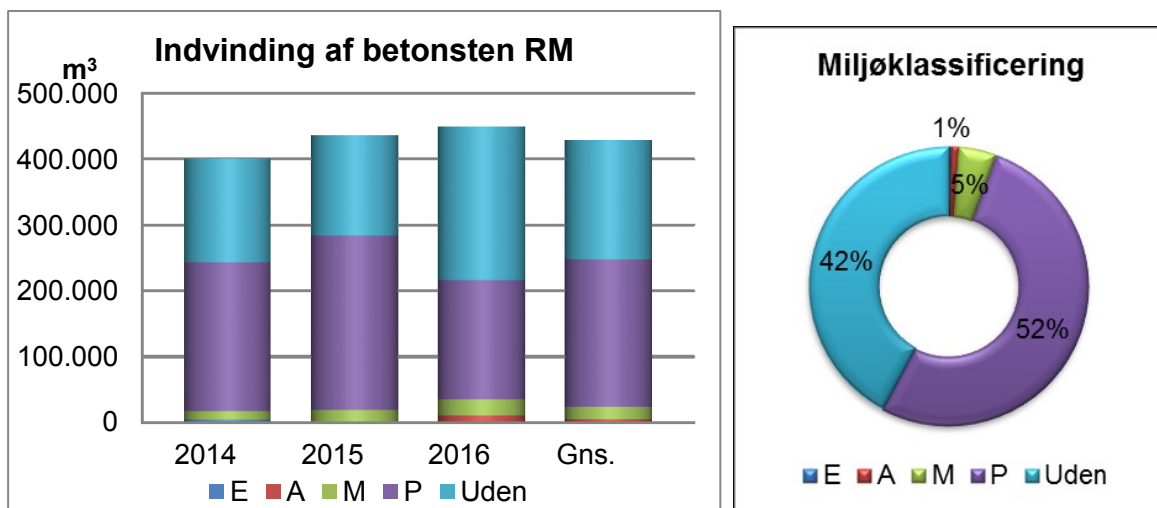
Figur 2.2.10 Indvinding af betonsten i regionen. Kildedata: Indberetninger til Danmarks Statistik.



Figur 2.2.11 Indvinding af betonsand i Region Midtjylland 2014-2016 og gennemsnitlig procentuel miljøklassificering. Sand uden klasse er overvejende E-sand. Kvartssand anvendt til beton er ikke medtaget. Certificeringskrav til betonsand klasse M er de samme som til betonsand klasse A, derfor er alt indberettet som klasse A.

Indvindingen af betonsand er ca. 1 mio. m³ pr. år, hvortil kommer ca. 0,10 – 0,15 mio. m³ kvartssand af klasse E, som anvendes til beton. Årene 2014 – 2016 viser en faldende tendens for klasse E sand og en tilsvarende stigende tendens for klasse A sand, således at den samlede indvinding af E og A sand er konstant. Perioden er dog for kort til vurdering af udviklingen.

Der ses en let stigende tendens i indvinding af stentilslag til beton i 2014 – 2016, hvor gennemsnittet er ca. 0,42 mio. m³. Sammenlignes med indvinding af betonsand udgør indvindingen af sten i regionen ca. 1/3 af stentilslaget til beton (Figur 2.2.12).



Figur 2.2.12 Indvinding af betonsten i Region Midtjylland 2014-2016 og gennemsnitlig procentuel miljøklassificering. Sten uden klasse er overvejende F-sten.

2.3 Indvinding og forbrug af tilslag

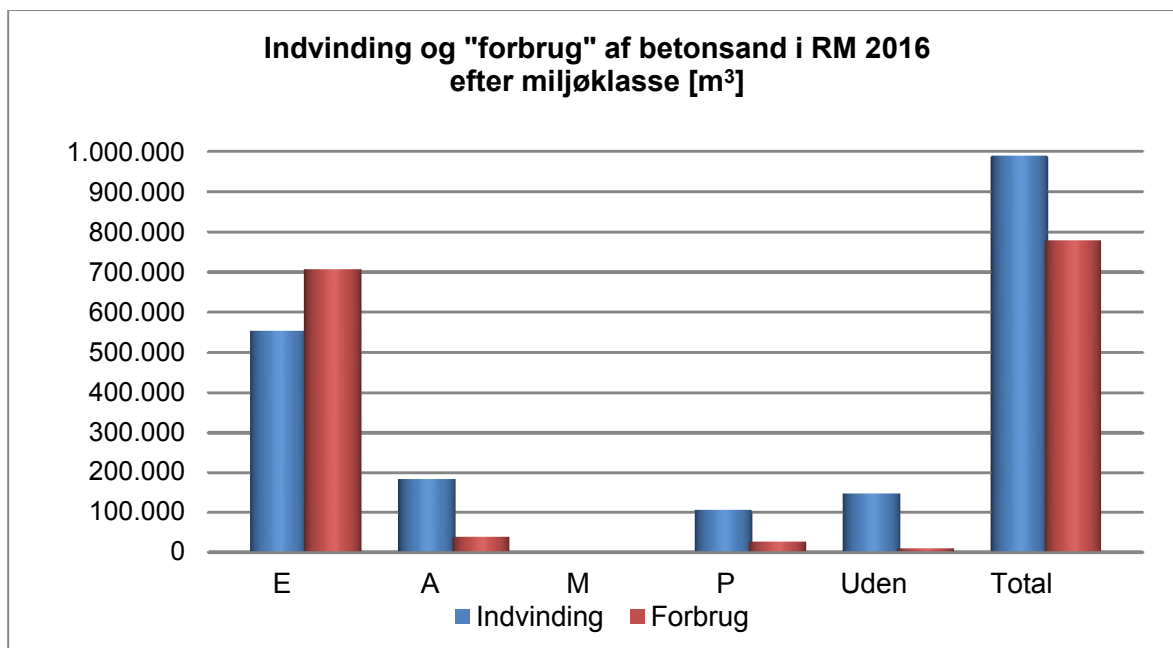
Betonproducenterne har oplyst anvendelse af ca. 758.000 m³ sand og ca. 303.000 m³ sten, som er indvundet på land. Herudover er der indberettet ca. 10.000 m³ sand og ca. 361.000 m³ sten fra sømaterialer og ca. 182.000 m³ importerede skærver. Det giver 1,63 mio. m³ betontilslag eller 2,52 mio. tons betontilslag svarende til ca. 3,0 mio. tons beton (Figur 2.3.2). Dette er noget mere end de 2,17 mio. tons beton angivet i afsnit 1, hvilket skyldes, at nogle enkelte betonproducenter ikke har oplyst mængden af produceret beton, men kun råstofforbruget til beton. De 3,0 mio. tons beton udgør 31½ % af den samlede betonproduktion i Danmark.

Ifølge indberetningerne fra betonproducenter indvindes næsten al sand til betonproduktion på land, mens kun 36 % af stentilslaget kommer fra land. Resten af stentilslaget er sømaterialer eller importerede skærver. Næsten alle sten af miljøklasse E er importeret "granit".

Derfor kan det forventes, at en sammenligning af indvinding og forbrug af betonsand giver et godt samlet overblik over relationen mellem indvinding af betonsand og produktion af beton i regionen.

I 2016 er indberettet indvinding af 987.872 m³ betonsand hvilket svarer til 3,7 mio. ton beton eller 38,5 % af produktionen på betonfabrikker i Danmark. Indberetningen indeholder dog både salg til betonfabrikker, samt til håndværkere og private. Ifølge MiMa 2016/2 udgør forbruget hos håndværkere og private ca. 13 %, svarende til 128.423 m³. Nettoindvinding af betonsand til betonfabrikker udgør således 859.449 m³ betonsand svarende til 3,2 mio. tons beton eller 33,5 % af produktionen i Danmark.

Dette tal er eksklusive kvartssand, som anvendes i betonproduktionen. Der leveres godt 111.000 m³ kvartssand til betonproducenter. Kvartssand anvendes bl.a. til produktion af hvid beton. Ifølge MiMa 2016/1 er 86 % af Danmarks indvinding af kvartsand i 2014 fra Region Midtjylland.



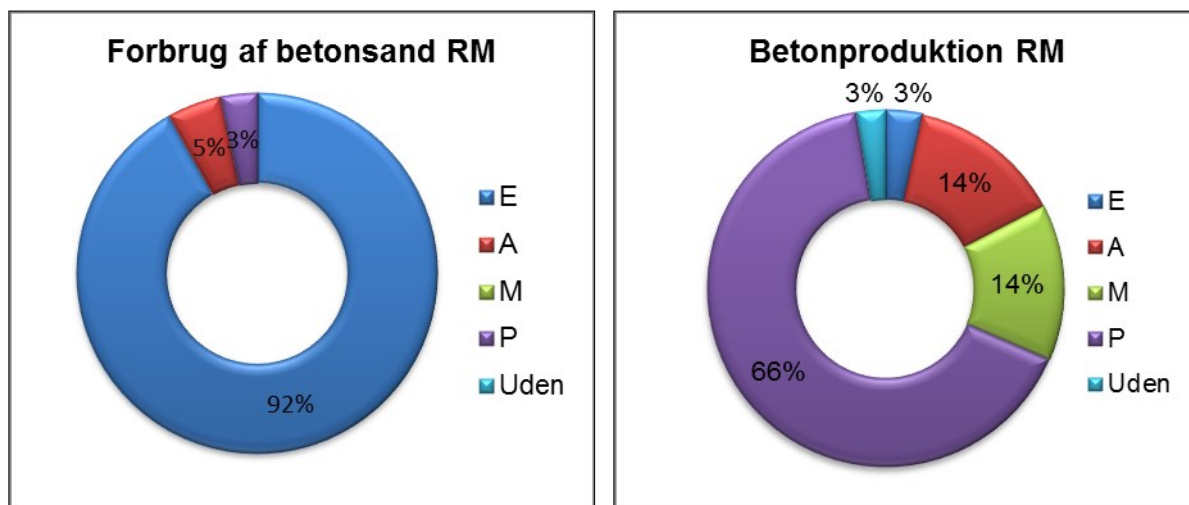
Figur 2.3.1 Sammenligning af indvinding og kendt forbrug af betonsand i Region Midtjylland 2016 efter miljøklasse. Kildedata: Indvinding efter indberetninger til Danmarks Statistik, forbrug efter betonproducenters indberetning til denne undersøgelse. Kwartssand er ikke medtaget i figuren.

Desuden er tallet eksklusiv import og eksport af betonsand til og fra Region Midtjylland. Der er kendskab til import af 78.614 m³ betonsand af klasse E fra Gunderup Grus- og Stenleje i Region Nordjylland samt eksport af betonsand til Centrumpæle A/S i Vejle og Højgaard Industri a/s Svellefabrikken i Fredericia, begge i Region Syddanmark. Ifølge Råstofplan 2016 p. 28 "Indvindingen på land af sand, grus og sten i Region Midtjylland udgjorde i gennemsnit 106 % af råstofforbruget fra 1997 til 2013, dvs. at regionen opererede med et overskud i perioden og dermed eksporterede til de andre regioner".

Det kan konkluderes, at over 30 % af Danmarks beton produceres i Region Midtjylland, og måske er tallet nærmere 33 % af Danmarks betonproduktion.

Forbruget af betonsand i denne undersøgelse udgør 71 % af indvindingen inklusive kvartssand og eksklusiv import/eksport af sand, hvilket stemmer overens med andelen af deltagere i undersøgelsen. Det er bemærkelsesværdigt, at indvindingen af E-sand er mindre end det indberettede forbrug af E-sand. Faktisk burde indvindingen af E-sand i forhold til forbrug vise omtrent samme forhold som den totale indvinding i forhold til det totale forbrug – dvs. at indvindingen af E-sand skulle være næsten 900.000 m³ i stedet for de indberettede 552.111 m³.

Differencen kan forklares ved at mindst 111.000 m³ kvartssand anvendes til beton kombineret med indberetning af 147.188 m³ betonsand uden klassifikation, idet der ikke er betonproducenter, som anvender betonsand uden klassifikation. Ud fra kortet i Figur 2.2.7 og prislister fra de råstofindvindere, som har indberettet uklassificeret sand, vurderes, at det alene skyldes sjusk med indberetningerne fra leverandørerne – dette sand er formodentlig det "manglende" E-sand. Igen skal det understreges, at import og eksport af betonsand ikke er medtaget i Figur 2.3.1.

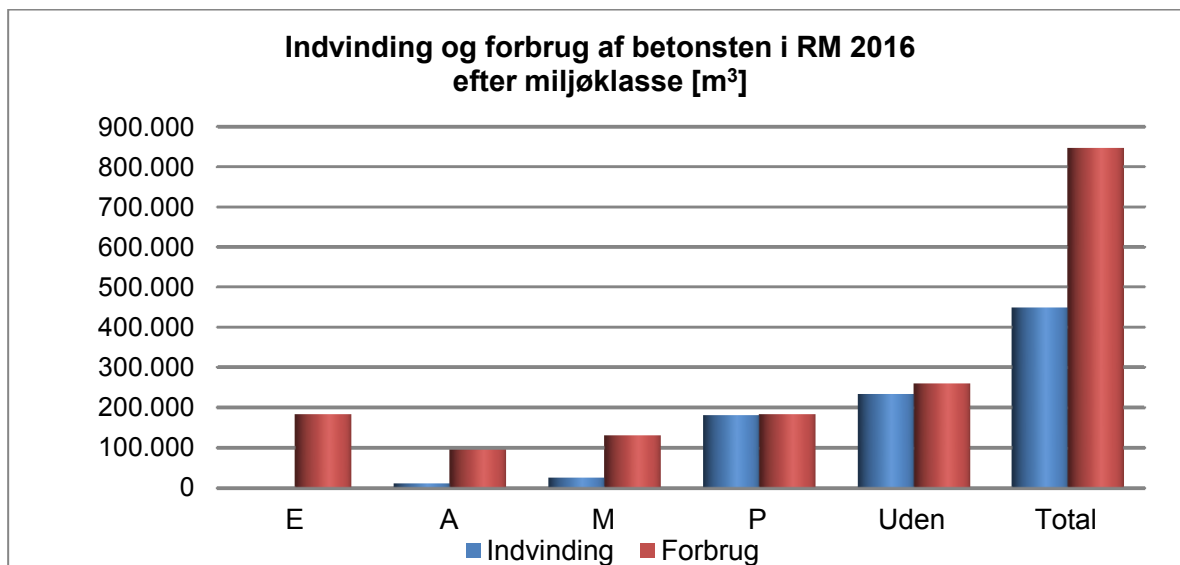


Figur 2.3.2 Forbrug af betonsand og betonproduktion i Region Midtjylland efter miljøklasse

Sammenligning af forbrug af betonsand og produktion af beton efter miljøklasse viser, at der næsten udelukkende anvendes E-sand i beton uanset hvilken miljøklasse, som produceres (Figur 2.3.4).

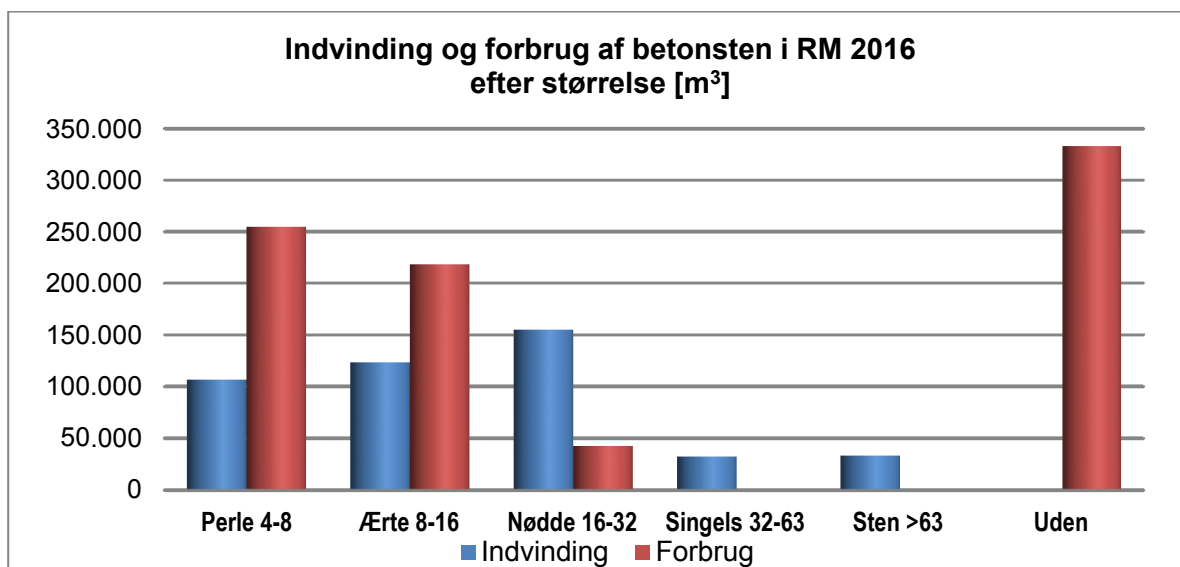
Der er et markant "overforbrug" af E-sand, hvilket skyldes store forekomster af E-sand i et nord-syd bånd i den centrale del af regionen.

Ifølge MiMa 2016/1 og indberetninger til Danmarks Statistik indvindes sand, grus og sten til anlægs- og vejmaterialer primært i de samme områder, som leverer sand til betonformål. Det må således forventes, at en stor del af dette sand kunne certificeres til betonformål.

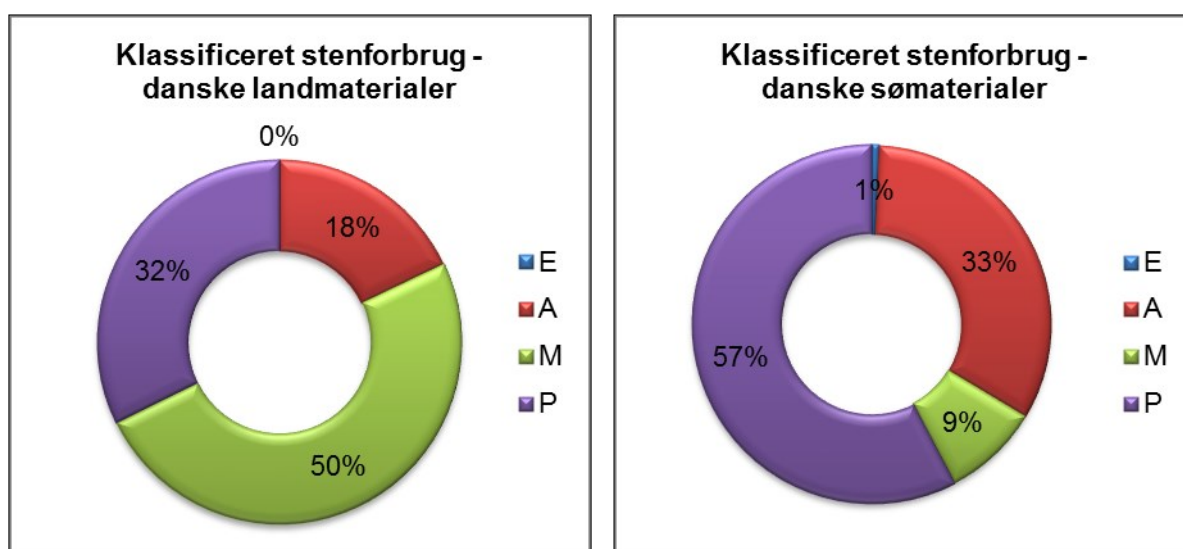


Figur 2.3.3 Sammenligning af indvinding og kendt forbrug af betonsten i Region Midtjylland 2016 efter miljøklasse. Kildedata: Indvinding efter indberetninger til Danmarks Statistik, forbrug efter betonproducenters indberetning til denne undersøgelse.

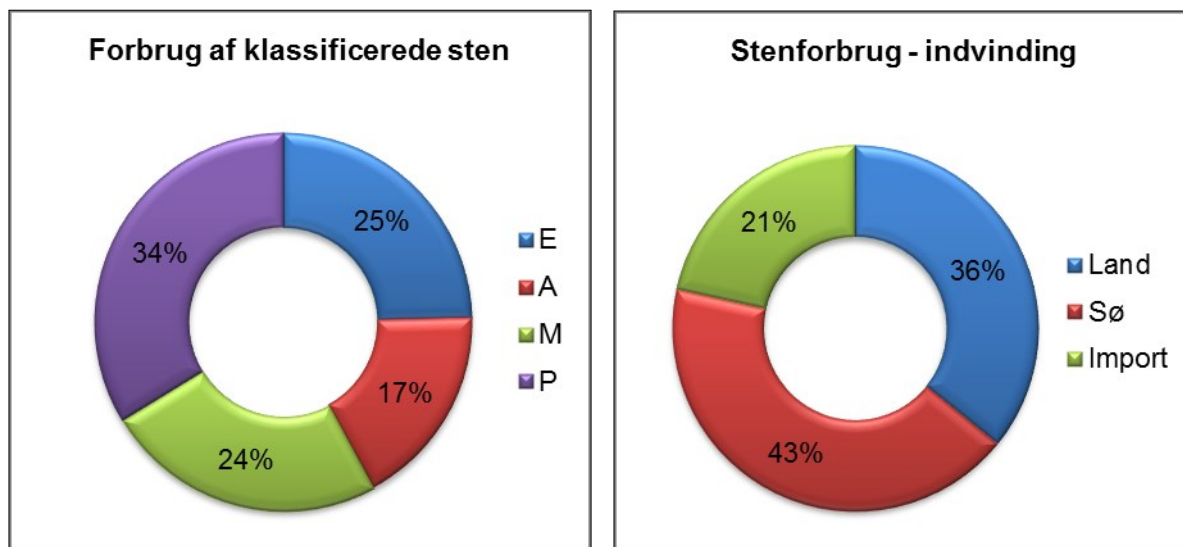
I 2016 er der indberettet indvinding i Region Midtjylland af 449.037 m³ sten til Danmarks Statistik, mens der alene i denne undersøgelse er oplyst et forbrug af 846.957 m³ sten. Dette illustrerer tydeligt en stor mangel på sten i forhold til indvinding i regionen (Figur 2.3.5). Af de forbrugte E-sten er 99 % importerede skærver. Sten uden klassifikation anvendes ikke i beton – søjlerne skyldes alene sjusk i indberetninger og manglende oplysninger fra betonproducenter. Ifølge interviews er en stor del af stenforbruget uden klassificering M-sten.



Figur 2.3.4 Sammenligning af indvinding og forbrug af betonsten i Region Midtjylland 2016 efter størrelse. Kildedata: Indvinding efter indberetninger til Danmarks Statistik, forbrug efter betonproducenteres indberetning til denne undersøgelse. Perle- og ærtesten er de mest anvendte. 1/3 af betonproducenterne ikke angivet størrelsen på de anvendte sten.



Figur 2.3.5 Klassificeret stenforbrug i Region Midtjylland fra danske land- og sømaterialer 2016. Fordelingen af sten efter miljøklasse er ret forskellig på land og sø.



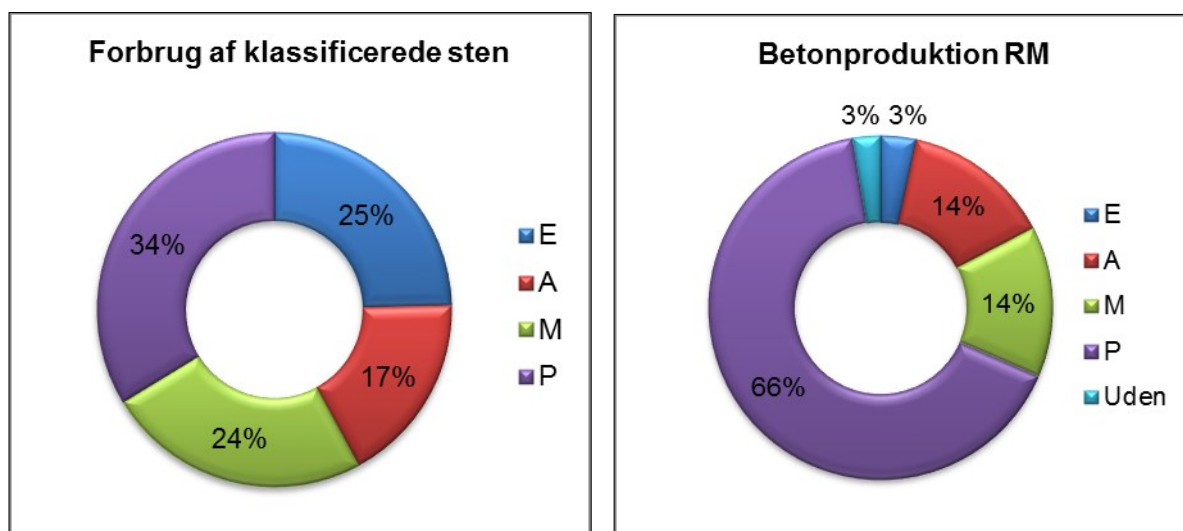
Figur 2.3.6 Samlet fordeling af stentilslag i betonproduktion i Region Midtjylland efter miljøklasse og indvindingssted 2016 baseret på oplysninger fra betonproducenter.

Stenforbruget hos betonproducenter viser, at godt 1/5 af stenene er importerede E-skærver og det øvrige stenforbrug har en overvægt af sømaterialer (Figurerne 2.3.6 og 2.3.7).

Det skal bemærkes, at en del sten indvundet på land er "importeret" til regionen fra Gunderup Grus- og Stenleje jf. afsnit 2.5.

På denne baggrund konkluderes, at højst 1/3 af forbruget af sten til beton dækkes af sten indvundet i Region Midtjylland, og det er primært sten af laveste klasse P (Figur 2.3.6).

Sammenlignes forbrug af klassificerede sten med klassificeret betonproduktion i Region Midtjylland ses, at klassificering af de anvendte sten er markant højere end klassificering af den producerede beton.



Figur 2.3.7 Forbrug af betonsten og betonproduktion i Region Midtjylland efter miljøklasse i 2016.

Det skyldes dels problemet med at klassificere de specifikke betonrecepter i miljøklasser. Men der er ikke tvivl om, at der ofte anvendes bedre råstoffer end strengt nødvendigt. I betonhåndbogen 2017 står der fx

"Det er klart, at enhver form for klassificering bliver "tirkantet", fordi de enkelte klasser har afgrænsninger, som hverken er skarpt definerbare eller kan afgøres entydigt i praksis. Til gengæld er klassificering et effektivt værktøj til at styre ret kvalitet til ret anvendelse i den dagligdags, praktiske brug af betonen. Er der tvivl om, hvilken af to klasser betonen reelt udsættes for, kan der blot kræves den højeste klasse, hvorved betonens kvalitet med sikkerhed er i orden."

Via interviews fremgår det, at producenterne ønsker at levere et godt produkt og undgå klager – så hellere gå en klasse op i kvalitet.

Anvendelsen af bedre tilslag til beton end nødvendigt kan skyldes flere andre forhold:

- At tilslag af høj klasse findes i rigelige mængder eller tættere på end tilslag af lavere klasse – det er tilfældet i Region Midtjylland, hvor der er store mængder E-sand i den centrale del af regionen, således at E-sand nærmest er standard i betonproduktionen.
- At der er mangel på tilslag af bestemte klasser – det er tilfældet med især M-sten i regionen, hvilket betyder, at en del af M-sten tilslag erstattes med A-sten, hvilket igen medfører, at en del A-sten erstattes med E-sten, jf. afsnit 2.4
- At anvendelse af flydebeton eller vibrering af beton kan føre til koncentration af de svage sten i overfladen af fx et garagegulv, således at man vælger M-sten i stedet for P-sten for at undgå huller og klager.
- At kosmetiske hensyn til produktet – fx kan rustpletter undgås ved at anvende M-sten i stedet for P-sten, således at indholdet af lerjernsten i tilslaget minimeres.
- At man ved en konkret støbning egentlig kunne bruge forskellige klasser af beton, men af logistiske hensyn vælger at anvende den højeste klasse til alle formål.
- At der er begrænset lagerplads til råstoffer, hvilket reducerer antallet af typer på lager.

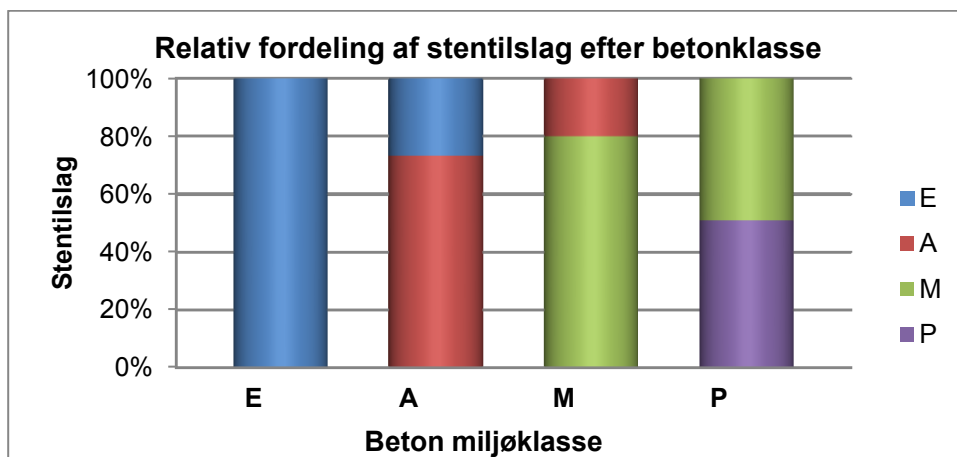
Ud over et større forbrug af bedre tilslag til beton end nødvendigt medfører disse forhold også et højere forbrug af cement og dermed et større CO₂ udslip. Fx er CO₂ udslippet fra produktion af E-beton mere end det dobbelte af udslippet ved produktion af P-beton, eftersom der anvendes mere cement.

2.4 Mangel på M-sten

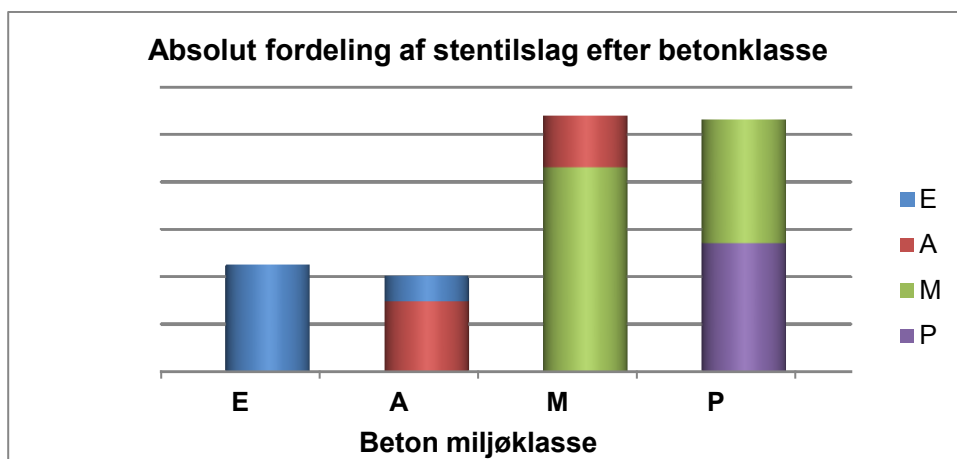
Interviews og analyser viser, at M-sten er meget efterspurgt og en klar mangelvare i sømaterialer. Den store efterspørgsel på M-sten skyldes bl.a., at der anvendes en stor del M-sten til P-beton, fordi producenterne vurderer, at P-stenene er for ringe og kan give anledning til reklamationer (Figurerne 2.4.1 og 2.4.2).

Eksempel: Til et hus med garage leveres beton til fundamenter. Husets fundament kræver P-beton, men vibrering af betonen i garagen vil bringe de lette, svagere sten til overfladen, hvor de angribes af vand, slud og sne fra køretøjer i garagen – derfor anvendes i stedet M-sten til betonfundamentet i garagen. For at undgå risiko for forveksling af betontyper og/eller kørsel med flere biler, vælger producenten at levere al beton med sten af miljøklasse M.

En stor producent af beton har givet kvantificerede oplysninger om anvendelse af certificerede sten i efter betonmiljøklasse, hvilket illustrerer denne problematik. Når der sammenlignes med indvinding af klassificerede stentilslag i Figur 2.3.3 er manglen på sten i klasse M indlysende.



Figur 2.4.1 Naturligvis er alle sten i E-beton af miljøklasse E, men der anvendes over 25% E-sten i A-beton, 20% A-sten i M-beton og 50% M-sten i P-beton.

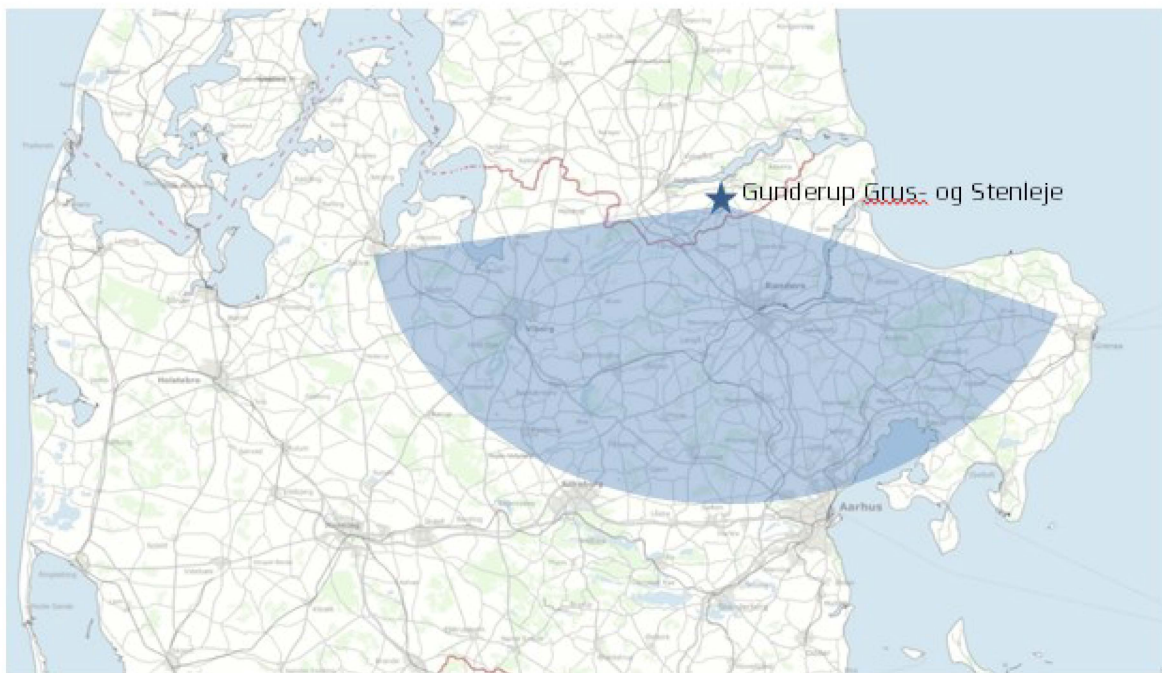


Figur 2.4.2 Her udgør M-sten over 46 % af det samlede stenforbrug. Ifølge interviews med betonproducenter er denne fordeling repræsentativ. Y-skala er udeladt med overlæg.

2.5 Gunderup Grus og Stenleje

Gunderup Grus- og Stenleje, som ligger lige syd for Mariager Fjord, ca. 1 km nord for Region Midtjylland, er en væsentlig råstofleverandør til producenterne i Region Midtjylland. Grontmij | Carl Bro A/S har for Region Nordjylland gennemført en kortlægning af råstoffer i et område mellem Gunderup og Mariager.

Prøvegravning viser, at der under et tyndt dække af overjord findes en stærkt gruset og stenet smeltevandssand. Sand- og grus forekomsterne ses i en tykkelse fra 12 til mere end 20 meter. Generelt ses at råstofforekomsten bliver grovere oppefter. Sand- og grus forekomsterne overlejres af 0 til ca. 5 meter overjord bestående af finsand til silt med indhold af ler. I de eksisterende grave er der et stenindhold på ca. 45 %.



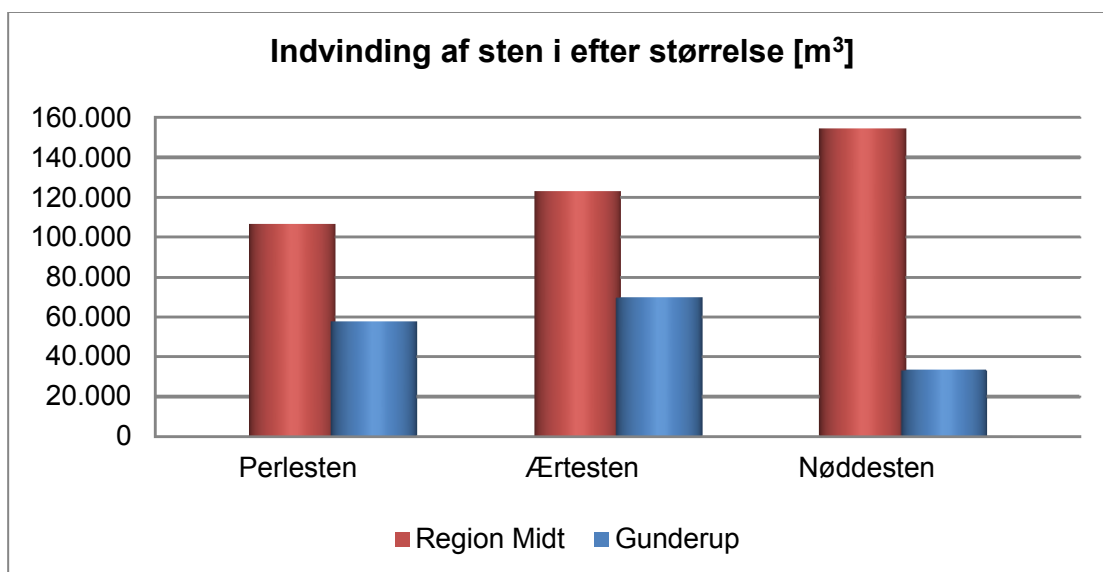
Figur 2.5.1 Gunderup Grus- og Stenleje leverer især sten til den NØ-lige del af Region Midtjylland og E-sand til enkelte producenter.

Det vurderes, at der findes ca. 71 mio. m³ råstoffer, heraf vurderes det at ca. 48,9 mio. m³ kan indvindes. Af de 48,9 mio. m³ er ca. 8,3 mio. m³ beliggende i et område med en højere overjordstykkelser, op imod 5 meter, som vil begrænse mulighederne for råstofindvinding.

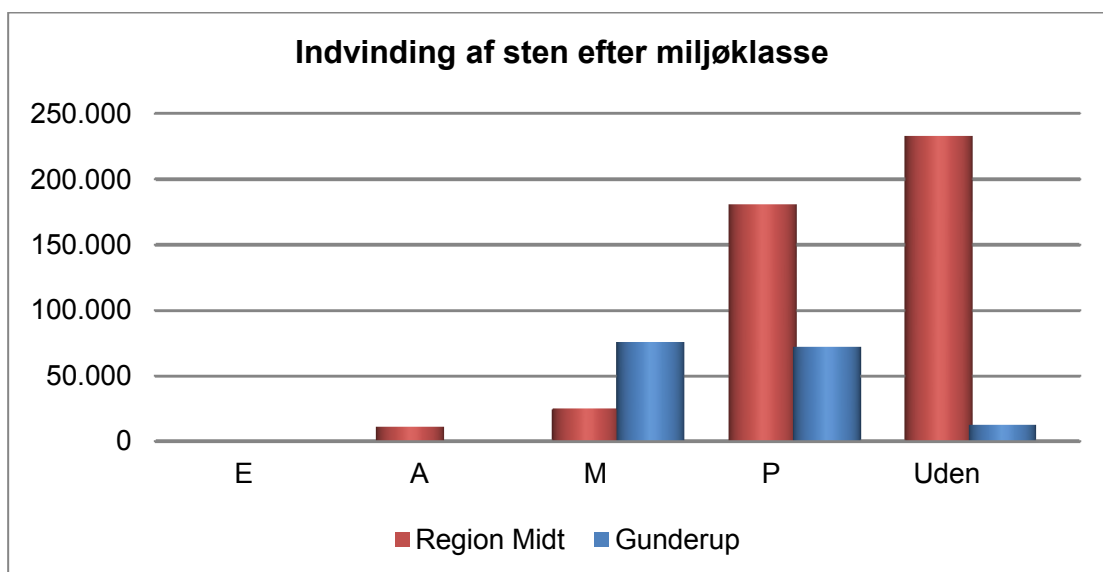
Det høje indhold af grove materialer over 4 mm samt bjergartsfordelingen viser, at råstofferne fra området er særdeles velegnet til grovere tilslag til beton. Der kan ved sortering og vask produceres klasse P sten og ved let densitetssortering (jigging) kan materialerne derudover oparbejdes til klasse M sten. Prøverne viser endvidere at de fine materialer – materialer under 4 mm – overholder kravene til klasse E sand.

Gunderup Grus- og Stenlejes reserver er således ca. 40 mio. m³ betontilslag svarende til ca. 18 års forbrug af betontilslag i Region Midtjylland.

Gunderups betydning som leverandør af sten til producenter i RM er betydelig, hvilket fremgår af diagrammerne i Figur 2.5.1 og 2.5.2, som omfatter sten i perlenødde størrelse (2-32 mm).



Figur 2.5.1 Indvinding af sten, opgjort efter størrelse for Region Midtjylland samt for Gunderup Grus- og Stenleje. Kildedata MiMa 2016/1 for Gunderup (2014) og indberetningsskemaer til Danmarks Statistik for Region Midtjylland 2016.



Figur 2.5.2 Næsten 50% af perle-ærte-nøddesten fra Gunderup er de eftertragtede M-sten. Kildedata: Gunderup: MiMa 2016/1 og Region Midtjylland: Indberetningsskemaer til DST 2016.

Indvindingen af små sten i Gunderup (ca. 160.700 m³) svarer til 42 % af indvindingen i hele Region Midtjylland (ca. 383.800 m³) – og specielt de små størrelser er efterspurgt af producenterne. Region Midtjylland følger efterspørgslen efter beton stor set befolkningstætheden, hvilket giver en stor efterspørgsel på tilslag i Århus og omegn. Århus har været begunstiget af gode forekomster af ral i Kattegat, men ifølge nogle betonproducenter er disse lejer ved at være tømt, hvilket begynder, at give mangel på ral ved Århus.

2.6 Sømaterialer

Sømaterialer indvindes under andre betegnelser end bakkematerialer på land.

Følgende klassifikationer er fra MiMA 2015/1

Sand 0 er en marin kvalitet, som normalt betragtes som uegnet som råstof, da sandet enten er for finkornet eller iblandet for meget silt, ler eller dynd.

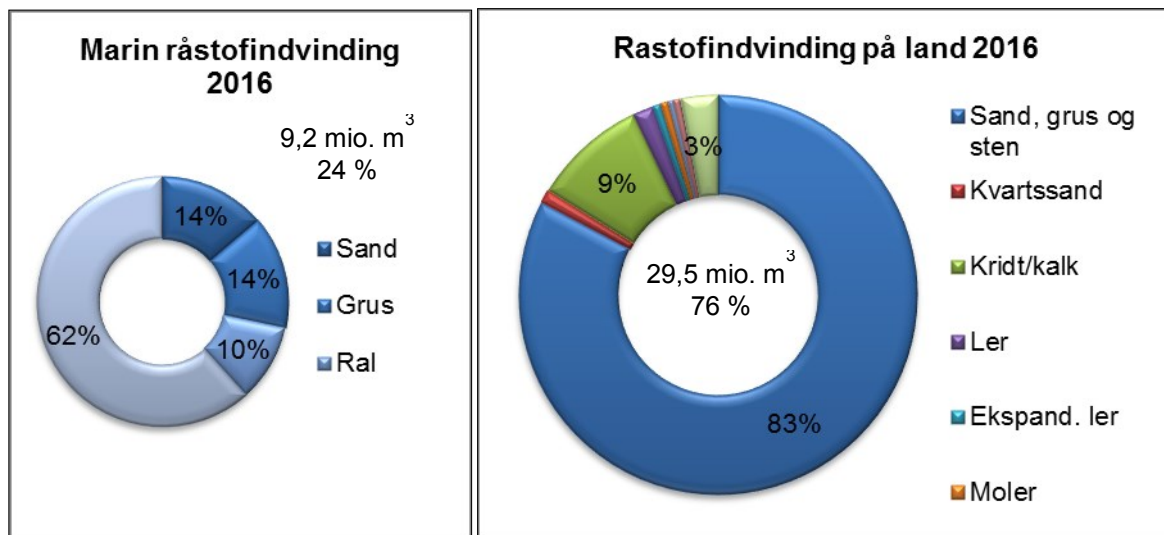
Sand 1 (0–4 mm) er kvalitetssand, som kan benyttes til beton eller andre høj kvalitetsprodukter. Detaljerede undersøgelser af ressourceområderne kan evt. efterfølgende vise, at sandet i en forekomst stedvist er for finkornet eller for enskornet.

Grus 2 (0–20 mm) er typisk sandede aflejringer med mindst 10 % grusindhold (> 2 mm). Sammensætningen af gruset er kun kendt i enkelte tilfælde, men glaciale grusaflejringer er generelt af dårligere kvalitet end kystaflejringer. For de landbaserede ressourcer henregnes tillige ressourcer, der er påvist egnet til stabilgrus som kvalitet Grus 2.

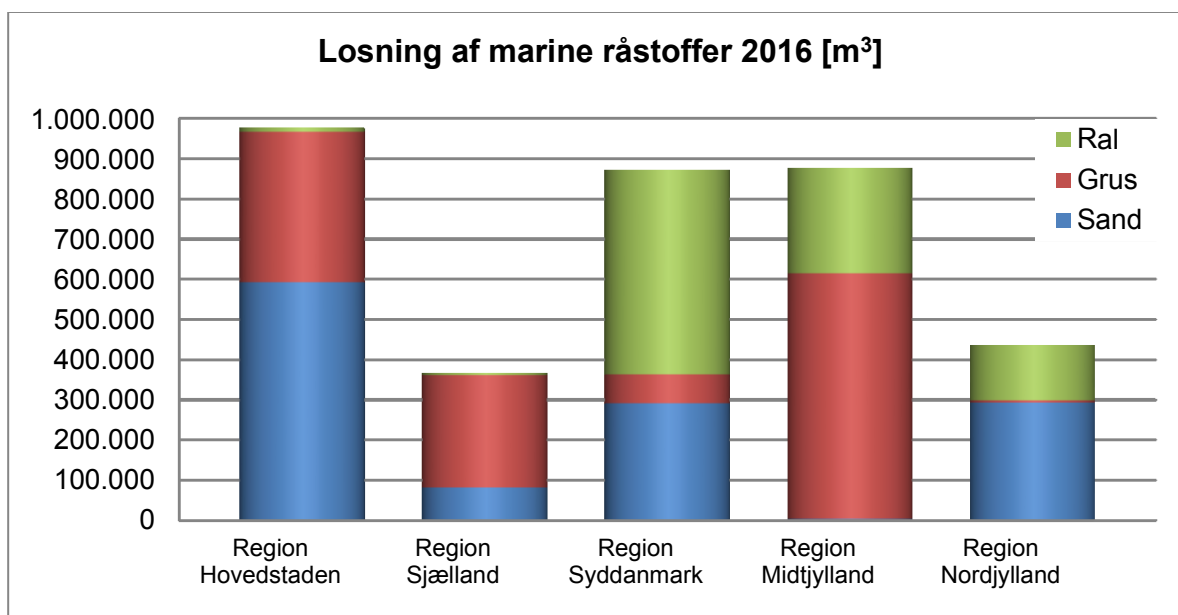
Ral 3 (6–300 mm) ressourcer skal indeholde minimum 15 % ral (6–300 mm). For de landbaserede ressourcer er Ral 3 defineret som aflejringer med mere end 15 % korn med en kornstørrelse større end 20 mm (dvs. stenfraktionen). Fossile strandvolde er de mest almindelige til ralindvinding, men også proksimale smeltevandsaflejringer anvendes. Marine ralforekomster er ofte af bedre kvalitet end tilsvarende landforekomster, da porøs flint og svage klaster er borteroderet eller frasorteret.

Fyldsand 4 er et lavkvalitetsprodukt, hvor der dog kan være krav til kornstørrelsesfordelingen; oftest sand med mindre end 10 % grus og mindre end 22 % finstof (filler). Hvis en Sand 1 forekomst ikke er egnet til betonformål, kan den klassificeres som Fyldsand 4. Denne opdeling betyder, at klassen både omfatter sandforekomster egnet til bundsikring, og sandforekomster der antagelig blot er egnet til fyldsand.

I denne rapport medtages kun marine råstoffer, som kan anvendes til betonfremstilling – dvs. Sand 1, Grus 2 og Ral 3. Generelt er der kun en minimal marin indvinding af sand til betonfremstilling. I det følgende omtales disse råstoffer som sand, grus og ral (Figur 2.6.1).



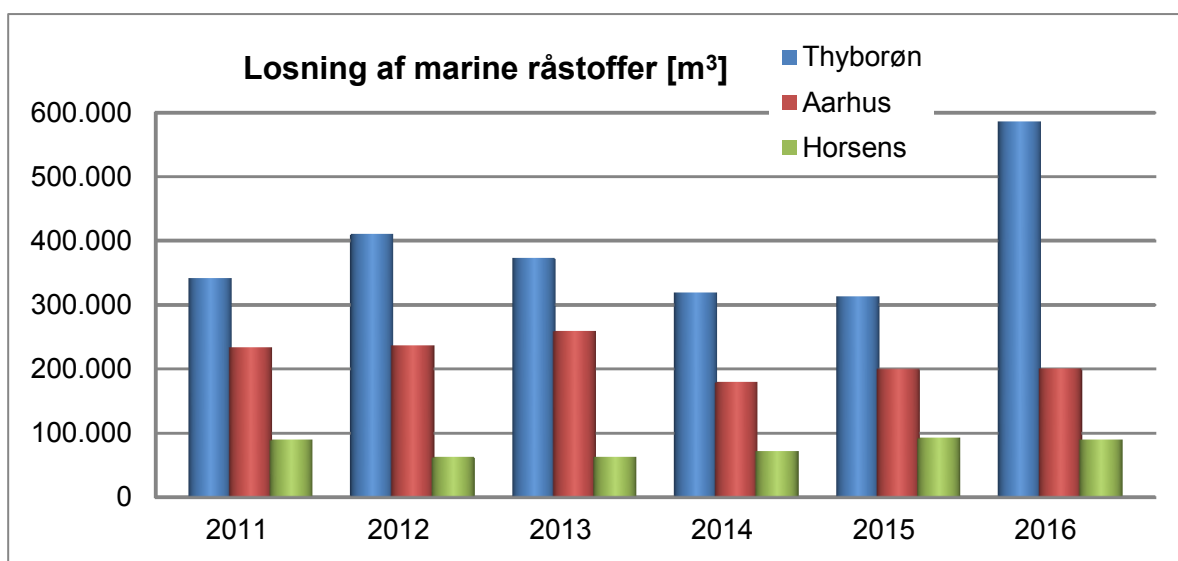
Figur 2.6.1 Råstofindvinding i Danmark 2016. Kildedata: Danmarks Statistik RST04.



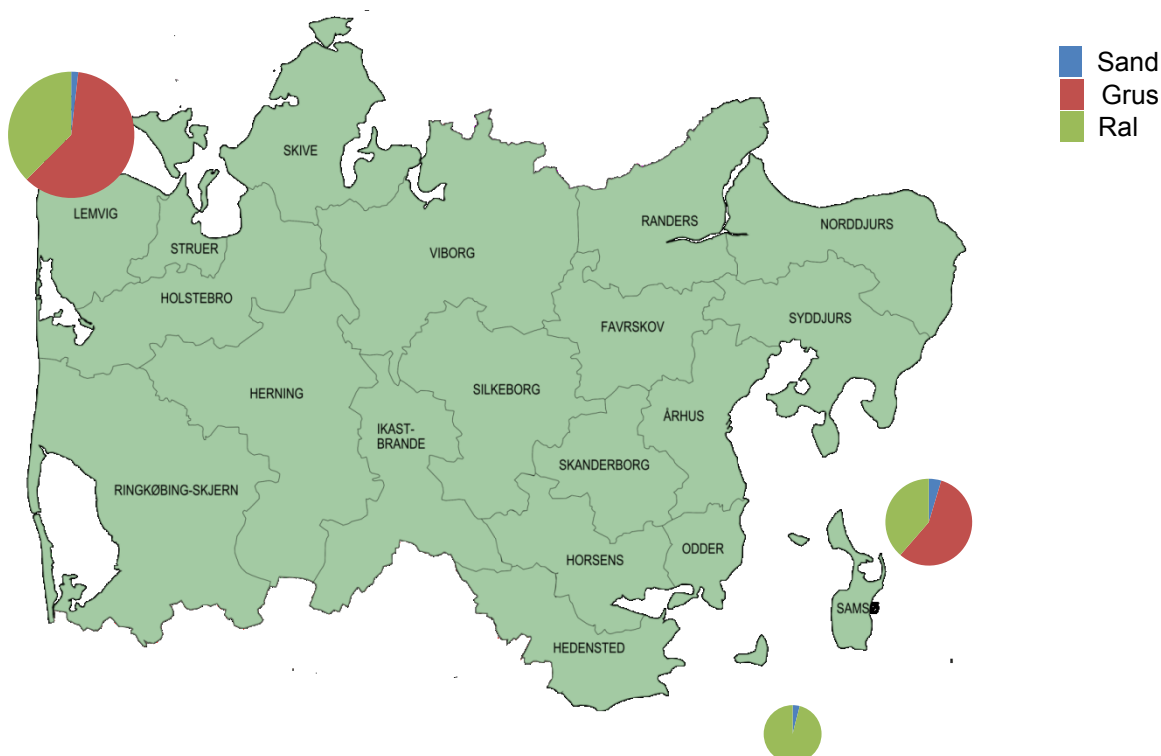
Figur 2.6.2 Regional fordeling af marin råstofindvinding eksklusive fyldsand i Danmark 2016. Kildedata: Danmarks Statistik RST04. Det er primært sand og ral, som kan anvendes til beton.

Region Midtjylland modtog 877.000 m³ sømaterialer i 2016 svarende til 25 % af losning i Danmark. Sømaterialer losset i Region Midtjylland omfatter næsten intet sand, i modsætning til de 4 andre regioner, hvilket afspejler, at der er tilstrækkeligt sand af høj kvalitet fra grusgravning (Figur 2.6.2).

I Region Midtjylland losses marine råstoffer primært i Thyborøn, Aarhus og Horsens i den nævnte rækkefølge efter mængde. Losningen af marine råstoffer viser en let faldende tendens i Aarhus, mens Thyborøn viser en markant stigning i 2016. Losningen i Horsens er stabil (Figurerne 2.6.3 og 2.6.4).



Figur 2.6.3 Losning af marine råstoffer eksklusive fyldsand i Region Midtjylland. Kildedata: Danmarks Statistik RST04.



Figur 2.6.4 Losning af sømaterialer i Thyborøn, Aarhus og Horsens havne, samt transport af råstoffer til betonproduktion. Cirklerne's areal angiver gennemsnitlig mængde for årene 2014-2016. Kilde-data for losning: Danmarks Statistik RST04. Thyborøn havn leverer betontilslag til hele Region Midtjylland, mens Aarhus havn leverer til den østlige 1/3 af regionen. Ingen betonproducenter har angivet Horsens Havn, som leverandør.

2.7 Transport af tilslagsmaterialer

Denne undersøgelse omfatter kun vejtransport af tilslag til betonproduktion – skibstransport af sømaterialer og importerede skærver er ikke medtaget. Flere producenter har dog omtalt nogle problemer ved søtransport fx:

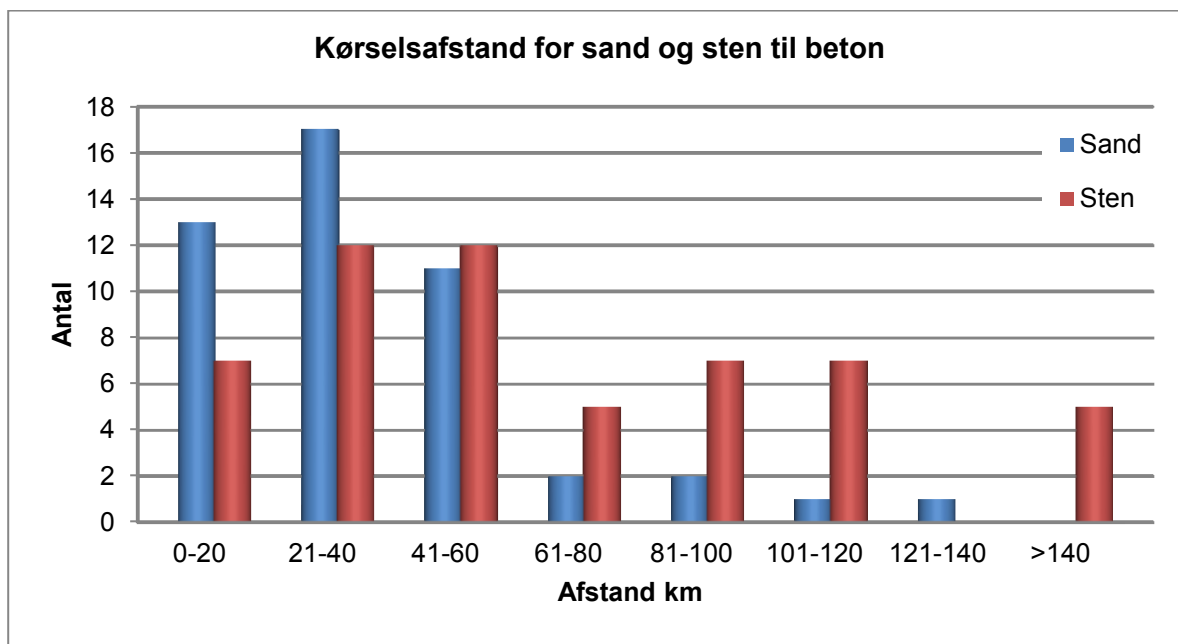
- Havneafgiften betyder, at alle råstoffer fra et skib losses i én havn, da det er for dyrt at losse i flere havne – det medfører længere transporter med lastbil.
- Der er ved at være mangel på råstoffer ved Århus – dvs. Århus Bugt og Kattegat.

Vejtransport af tilslagsmaterialer og færdige betonprodukter er belastende for økonomi, miljø og veje. En undersøgelse fra USA viser, at slid på en vej stiger eksponentielt med akseltrykket, hvilket betyder, at én lastbil med 20 t råstof slider ligeså meget som 25.000 personbiler – og sliddet fra en fuld betonkanon svarer til mellem 33.000 og 40.000 personbiler, jf. Appendiks A5. Disse tal er gældende for asfaltveje, mens sliddet på betonveje er mindre afhængigt af akseltryk. Det betyder i praksis, at al vejslid i Danmark skyldes lastbiler og busser – det samlede slid fra personbiler er <0,05 %.

De større betonproducenter har som regel flere afdelinger med en forholdsvis jævn geografisk fordeling, men der kan naturligvis være store variationer i produktionen af beton i mellem afdelin

gerne afhængigt af efterspørgsel. Generelt produceres der mest beton i forbindelse med større byer. I Region Midtjylland er der specielt stor efterspørgsel på betontilslag tættere på Århus.

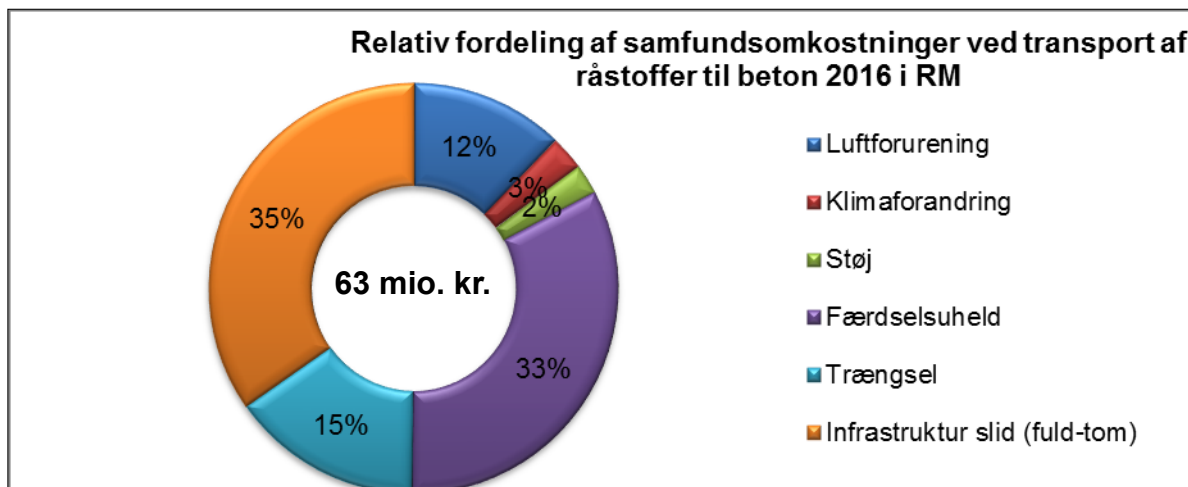
Kørselsafstande med råstoffer til beton afspejler klart manglen på gode stentilslag på land, hvilket er et generelt problem i Danmark. Modsat er kørslen med sand til beton mere begrænset, hvilket afspejler, at Region Midtjylland har gode forekomster af sand af høj kvalitet med en god geografisk fordeling (Figurerne 2.7.1 og 2.7.2). Detaljerede oplysninger om betonproduktionen kan anvendes at reducere transportafstande for betontilslag i Region Midtjylland.



Figur 2.7.1 Kørselsafstande for henholdsvis sand og sten til beton. Kilde: Denne undersøgelse. En betonfabrik har typisk 2-4 leverandører af råstoffer. Kørslen foregår hovedsagligt indentor Region Midtjylland. Den gennemsnitlige køreafstand for sand er 38 km og 66 km for sten. Se bagsiden.

Samfundsomkostninger ved transport af råstoffer til beton 2016 i RM	Tur-retur mio. km	Kr. pr. km	Omkostning mio. kr.
Luftforurening	17,0	0,45	8
Klimaforandring	17,0	0,10	2
Støj	17,0	0,09	2
Færdselsuheld	17,0	1,22	21
Trængsel	17,0	0,56	10
Infrastruktur slid (fuld-tom)	17,0	1,29	22
Eksterne omk. i alt	17,0	3,71	63

Tabel 2.7.1 Samfundsomkostninger ved transport af råstoffer til beton i Region Midtjylland. Data fra Statistikafdelingen Region Midtjylland og Danmarks Statistik, samt denne undersøgelse



Figur 2.7.2 Relativ fordeling af samfundsomkostninger ved transport af råstoffer til beton i internt i Region Midtjylland.

De samlede samfundsomkostninger er således 63 mio. kr. pr. år, eksklusiv omkostninger ved transport udenfor Region Midtjylland (Figur 2.7.3).

Hvis transport ind og ud af regionen regnes med, bliver kørslen 20 mio. km pr. år, hvilket svarer til en samfundsudgift på 74 mio. kr. Dette tal inkluderer ikke den fordyrelse af råstofferne, som transporten medfører. Ifølge Danske Regioners Videntcenter for Miljø og Ressourcer og Copenhagen Economics 2017 er tommelfingerreglen 1 kr. pr. ton pr. km inklusiv returkørsel.

Dette betyder, at råstofferne til beton fordyres med 200 mio. kr., således at den samlede udgift til råstoftransport i forbindelse med betonproduktion bliver ca. 265 mio. kr. internt i Region Midtjylland. Eftersom der anvendes ca. 0,95 t sand og 1.2 tons sten til en standard betonrecept, jf. appendiks A1, sammenholdt med gennemsnitlig transport for sand på 38 km og for sten på 66 km, bliver den samlede transportbelastning for sand 1/3 og for sten 2/3. I beregningerne ovenfor regnes hver transport på 20 tons råstof, med tom returkørsel.

2.8 Råstofressourcer og -reserver

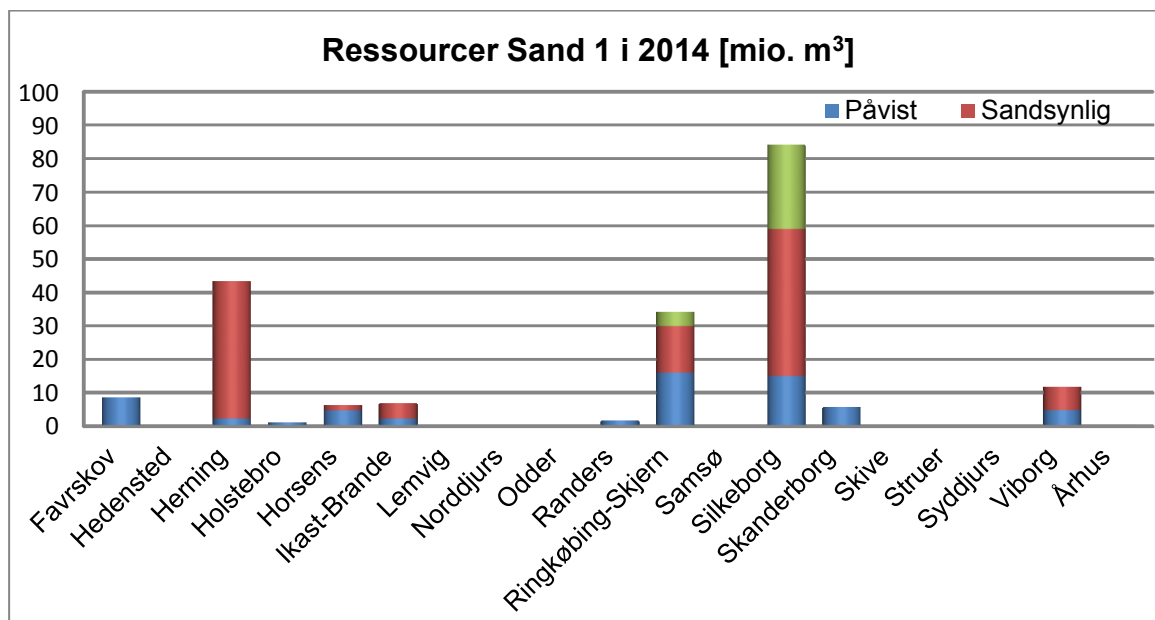
Det er vigtigt at skelne mellem ressourcer og reserver. En ressource er den mængde af et råstof, som forefindes på en given lokalitet. Mængde og kvalitet af råstoffet er rimeligt kendt på et overordnet plan, men der er ikke taget hensyn til restriktioner i forhold til lovgivning, arealanvendelse og planlægning. Der er heller ikke taget stilling til mulighederne for indvinding og ressourcens kvalitet ikke kendt i detaljer. En reserve af et råstof kan indvindes økonomisk rentabelt, og kvaliteten er kendt gennem prøvetagning og analyse. Fx er ressourcen af sand, grus og sten ved Gunderup 71 mio. m³, mens reserven er 40 mio. m³, jf. Grontmij | Carl Bro A/S & Region Nordjylland 2011: Råstofkortlægning, interesseområde Gunderup.

Det økonomiske aspekt i reserve-begrebet betyder dog, at mængden af reserver har en vis fleksibilitet. Fx vurderes det, at der kan indvindes ca. 48,9 mio. m³ råstoffer ved Gunderup, men ca. 8,3 mio. m³ er beliggende i et område med en overjordstykkelser på 5 m eller mere, hvilket gør indvindingen urentabel, således er reserven kun ca. 40 mio. m³. Imidlertid kan stigende råstofpriser betyde, at det bliver rentabelt at indvinde de 8,3 mio. m³, dvs. at reserverne stiger. Omvendt kan et fald i råstofpriserne betyde at reserverne falder. Ligeledes kan ny lovgivning påvirke hvorvidt ressourcerne kan betragtes som reserver.

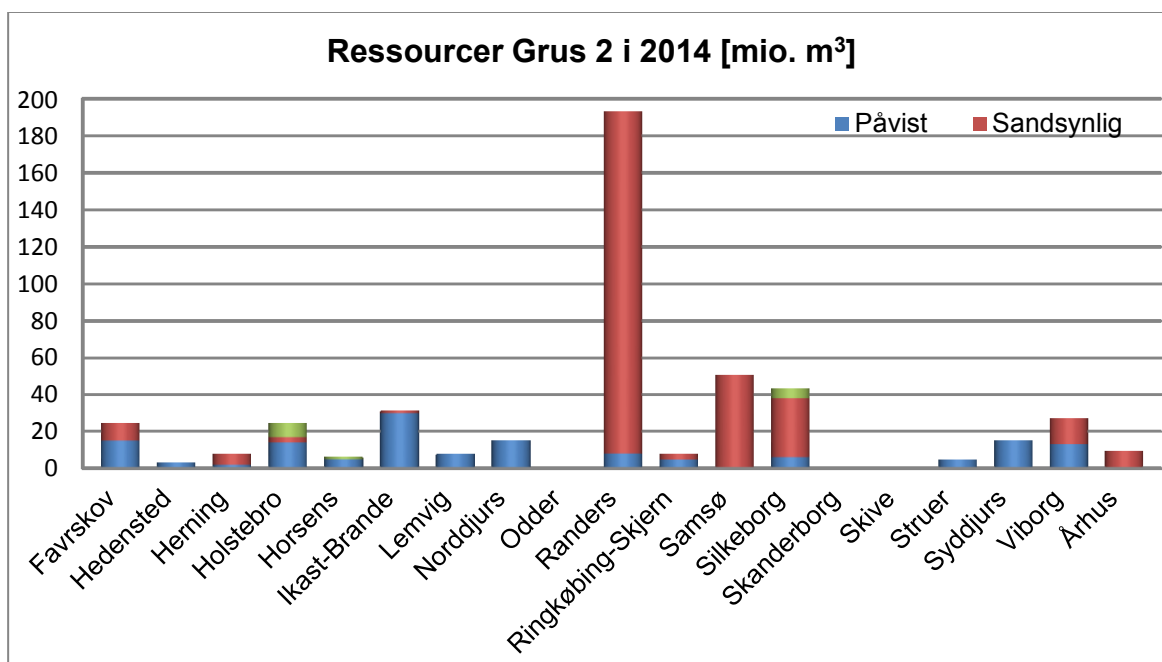
Kun en mindre del af virksomhederne har egne råstofgrave – de fleste tegner kortvarige kontrakter af 1-2 års varighed, hvor 1 år er det mest hyppige. I tilfælde af råstofmangel ville man forvente "hamstring" af råstoffer gennem opkøb af råstofgrave eller tegning af langtidskontrakter. Der er således ikke tegn på akut råstofmangel i regionen. Alligevel udtrykker flere producenter en vis bekymring for den fremtidige forsyning med råstoffer. Svar på spørgsmål om råstofmangel eller andre råstofproblemer fra nogle større producenter:

- Afstanden til råstoffer stiger, og der er mangel på sten, hvilket medfører større import af granit.
- Generel mangel på især M-sten
- Generel mangel på små sten
- Gerne flere råstoffer tæt på Århus
- Der er tendens til at arkitekter-rådgivere-konsulenter ønsker beton af højere klasse end nødvendigt – værst i Kbh. Det sætter råstofferne under pres.
- Ønske om større konkurrence blandt leverandører
- Der mangler sømaterialer ved Århus - dvs. i Århus Bugt og Kattegat
- Når en ny råstofproducent starter er materialerne oftest ikke klassificeret til beton endnu – dvs. vejmaterialer. Nogle af de nye råstofproducenter ønsker ikke at have besvær med papirarbejdet og/eller investere for at certificere produkterne til beton.

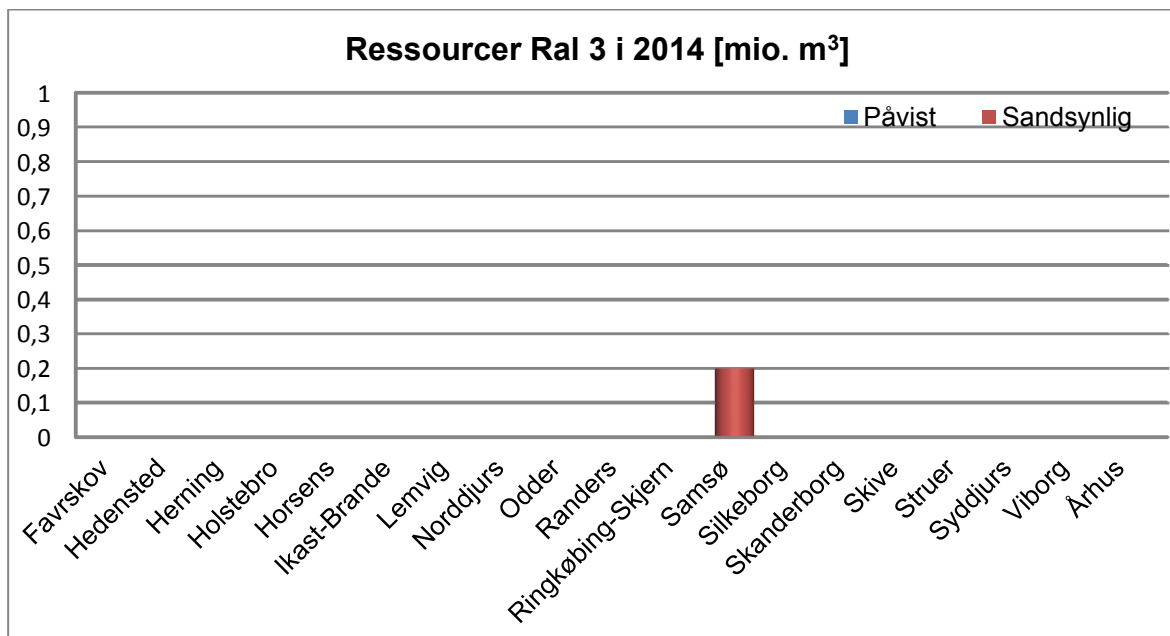
MiMa 2015/1 giver en landsdækkende oversigt over råstofressourcer på kommunalt niveau på land og i 45 marine områder. Af denne oversigt fremgår det, at Region Midtjylland har påviste ressourcer på 62 mio. m³ kvalitetssand og yderligere sandsynlige ressourcer på 112 mio. m³ (Figurerne 2.8.1, 2.8.2 samt 2.8.3).



Figur 2.8.1 Ressourcer af Sand 1 i kommunerne i Region Midtjylland. Sand 1 har en kornstørrelse på 0–4 mm og er kvalitetssand, som kan benyttes til betonfremstilling eller andre højkvalitetsprodukter. Detaljerede undersøgelser af resourceområderne kan evt. efterfølgende vise, at sandet i en forekomst stedvist er for finkornet eller for enskornet. Kildedata: MiMa 2015/1.



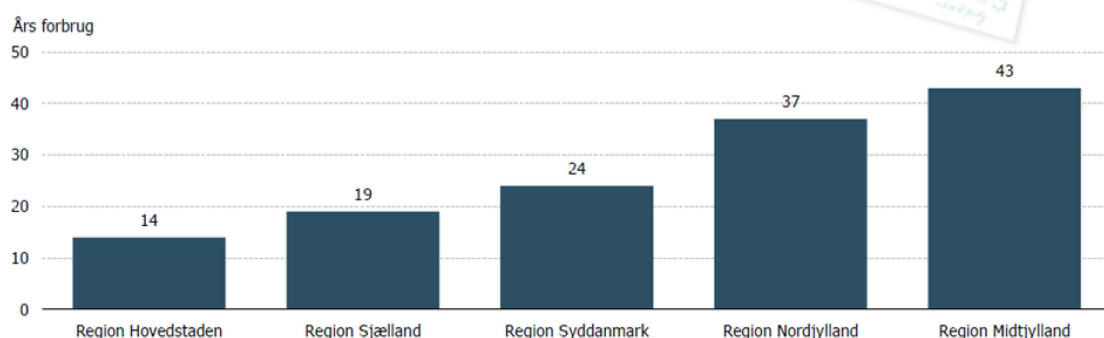
Figur 2.8.2 Ressourcer af Grus 2 i kommunerne i Region Midtjylland. Grus 2 er typisk sandede aflejringer med mindst 10 % grusindhold (> 2 mm). Sammen-sætningen af gruset er kun kendt i enkelte tilfælde. Grus 2 er bl.a. egnet til stabilgrus. Kildedata: MiMa 2015/1.



Figur 2.8.3 Ressourcer af Ral 3 i kommunerne i Region Midtjylland. Ral 3 skal indeholde minimum 15 % ral (6–300 mm). Ral 3 er på land defineret som aflejringer med mere end 15 % korn med en kornstørrelse større end 20 mm. Bemærk skalaen til venstre. Kildedata: MiMa 2015/1.

Sand 1 og Ral 3 er således de ressourcer, som er mest interessante i forbindelse med beton. Allerede nu er der begyndende problemer med at skaffe sten til betonproduktionen i regionen, og rapporten fra MiMa angiver ingen løsninger på dette problem, idet der ikke er registreret ressourcer i regionen. Den mest markante ressource på land i Danmark er Gunderup Grus- og Stenleje ved Mariager Fjord. Gunderups reserver er ca. 40 mio. m³ betontilslag svarende til ca. 18 års forbrug af betontilslag i Region Midtjylland, men disse reserver er naturligvis ikke øremærket til dette formål.

Der er materiale tilbage til mellem 14-43 år i de enkelte regioner



Kilde: Danske Regioner, Videncenter for Jordforurening (2013) Grønbog om muligheder og begrænsninger for øget anvendelse af somaterialer som supplement til landbaseret råstofindvinding, s. 20

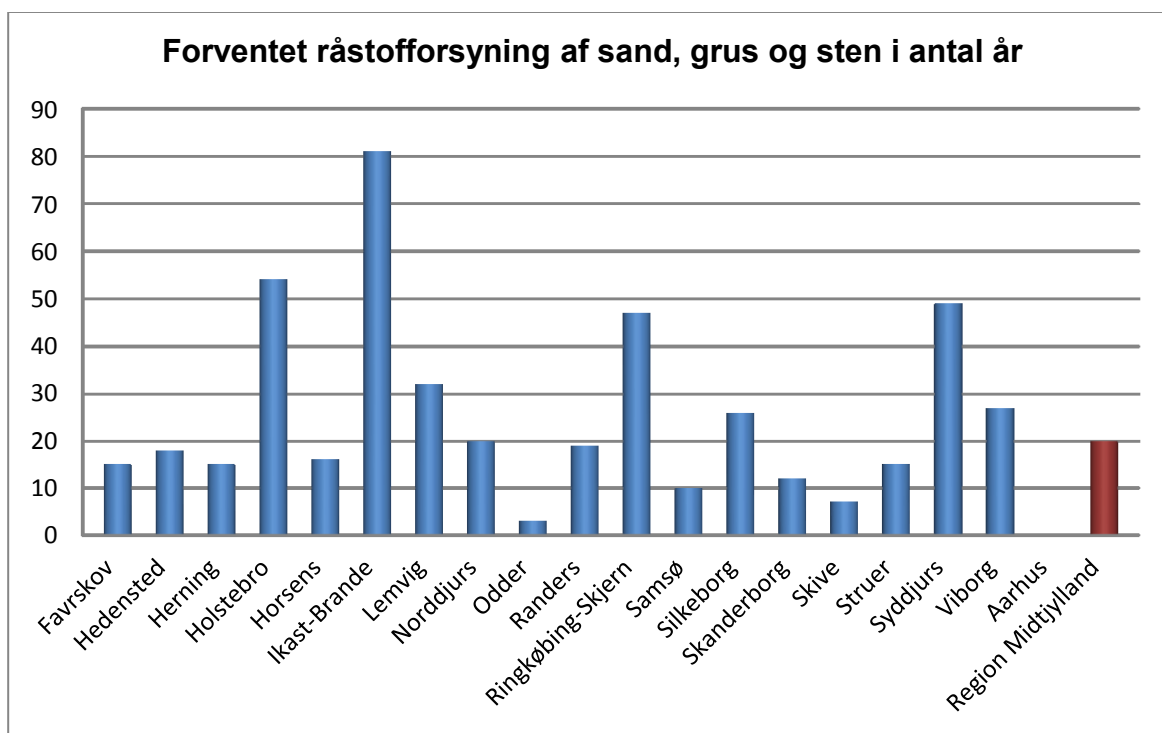
Figur 2.8.4 Råstofressourcer i de 5 regioner ifølge Danske Regioners Videncenter for Miljø og Ressourcer og Copenhagen Economics 2017.

Ofte er oplysninger om råstofressourcer til politikere og borgere af meget generel karakter, hvilket kan være mere vildledende end vejledende.

Illustrationen i Figur 2.8.4 kan give indtryk af, at der ikke er akutte udfordringer i Region Midtjylland eftersom der pt. er råstoffer til de næste 43 år – og selv Region Hovedstaden har råstoffer til 14 år.

Det giver ikke mening, at præsentere råstoffer eller ressourcer på denne generaliserede måde.

Figur 2.8.4 stemmer dårligt overens med følgende illustration, som dog kun viser ressourcer for sand, grus og sten. Regionen har ifølge Figur 2.8.5 ressourcer af sand, grus og sten til 20 års forbrug, men det kan diskuteres hvorvidt det er tilstrækkeligt, når der er mangel på stentilslag til beton.



Figur 2.8.5 Ressourcer af sand, grus og sten efter årsforbrug i Region Midtjylland. Kildedata tabel 9 i Råstofplan 2016.

Det giver måske heller ikke mening at kombinere forbrug og ressourcer for de enkelte kommuner, men figuren giver dog et indtryk af mangel på eller overskud af sand, grus og sten.

Et bedre kendskab til kvaliteten af sand, grus og sten ressourcer både regionalt og på landsplan ville være nødvendigt for at sikre en bedre råstofplanlægning, men det ville naturligvis også kræve en omfattende prøvetagning med efterfølgende analyser. På indeværende tidspunkt er der et solidt indberetningsgrundlag for råstoffer til beton – dog kan det forbedres ved ikke at acceptere indberetninger uden klassificering. Imidlertid er kendskabet til kvaliteten af sand, grus og sten til vej og anlæg ikke kendt – måske anvendes råstoffer af høj kvalitet til disse formål.

Allerede nu er der betydelig "import" og "eksport" af betonråstoffer i forhold til Region Midtjylland, derfor kan det være en fordel med en national strategi, som kan sikre sammenhæng mellem kvaliteten af råstofferne og anvendelsen.

3. Opsummering og anbefalinger

Der er indberetning fra 72 % af de adspurgte betonproducenter i Region Midtjylland om forbrug af betontilslag svarende til 2,6 mio. tons beton eller 27 % af Danmarks betonproduktion. Enkelte producenter har ikke oplyst produktion af beton, men alene forbrug af råstoffer. Der er indberetning om produktion af beton fra 2/3 af producenterne svarende til 2,17 mio. tons beton eller 22½ % af Danmarks betonproduktion.

Undersøgelsens datagrundlag er således repræsentativt og kan med fordel anvendes til både den overordnede og detaljerede råstofplanlægning i regionen med henblik på at optimere mængde, tilgængelighed og kvalitet af sand- og stentilslag til betonproducenter i Region Midtjylland.

Region Midtjylland producerer mindst 30 % af Danmarks beton.

Eksempler på virksomheder i regionen, som eksporterer beton til andre regioner er A/S Boligbeton, Dan Element A/S, Fårup Betonindustri A/S og IBF, jf. virksomhedernes hjemmesider.

I 2016 blev der indvundet 1,0 mio. m³ betonsand og 0,4 mio. m³ betonsten i regionen, samt ca. 0,11 mio. m³ kvartssand til beton.

Region Midtjylland er selvforsynende med betonsand og mindst 2/3 er af højeste kvalitet E, som især indvindes i et nord-syd bånd i den centrale del af regionen. Alligevel "importeres" betonsand fra Gunderup Grus- og Stenleje til betonproducenter i den østlige del af regionen i forbindelse med "import" af stentilslag. Der "eksporteres" betonsand fra den sydøstlige del af regionen til betonproducenter i Region Syd.

Region Midtjylland indvinder højst 1/3 af de nødvendige stentilslag til betonproduktionen, og disse sten er overvejende af laveste miljøklasse P. Cirka 1/4 af de anvendte sten er importerede skærver af højeste miljøklasse E. Det resterende stentilslag dækkes af sømaterialer fra Thyborøn, Århus og Horsens havne, samt af sten fra Gunderup Grus- og Stenleje ved Mariager.

Betonproducenterne efterspørger især små sten (4-16 mm) af miljøklasse M. De efterlyser også flere råstoffer ved Århus – både land- og sømaterialer.

Transport af 3,7 mio. tons råstoffer til beton resulterer i ca. 185.000 kørsler med lastbiler svarende til 20 mio. km pr. år i regionen. Transporten fordyrer råstofferne med ca. 200 mio. kr. og koster samfundet yderligere 75 mio. kr. i slid på veje, færdselsuheld, kødannelser, luftforurening og klimaforandring. Transport af råstoffer medfører ofte gener for befolkningen og er årsag til klager.

Transport af sand udgør 1/3 af transportbelastningen mens transport af sten udgør 2/3.

3.1 Anbefalinger

Der er mangel på sten – især af klasse M – derfor kan man med fordel styrke eftersøgningen på dette område. Sten udgør samtidig 2/3 af transportbelastningen, som derfor kan nedbringes.

Kravet til indberetninger kan skærpes, således at der ikke forekommer uklassificerede betontilslag, hvilket vil øge kendskabet til kvalitet af de indvundne tilslag.

Planlægningen kan forbedres gennem et bedre kendskab til kvaliteten af sand, grus og sten, som anvendes til veje, bygge- og anlægsformål. Dette vil formodentlig kræve et stort undersøgelses- og analyseprogram.

Planlægningen kan med fordel koordineres med indvinding af sømaterialer. Det vil være en fordel med en fælles terminologi, idet sømaterialer til beton forventeligt klassificeres efter samme regler som råstoffer på land, men indberettes efter et meget grovere system uden klassificering og med grove kornstørrelsesintervaller, jf. afsnit 2.6.

Transport af råstoffer kan søges minimeret gennem detaljeret kendskab til forbrug af råstoffer hos de enkelte producenter, således at der søges udlagt egnede råstofområder i nærheden af betonproducenterne. Dette vil reducere råstofprisen og øge producenternes konkurrenceevne. Samtidig vil samfundets udgifter i forbindelse med transport nedbringes.

På sigt kan projektet søges kompletteret ved fornyet kontakt til de betonproducenter, som ikke ønskede at deltage i denne undersøgelse.

3.2 En national råstofstrategi?

Spørgsmålet om nødvendigheden af en national råstofstrategi er vendt med flere betonproducenter og tilbagemeldingen er, at der er behov for en fælles strategi.

Betonproducenterne ser gerne en stærkere koordinering mellem sø- og land-materialer.

Flere producenter oplyser, at det er vigtigt med tilgængelighed af råstoffer tættere på producenter, som generelt er strategisk placeret i forhold til efterspørgsel. For Region Midtjylland er det store ønske flere råstoffer i nærheden af Århus – både på land og til søs.

Flere producenter nævner problemer med sømaterialer – mangel ved Århus – men også afstand for indvindingsskibene. Havneafgifter er et problem – det er for dyrt at losse materialer i flere havne, hvilket giver mere landtransport.

Producenterne lægger også vægt på optimal udnyttelse af råstofferne – fx anvendes 3/4 af sand, grus og sten til vejanlæg – måske har nogle af disse råstoffer en kvalitet, som gør at de burde reserveres til mere krævende produktioner, som fx beton.

Genbrug af beton i beton er måske ikke den bedste anvendelse af knust beton, eftersom det kræver ekstra vand og dermed ekstra cement i betonen, hvilket gør den mindre miljøvenlig. Desuden vil en optimal genanvendelse af beton kræve en omfattende sortering af beton efter miljøklasse. Måske er genbrugsbeton bedre anvendt i vejanlæg, i stedet for nogle af de sten, som efterspørges af betonproducenterne jf. Appendiks A6.

4. Referencer

Betonhåndbogen. <http://betonhaandbogen.dk/> en digital håndbog udgivet af Dansk Betonforening, Magasinet BETON.

Bygge- og anlægsbranchen 2016 Deloitte og Dansk Byggeri. Tilgængelig online: <https://www.danskbyggeri.dk/media/22285/regnskabsanalyse-2016-2341079.pdf>

Danske Regioners Videncenter for Miljø og Ressourcer og Copenhagen Economics 2017 RÅSTOFFER Er der behov for en national strategi? 43 pp.

http://www.regioner.dk/media/5365/copenhageneconomics_raastofferer-der-behov-for-en-national-strategi_2017.pdf

Grontmij | Carl Bro A/S & Region Nordjylland 2011: Råstofkortlægning, interesseområde Gunderup. 23 pp.
http://rn.viewer.dkplan.niras.dk/media/3286/gunderup_r%C3%A5stofkortl%C3%A6gning_vs1.pdf

MiMa rapport 2015/1. Danske mineralske råstofressourcer. Kvantitativ analyse baseret på geologiske og geofysiske data. Ditlefsen, C., Lomholt, S., Skar, S., Jakobsen, P. R., Kallesøe, A.J., Keiding, J.K. & Kalvig, P. Videncenter for Mineralske Råstoffer og Materialer (MiMa) under De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS). ISBN: 978-87-7871-406-0.

MiMa rapport 2015/1 - Bilag. Danske mineralske råstofressourcer. Kvantitativ analyse baseret på geologiske og geofysiske data. Ditlefsen, C., Lomholt, S., Skar, S., Jakobsen, P. R., Kallesøe, A.J., Keiding, J.K. & Kalvig, P. Videncenter for Mineralske Råstoffer og Materialer (MiMa) under De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS). ISBN: 978-87-7871-406-0.

MiMa rapport 2016/1. Indvinding af danske mineralske råstoffer – en geografisk sammenstilling. Anders J. Kallesøe, Rune J. Clausen, Sara Skar, Frants von Platen-Hallermund, Claus B. Ditlefsen og Per Kalvig. Videncenter for Mineralske Råstoffer og Materialer (MiMa) under De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS). ISBN: 978-87-7871-440-4.

MiMa rapport 2016/2. Råstofforsyning: Fra sand og sten til betonbyggeri. Laila S. Rosholm, Per Kalvig og Niels Fold. Videncenter for Mineralske Råstoffer og Materialer (MiMa) under De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS). ISBN: 978-87-7871-460-2.

MiMa rapporter er tilgængelige via: <http://mima.geus.dk/rapporter/>

Miljøstyrelsen (og Teknologisk Institut) 2015 Udredning af teknologiske muligheder for at genbruge og genanvende beton Miljøprojekt nr. 1667 88 pp.

<https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2015/04/978-87-93352-03-2.pdf>

Regeringen 2002 danmarks nationale strategi for bæredygtig udvikling: FÆLLES FREMTID – udvikling i balance
http://www.stm.dk/multimedia/F_lles_fremtid_-_udvikling_i_balance.pdf

Appendikser

A1 Anvendte beregninger

Betonsand og betonsten regnes begge med massefylde $1,5 \text{ t/m}^3$ baseret på NCC's angivelser i deres prislister.

Den generelle betonrecept anvendt til omregning mellem råstoffer og beton er baseret på et gennemsnit af Aalborg Portlands betonrecepter (Tabel A1.1)

1 m ³ beton	tons	Vægt %
Sand	0,95	40%
Sten	1,20	50%
Cement mv.	0,25	10%
I alt	2,40	100%

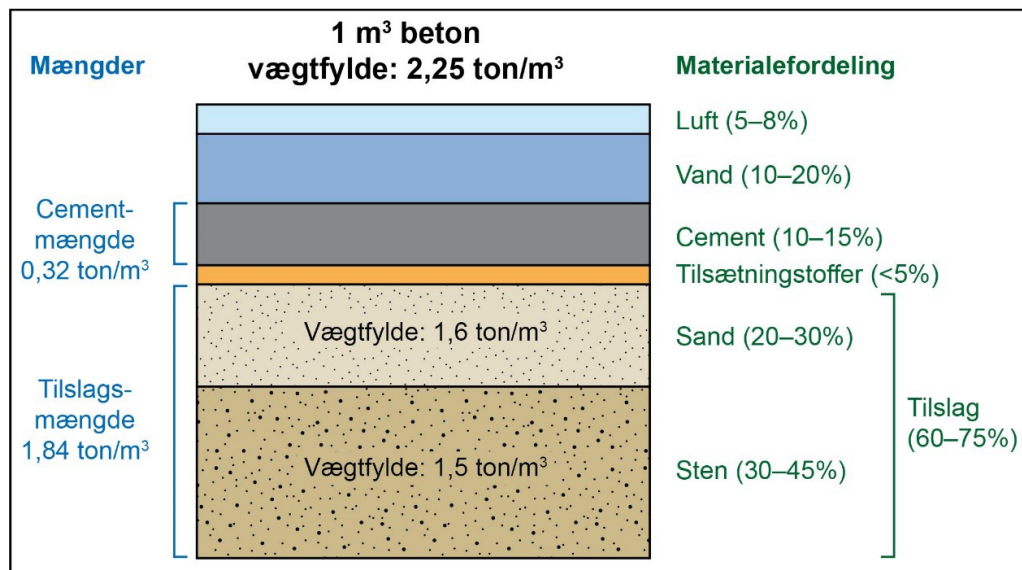
Tabel A1.1 Betonrecept anvendt til omregning mellem råstoffer og beton

Både massefylden af sand og sten, samt betonrecepten kan variere, hvilket giver en vis usikkerhed i beregningerne.

Massefylden af sand og sten varierer afhængigt af om det er vådt eller tørt, men kornstørrelsesfordelingen kan også give anledning til variationer i pakning og dermed massefylde.

Betonrecepten varierer især pga. varierende krav til styrke og vandtæthed af den producerede beton – højere krav til styrke og vandtæthed kræver mere cement i betonen.

MiMa 2016/2 anvendte nedestående Figur A1.1 til omregninger mellem beton og råstoffer.



Figur A1.1 Betonrecept MiMa 2016/2

A2 Miljøklassifikation af beton

Klassificering efter den enkelte påvirkning – fx frost eller vand – kaldes eksponeringsklasser, og en samlet klassificering (indeholdende flere typer eksponering) – fx det miljø en bropille i havvand udsættes for med både frost og klorider – kaldes miljøklasser (Tabel A2.1).

Miljøklasser har været anvendt i Danmark siden 1970'erne, mens de nye eksponeringsklasser (Tabel A2.2) er indført i forbindelse med det fælles europæiske normsystem.

Miljøklasserne er fortsat anvendt i denne rapport af hensyn til kompatibilitet med den landsdækkende MiMa rapport.

Imidlertid stilles der en lang række andre krav til beton, som afhænger af anvendelsen fx styrke – både i forhold til tryk og træk, brandsikkerhed, levetid etc. Det betyder i praksis, at betonproducenterne anvender en lang række forskellige recepter, som ikke entydigt lader sig klassificere efter miljøklasserne.

Miljøklasse	Beskrivelse	Typiske konstruktioner
E Ekstra aggressiv	Fugtigt miljø, hvor der enten tilføres eller ophobes store mængder alkalier og/eller klorider ved betonoverfladen	Altangange, altanplader og altankonsoller, parkeringsdæk, svømmebade, søjler og kantbjælker på broer, marine konstruktioner i splashzone
A Aggressiv	Fugtigt miljø, hvor der kan tilføres alkalier og/eller klorider til betonoverfladen, eller hvor der forekommer kraftig fugtbelastning med risiko for vandmætning i kombination med frostpåvirkning	Udvendige dæk og bjælker uden konstruktiv beskyttet overside, støttemure, lyskasser, udvendige trapper, kælderydervægge delvis over terræn samt kanaler og gruber og andre konstruktionsdele i moderat aggressivt grundvand
M Moderat	Fugtigt miljø, hvor der ikke er risiko for frostpåvirkning i kombination med vandmætning, og hvor der ikke i nævneværdig grad kan tilføres alkalier og/eller klorider til betonoverfladen	Fundamenter delvis over terræn, jorddækkede fundamenter i høj sikkerhedsklasse, udvendige vægge, facader og søjler, udvendige bjælker med konstruktiv beskyttet overside, altanbrystninger, installationskanaler, ingeniørgange, elevatorgruber, konstruktionsdele i svagt aggressivt grundvand
P Passiv	Tørt miljø, hvor korrosion ikke forekommer	Konstruktioner i indendørs tørt miljø, jorddækkede fundamenter i lav eller normal sikkerhedsklasse

Tabel A2.1 Miljøklassificering af beton. Aalborg Portland 2012

Hovedklasse Eurocodes 6	Under- klasse	Beskrivelse	Miljø- klasse DS 414
X0		Ingen risiko for korrosion eller påvirkning, tørt miljø	P
XC		Korrosion forårsaget af karbonatisering	
	XC1	Tørt eller permanent vådt	P
	XC2	Vådt, sjældent tørt	M
	XC3	Moderat fugtigt	M
	XC4	Cyklisk vådt og tørt	M
XD		Korrosion forårsaget af andre klorider end havvand	
	XD1	Moderat fugtigt	A
	XD2	Vådt, sjældent tørt	E
	XD3	Cyklisk vådt og tørt	E
XS		Korrosion forårsaget af klorider fra havvand	
	XS1	Udsat for luftbåren salt, ikke direkte i kontakt med havvand	A
	XS2	Permanent under vand	A
	XS3	Tidevand, splash- og sprøjtezoner	E
XF		Frost/tø påvirkning med eller uden tøsalt	
	XF1	Moderat vandmætning uden tøsalt	M
	XF2	Moderat vandmætning med tøsalt	A
	XF3	Høj vandmætning uden tøsalt	A
	XF4	Høj vandmætning med tøsalt eller havvand	E
XA		Kemisk påvirkning	
	XA1	Svagt aggressivt kemisk miljø	M
	XA2	Moderat aggressivt kemisk miljø	A
	XA3	Stærkt aggressivt kemisk miljø	E

Tabel A2.2 Eksponeringsklassifikation for beton sammenlignet med tidligere miljøklassificering vist i søjlen yderst til højre.

Kilde: https://www.weber.dk/fileadmin/user_upload/weber_guide/Brochurer/Weber-haandbogen/weber_haandbog_enkeltsider.pdf

A3 Tilslagsmaterialer

Betontilslag er forskellige certificerede blandinger af sand, grus og sten, som udgør hovedbestanddelen i beton, dvs. 80–90 vægt. % af den færdige beton.

Desværre er der ikke helt overensstemmelse mellem den geologiske definition på sand, grus og sten og de betegnelser, som anvendes i betonindustrien.

Geologisk definitioner (uden underinddelinger)

	Kornstørrelse [mm]
Silt	0,002 – 0,625
Sand	0,625 – 2
Grus	2 – 20
Sten	> 20

Betontilslag

	Kornstørrelse [mm]
Filler	< 0,25
Betonsand	0 – 4
Perlesten*	4 – 8
Ærtesten	8 – 16
Nøddesten	16 – 32
Singels	32 – 64

* Nogle anvender betegnelsen perlesten for 2 – 8 mm.

Grus anvendes for kornstørrelser 0 – 16 mm

Desværre er kornstørrelsesfraktioner som tilbydes af råstofleverandører og anvendes af betonproducenter endnu mere usystematiske, hvilket fremgår af følgende eksempel.

Land [mm]	NCC sømaterialer [mm]	Thyborøn sømaterialer [mm]	Granit [mm]
Sand	1 – 5	2 – 4	2 – 5
2 - 5	4 – 8	4 – 8	4 – 16
4 - 8	8 – 16	8 – 16	5 – 8
8 - 16		16 – 32	5 – 16
16 -32			8 – 11
			8 – 16
			11 – 16
			16 – 22

Dette er blot et eksempel på problematikken, som gør det vanskeligt at rubricere en betonrecept i standarden for betontilslag eller oversætte den til geologisk terminologi.

Betegnelsen for blandinger af sand og sten er grus. Ved sand forstår man den del af grusmaterialet, der kan passere en sigte med 4 mm kvadratiske masker, ved sten den del, der tilbageholdes af denne sigte. Ofte benyttes betegnelsen grus for tilslag til beton.

Bakkesten, bakkegrus og bakkesand betegner materialer, der indvindes fra grusgrav. Søsten, søgrus og søsand (strandgrus og strandsand) betegner materialer, der indvindes fra havbunden eller strandbredden. De almindeligst anvendte betegnelser for grusmaterialer til betonfremstilling er følgende (tallene angiver kvadratiske maskevidder på de sigter, materialet må passere eller tilbageholdes af. Det største af tallene betegner normalt materialets maksimale kornstørrelse, dg):

singels	sten mellem	64 og 32 mm
nøddesten	sten mellem	32 og 16 mm
ærtsten	sten mellem	16 og 8 mm
perlesten	sten mellem	8 og 4 mm
betonsand	sand mellem	4 og 0 mm
filler	sand under	1/4 mm
betongrus	grus mellem	0 og 16 mm

I sømaterialerne har kornene en afrundet form og glat overflade, mens bakkematerialerne er mere irregulære i formen og ofte har en ru overflade.

Skærver er nedknuste sten (sø- eller bakkematerialer) eller knust klippemateriale og betegnes ved deres kornstørrelse. Skærver er altid kantede, og der vil ofte være en ret stor procent flade eller langagtige korn, som ikke er hensigtsmæssige. Ved brug af specielle knusemaskiner og selektiv sigtning kan man fremstille grus med en høj procent kubiske korn, som er bedst egnede til betonfremstilling, og dette gøres ofte ved store arbejder. Kornenes overfladebeskaffenhed vil naturligvis afhænge af råmaterialet.

I almindelighed vil man, hvor det er muligt, anvende naturligt grus frem for nedknust, idet det førstnævntes afrundede kornform medfører et mindre vandforbrug, der betyder større trykstyrker for samme cementindhold. På den anden side kan der - særligt ved vibrering - fremstilles fortrinlige betoner med skærver. I visse tilfælde kan det, fx hvor der kræves stor slidfasthed eller stor trækstyrke, være en fordel at anvende disse.

Tilslag udgør langt den største del af betonen, og det er derfor vigtigt, at der kun anvendes gode og hensigtsmæssige materialer. De hovedkrav, man stiller til tilslaget, vedrører renhed (nemlig humus og ler), bestandighed (indhold af alkalireaktive og ikke-frostfaste partikler) og densitet.

Det materiale, man finder i grusgravene, kan i almindelighed bedømmes efter udseendet. Navnlig skal man være opmærksom på, om det indeholder smuldrende eller forvitrede korn i større mængde. Uporøse, hårde kalksten skader ikke, men porøse, vandsugende korn (kalk, porøs flint o.a.) bør ikke forekomme i ret stor mængde, da de vil svække betonen og give frostspringere i overfladen, hvis den udsættes for frysning og optøning i vandmættet tilstand. Sømaterialer er normalt renere end bakkematerialer, idet de oftest består af hårde stenmaterialer, som har modstået det slid, som de udsættes for ved bevægelsen under bølgeslaget. Sømaterialerne kan dog indeholde kalk i form af muslingeskaller, sneglehuse og lignende samt porøs flint.

Humusindhold. Gruset - og særlig sandet - må ikke have for stort indhold af humus, ler og slam. Dette undersøges normalt ved den såkaldte natriumhydroxidprøve:

I en klar farveløs flaske med udvendig diameter på ca. 70 mm hældes en 3% natriumhydroxidopløsning til en højde af 80 mm. Derefter hældes sandprøven i til en samlet højde af ca. 120 mm. Man propper til og ryster grundigt i et minut, hvorefter den stilles hen. Væsken farves efter nogen tid, der afhænger af de urenheder, der evt. findes i sandet.

Bedømmelsen sker bedst efter 24 timers henstand og kan ske ved sammenligning med en standardfarve. Denne fremkommer i en frisk tilberedt blanding af 9 g ferrichlorid og 1 g coboltchlorid i 100 ml vand med 1/3 ml ren saltsyre, blandet i samme flasketype som sandprøven. Hvis prøvens farve er lysere end denne standardfarve, er gruset anvendeligt; hvis prøvens farve er mørkere, bør man udføre nærmere undersøgelser af grusets egnethed. Metoden er beskrevet i EN 1744-1.

Lerindhold. Ved humusundersøgelsen vil de fine partikler aflejre sig øverst i et mere eller mindre tykt lag, således at man kan få et begreb om mængden af sådanne partikler. Dette lag bør normalt ikke være mere end 3-4 mm for et lag sand på 70 mm, altså ca. 5 vol%. Er der mere ler, bør man udføre prøvestøbninger, hvis det drejer sig om vigtige arbejder.

Ler afsløres i øvrigt nemt ved gnidning af gruset mellem hænderne, idet leret vil smitte af på en fugtig hånd. Det er især det ler, der sidder fast på stenene, som skader, fordi cementen så ikke kan kitte sig til stenenes overflade. Hvis leret sidder løst, vil det gnides af under blandingen af betonen, og et lille lerindhold kan endda i så fald virke gavnligt på betonstyrken. Kun en prøvestøbning og styrkeundersøgelse kan vise, om et materiale vil forbedres ved vaskning eller ej.

Alkalireaktivitet. Gruset indeholder sommetider kisel i en sådan form, at det reagerer med cementens alkalier eller med alkalier tilført med blandingsvandet eller fra omgivelserne, fx fra havvand eller tørsalt.

Reaktionen medfører en stor rumfangs-udvidelse, der kan få betonen til at revne og afskalle. Fænomenet kan - såfremt der ikke tilføres alkalier fra omgivelserne - modvirkes ved anvendelse af cement med lavt alkaliindhold.

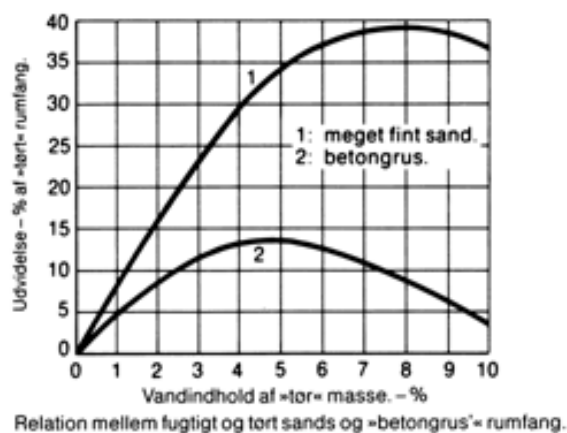
De fleste danske grusmaterialer indeholder reaktiv kisel i form af flint. Det er imidlertid normalt kun den porøse, lyse, opalholdige flint (med lav densitet), der giver anledning til skader, og mængden heraf i et grusmateriale influerer derfor på dettes densitet. For sandets vedkommende kan en bedømmelse af dets reaktivitet ske ved mørtelprismeforsøg, hvorunder ekspansioner af mørtelprismer, fremstillet med det pågældende sandmateriale, måles under lagring i en varm opløsning af natriumchlorid (DS 405.13). Endvidere kan man ved hjælp af tyndslib direkte tælle mængden af reaktive korn, (DS 405.14).

Korndensitet. Det er nødvendigt at kende grusmaterialernes korndensitet af hensyn til proportioneringen og til bedømmelsen af deres kvalitet (DS 405.2). I almindelighed ligger de danske materials korndensiteter omkring 2600 kg/m³. Aftagende værdier antyder et stigende indhold af lette porøse korn. Bestemmelse af et foreliggende stenmaterials indhold af korn med forskellige korndensiteter (fx 2300, 2400, 2500 og 2600 kg/m³) sker ved såkaldt tungvæskesortering. Metoden er beskrevet i DS 405.4.

Bulkdensiteten af danske grusmaterialer med normalt fugtighedsindhold (4%) ligger for de enkelte fraktioner på 1400-1600 kg/m³. For det sammenblandede, tørre grus kan bulkdensiteten nå op på 2000-2200 kg/m³.

Grus, som ligger under åben himmel, vil som regel indeholde en del fugtighed. I sådanne tilfælde tilføres betonblandingen vand med gruset ud over det, der direkte sættes til. Der må korrigeres for dette ekstra tilskud, dvs. man må bestemme grusets vandindhold. Dette kan gøres på forskellige måder, lettest er vel nok at veje en prøve før og efter, at den er blevet tørret, fx ved opvarmning på et gasapparat eller en elektrisk kogeplade. Man kan også gennemvæde prøven med sprit, som så antændes. Vægttabet er lig vandindholdet, som i regelen opgives i procent af tørvægten.

Prøverne må ikke opvarmes for stærkt og må ikke vejes i varm tilstand. En del af fugtigheden vil muligvis være indeholdt i porøse korn, således at denne vandmængde ikke i fuld udstrækning indgår i vandcementforholdet. Dette spiller ved meget porøse korn en væsentlig rolle.



Relation mellem fugtig og tørt sands og "betongrus" rumfang.

Svelning eller udvidelse. Stenmaterialets rumfang er uafhængig af dets fugtighedsindhold, hvorimod fugtigt sand har et større rumfang end den tilsvarende vægtmængde i tør tilstand. Ved dosering efter rumfang vil det sige, at de mængder sand, man tilføjer, vil variere med fugtigheden, et forhold der må korrigeres for. Rumfangsændringen vil afhænge af flere faktorer, bl.a. kornform og kornfordeling. I almindelighed vil ændringen ligge inden for det i figuren viste område.

Lette grusmaterialer kan være kunstigt fremstillede materialer såsom ekspanderet, brændt ler, betegnet letklinker, ekspanderet perlit, sintret flyveaske m.m. eller de kan bestå af porøse korn af vulkansk oprindelse, fx pimpsten.

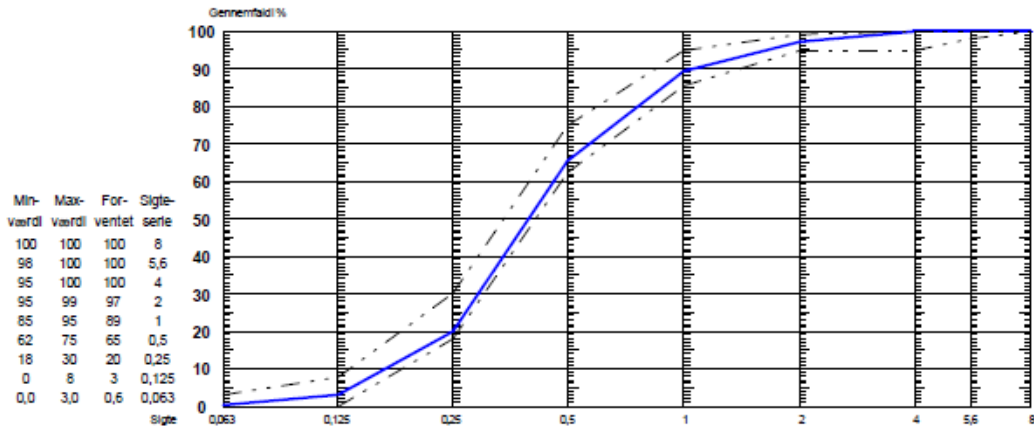
Klassifikation. Sand og sten klassificeres efter deres kvalitet i 4 materialeklasser: E, A, M og P. Materialer i klasse E er egnede til beton i ekstra aggressiv miljøklasse. Materialer i klasse A er egnede til beton i aggressiv miljøklasse. Klasse M materialer er egnede til beton i moderat miljøklasse, og klasse P materialer er egnede til beton i passiv miljøklasse, jf. DS 481.

Kravene til sand og sten i de 4 materialeklasser er angivet i annek C i DS 481.

Ex: Uddrag af "tabel 2426-4 – Tilslag – Krav til alkali-kisel reaktivitet" fra DS 2426.

Egenskab	Prøvningsmetode	Miljøklasse		
		Moderat	Aggressiv	Ekstra aggressiv
Alkali-kisel reaktivitet for fint tilslag – en af de fire alternative metoder skal dokumenteres	TK84 – kemisk svind	Maks. 0,3 ml/kg	Maks. 0,3 ml/kg	Maks. 0,2 ml/kg
	TIB-52 Indhold af reaktive korn	Maks. 2,0 vol %	Maks. 2,0 vol %	Maks. 1,0 vol %
	TIB-51 Mørtelprismeeekspansion	Maks. 0,1 % efter 8 uger	Maks. 0,1 % efter 8 uger	Maks. 0,1 % efter 20 uger
	AST C1260 Acc. mørtelprismeeekspansion	Maks. 0,2 % efter 14 dage	Maks. 0,1 % efter 14 dage	Maks. 0,1 % efter 14 dage

EN 933-1 Kornstørrelsesfordeling



Hanne Boye-Nielsen

Hanne Boye-Nielsen, Laborant

Bemærkninger

Gr 85, f30

CE mærkning: www.ncc.dk/raastoffer

Bunke 1



FPC er Certificeret af Dancert
under notifikationsnr. 1073 (2+).
Produktet opfylder krav i overensstemmelse
med DS/EN 12620 og DS 2426.

NCC Industry A/S, Råstoffer
Laboratorie: Århus
Oliehavsvej 28
8000 Århus C

Telefon nr
41704674
Fax nummer

hannni@ncc.dk
www.raastoffer.dk



VAREDEKLARATION - BETON

Leverandør NCC Industry A/S , Råstoffer Oliehavnsvej 28 8000 Århus C Produktionssted Rom Grusværk Fabjerg Kirkevej 30, Rom 7620 Lemvig		Deklaration nr 14112-11 -4 -BETON	Gyldig fra 20-07-2014	Erstatter 01-11-2013
		Produktbeegnelse 0/4 mm Betonsand klasse A, tørharpet Produktbeskrivelse Sorteret smeltevandssand Attesteringsmetode Princip 1: Bunkekontrol		
Egenskab/prøvningsmetode	Forventet værdi	Min værdi	Max værdi	
EN 1097-6 Korndensitet - VOT (Mg/m³)	2,64	2,62	2,69	
EN 1097-6 Absorbtion (%)	0,4	0,0	0,7	
DS/EN 1744 Chloridindhold (%) (Quantab)	0,000		0,003	
Ækvivalent alkaliindhold (%)	0,000		0,002	
DS/EN 1744 Humusindhold	Lysere		Lysere	
TI-B 52 Petrografi (%)	0,9		2,0	
TK-84 Kemisk svind (ml/kg)	0,22		0,30	

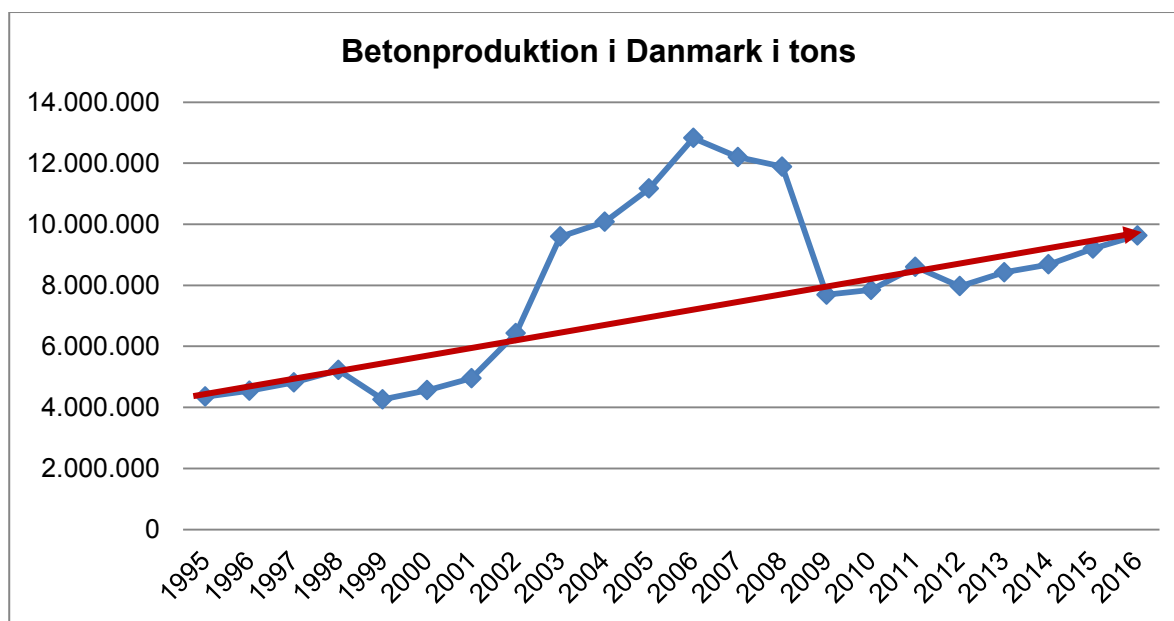
pel på varedeklaration på A-sand

Eksem-

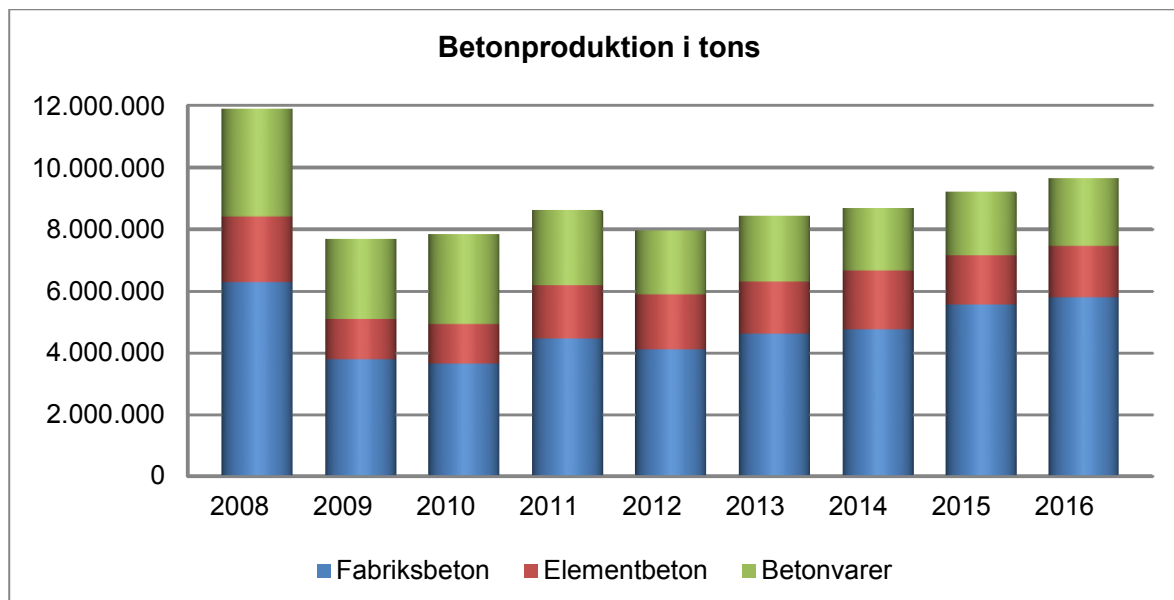
A4 Betonproduktion i Danmark

MiMa rapporterne giver en grundig baggrund og oversigt over emnet med gode muligheder for sammenligninger.

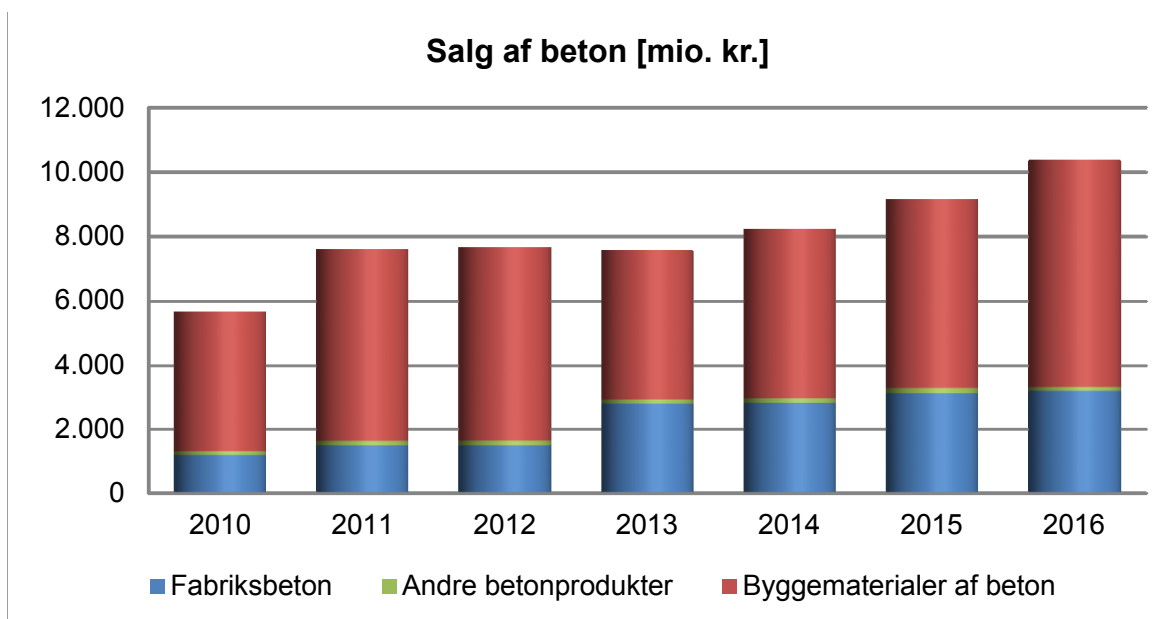
Det følgende er blot et supplement til deres rapporter, men giver samtidigt et overblik over de begrænsede data, som er tilgængelige hos Danmarks Statistik.



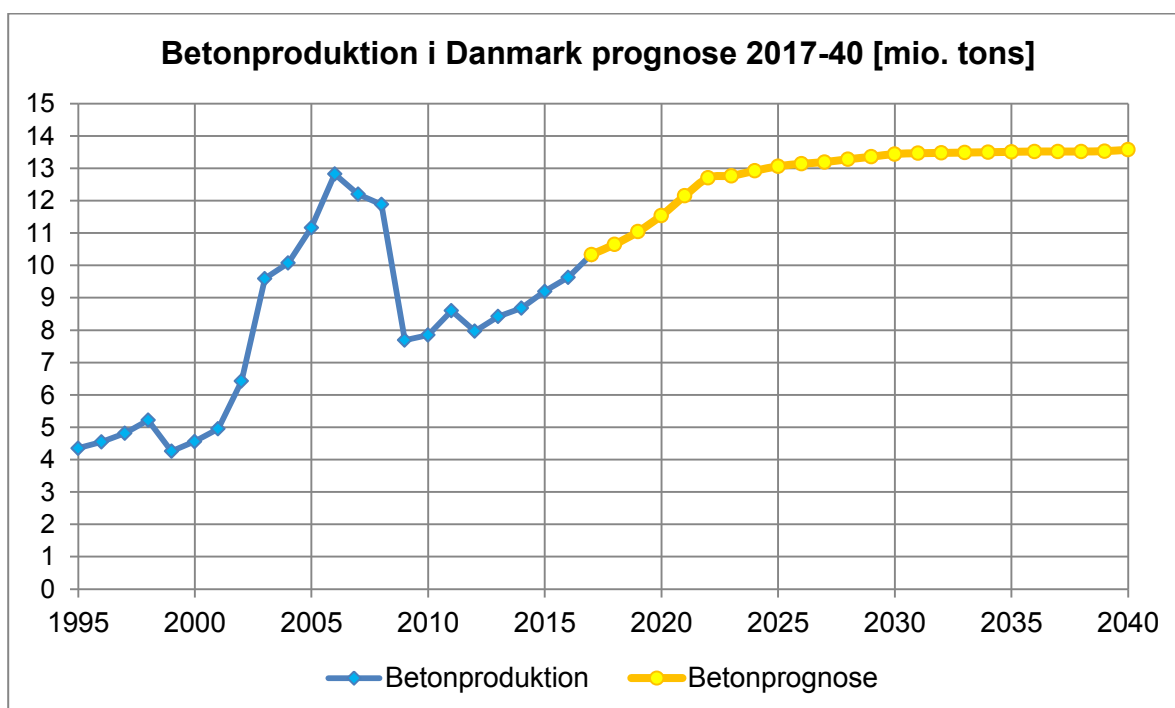
Figur A4.1 Perioden 2003-2008 viser en usædvanlig boble, men før og efter synes betonproduktionen, at følge en jævn, lineær stigning. Kilde: Danmarks Statistik.



Figur A4.2 Betonvarer omfatter betonvarer, blokke til fundamenter, hegnspæle, betonrør mv. Før 2008 er det vanskeligt at lave en sammenlignelig opdeling, idet DST tidligere anvendte mange forskellige underopdelinger. Kilde: Danmarks Statistik.



Figur A4.3 Salg af dansk beton efter Danmarks Statistik DB07. Det er ikke klart hvordan opdelingen mellem Byggematerialer og andre betonprodukter er.

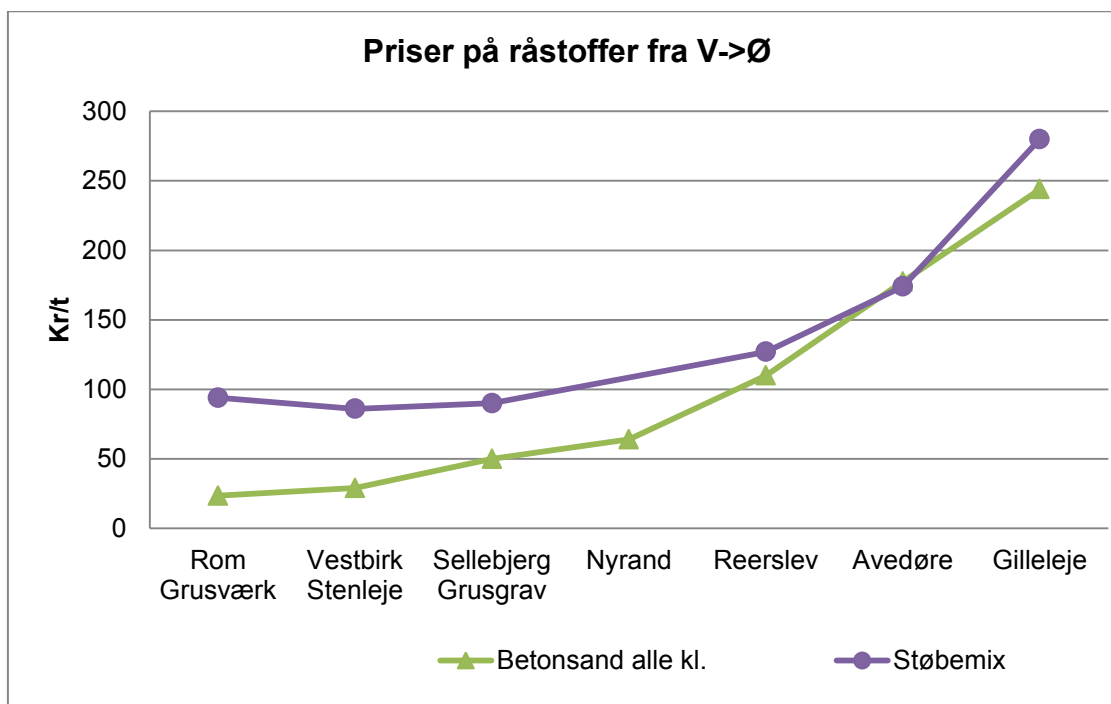
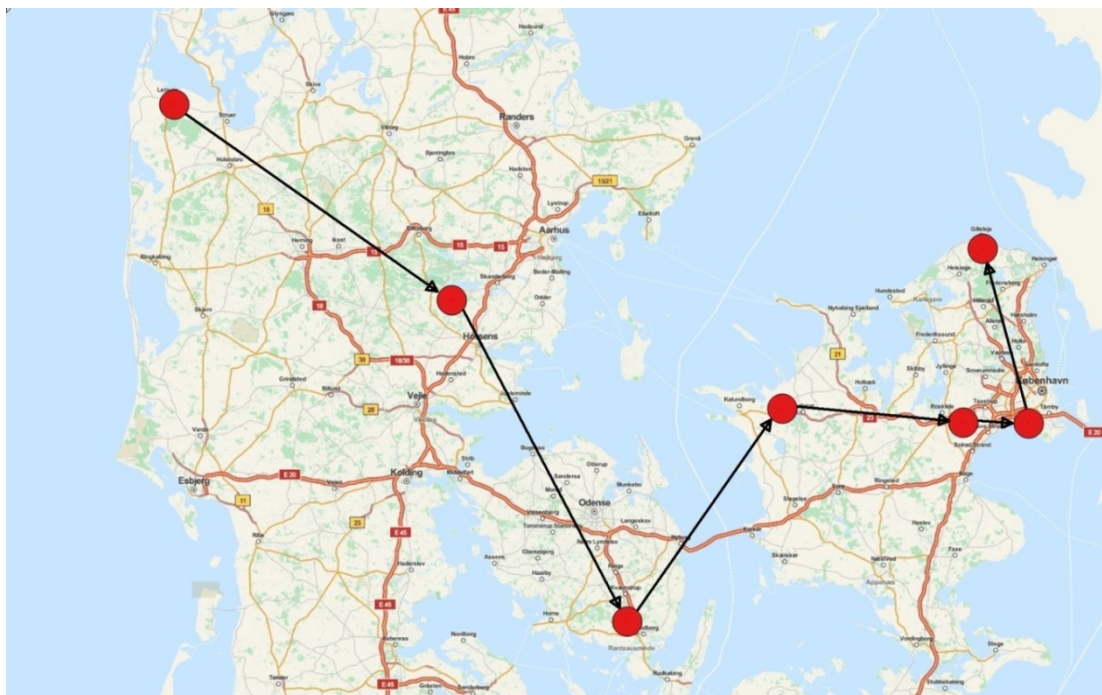


Figur A4.4 Prognose for udviklingen i betonproduktionen baseret på SAM-K/LINE model 2018 for udvikling af beskæftigelsen i bygge og anlægssektoren.

A5 Råstofpriser i Danmark

Råstofpriser viser stor geografisk variation – generelt stigende fra Vest mod Øst, med det absolutte maks. på NØ-Sjælland ved Gilleleje

Her er eksempler hentet fra NCC's prislister 2017.



Figur A5.1 Eksempler på priser på råstoffer til beton fra V mod Ø i Danmark. Kilde NCC 2017

A6 Råstoftransporternes effekt

Ifølge Jan Seidelin Christensen ved Region Midtjylland:

I Region Midtjylland blev der i 2016 kørt 63,5 mio. km med Malm, sten, grus, sand, ler, salt, cement, kalk og andre mineralske byggematerialer. Heraf var de 53,4 mio. km intern i regionen, mens de resterende 10,1 mio. km. var til andre regioner i DK. Der blev kørt 1 mio. tur med gennemsnitlig 20 tons råstoffer pr. læs. I alt 20 mio. tons råstoffer eller cirka 12,5 mio. kubikmeter blev transporteret.

Det er noget mere end der bliver indvundet i regionen, men i ovennævnte tal er der medtaget genbrug, fyld jord samt at statistikken er behæftet med stor usikkerhed, da den er baseret på indberetning fra 8.000 lastbiler i hele landet.

Den gennemsnitlige afstand hvert læs fragtes er 64 km og for transport intern i regionen er gennemsnittet 58 km.

Kørsel med tom vogn er ikke medtaget her, hvis der køres lige så mange km med tomt læs vil både CO₂ udledning og de nedenstående beregninger af eksterne udgifter næsten blive fordoblet.

Tabel A6.1: Eksterne udgifter ved transport af råstoffer fra Region Midtjylland 2016 i 2010 priser.

Kilde: Egne beregninger, Transportministeriet, Danmarks Statistik og COWI.

	Kørte mio. km	Kr pr km	I alt omkostninger mio. kr.
Luftforurening	63,5	0,45	28,6
Klimaforandring	63,5	0,10	6,4
Støj	63,5	0,09	5,7
Uheld	63,5	1,22	77,5
Trængsel	63,5	0,56	35,6
Infrastruktur slid	63,5	0,99	62,9
Eksterne omk. i alt	63,5	3,41	216,7

Transport af råstoffer påfører samfundet eksterne udgifter på godt 200 mio. kr. årligt i Region Midtjylland og udleder knap 70.000 tons CO₂. Ved at placere råstofgravene 20 % tættere på aftagerne, vil samfundet kunne spare godt 40

CO₂ udledningen fra transport af 1 mio. ture af 64 km med en last på 20 tons svarer til 68.500 tons CO₂. Det svarer til 15 % af den samlede udledning af CO₂ fra lastbiler i Region Midtjylland, og til 0,9 % af den samlede CO₂ udledning i Region Midtjylland.

Hvis alt CO₂ udledning fra transport af råstoffer blev reduceret til 0, vil den samlede udledning pr. indbygger kunne reduceres fra 5,9 tons til 5,8 tons.

En Amerikansk undersøgelse af vejslidtagen i årene fra 1958 til 1960 viste, at lastbiler slider lige så meget pr. kørte km som 10.000 personbiler.

Nedenstående beregninger har udover slidtagen af vejnettet medtaget andre eksterne omkostninger der påføres samfundet ved lastbiltransport, som luftforurening, klimaforandring, støj, uheld og trængsel.

mio. kr. samt at CO₂ udledningen vil kunne reduceres med 14.000 tons pr. år.

CO₂ indgår både under klimaforandring og under luftforurening i beregningen, og er således medtaget to gange.

I det foregående er vejsliddet fra transporter med lastbiler markant underdrevet, hvilket formodentlig skyldes, at alle refererer til en meget omfattende test i USA, som blev gennemført omkring 1960.

AASHTO Road Test var en serie af eksperimenter i fuld skala, som blev udført af American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) i begyndelsen af 1960'erne. Man byggede en række identiske vejsløjfer af forskellige materialer og kørte en række forskellige køretøjer på anlæggene over en lang periode.

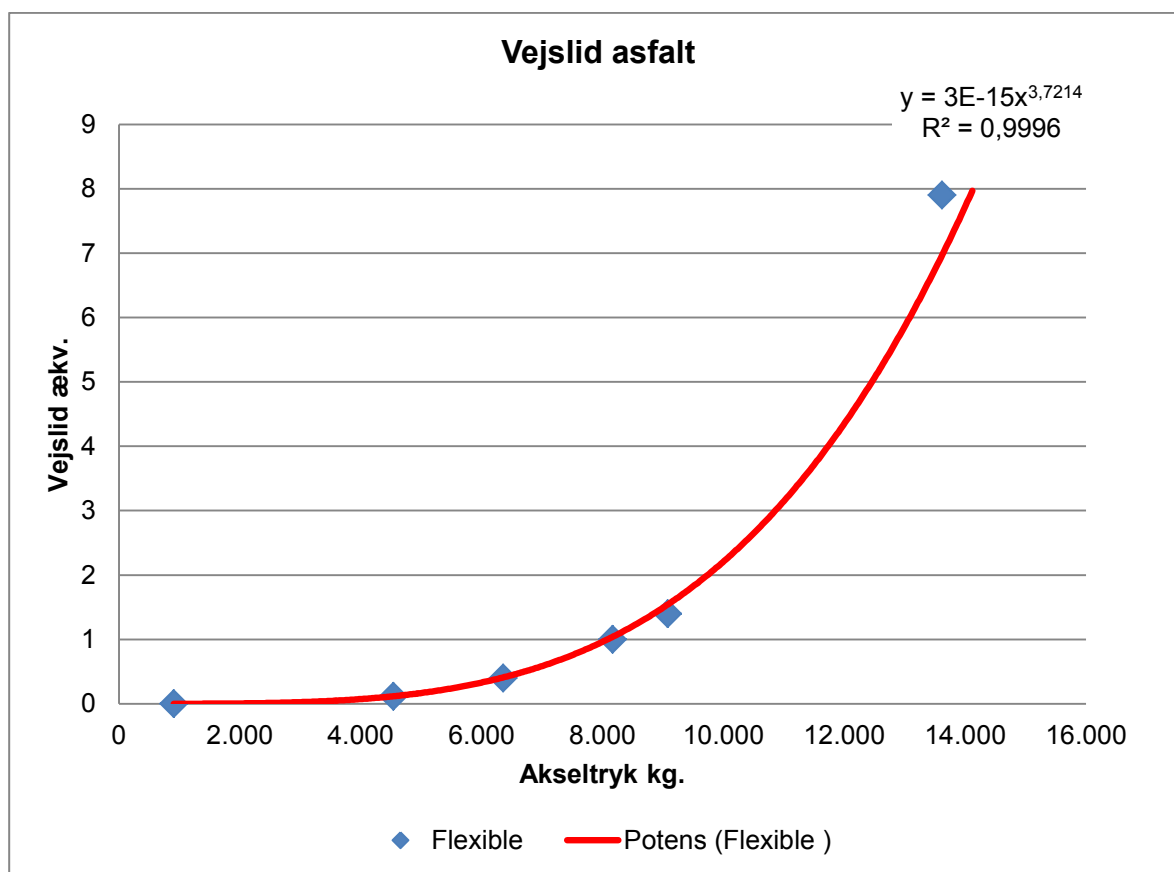
Uddrag baseret på vejtesten kan findes på disse sider.

https://en.wikipedia.org/wiki/AASHTO_Road_Test

http://wiki.pavementinteractive.org/index.php?title=ESAL#Generalized_Fourth_Power_Law

Imidlertid er danske personbiler markant lettere end datidens amerikanske, og lastbilerne er blevet større. Ifølge Danmarks Statistik vejer en nyregistreret personbil i gennemsnit 1.225 kilo pr. 30. juni 2006, det giver et akseltryk på ca. 0,7 t med passagerer.

Her er sammenhængen mellem akseltryk og slid på asfaltvej (flexible) fra den amerikanske undersøgelse:



Figur A6.1: Den meget anvendte sammenhæng mellem akseltryk og vejslid på asfaltveje. Kilde AASHTO



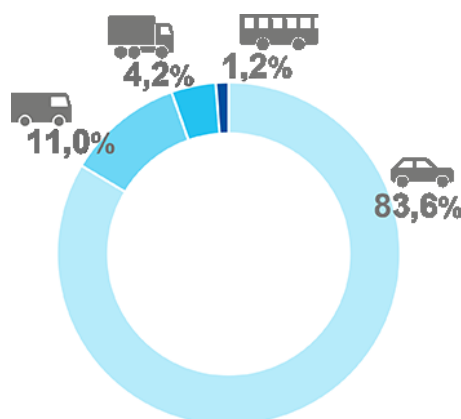
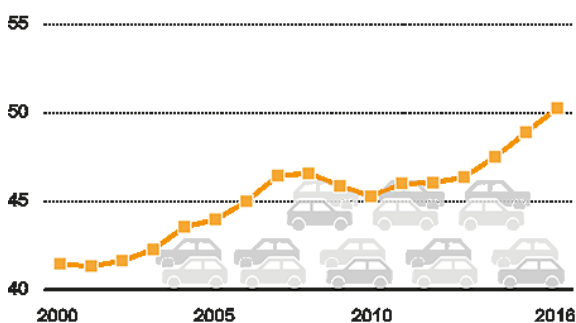
Figur A6.2 Denne betonkanon fra Unicon kan laste 12 m³ fabriksbeton.

Det betyder at vejslid forholdet personbil:lastbil er ca. 1:25.000 og kan være op til 1:50.000, mens den viste betonkanon har forholdet 1: 39.700.

Der er altså et markant slid på vejanlæg både som følge af transporten af råstoffer og den efterfølgende transport af færdige produkter.

Betonvirksomhederne omfatter ofte flere fabrikker, og der er en tendens til at centralisere produktionen frem for at oprette nye fabrikker. Det vil være med til at øge transportafstande for både råstoffer og færdig beton.

Mia. km



Figur A6.3 I følge Vejdirektoratet blev der kørt 50 Mia. km i 2016 fordelt således:

4,2 % af 50 mia. km. er 2,1 mia. km

83,6 % er 41,8 mia. km.

En lastbil slider mindst 25.000 gange en personbil, dvs. personbiler slid på veje er 0,08 % af lastbilers slid.

En typisk bus har et max akseltryk på 10 t og min akseltryk på 5,6 t hvis den er tom og vægten er fordelt ligeligt. Et 9 t akseltryk giver ca. 30.000 gange vejsliddet for en personbil.

Dvs. Personbilers slid er max. 0,05 % af det totale slid på vejnettet.

A7 Bæredygtighed og beton

Begrebet bæredygtighed blev introduceret i "Vores Fælles Fremtid" - den såkaldte "Brundtland-rapport" fra 1987. Heri lød definitionen: "En bæredygtig udvikling er en udvikling, som opfylder de nuværende behov,

uden at bringe fremtidige generationers muligheder for at opfylde deres behov i fare" (Brundtland 1987).

Beton - Container nr. 40 - Genanvendelse



Ja tak – Beton - Betonfliser - Kloakrør

Nej tak – Gasbeton (nr. 39) - Glaseret lerrør (nr. 11) - Tegl (nr. 39)

Hvad sker der med det? Beton knuses og genbruges i anlægsarbejder i stedet for grus.

Figur A7.1 Tekst og billede fra Horsens Kommunes Hjemmeside.

Eller ifølge Regeringen 2002 Danmarks nationale strategi for bæredygtig udvikling: FÆLLES FREMTID – udvikling i balance

"En bæredygtig råstofanvendelse i Danmark skal realiseres ved at udvikle ny teknologi, øge i dag genanvendes over 90 % af beton fra nedbrydning som erstatning for stabilgrus, men det kan også genanvendes i ny beton af miljøklasse P. Miljøstyrelsen har haft Teknologisk Institut til at undersøge mulighederne for genanvendelse af beton.

Miljøstyrelsen 2015: Udredning af teknologiske muligheder for at genbruge og genanvende beton.

koordinering af råstofindvinding og ved at øge viden om de samlede resterende råstofreserver. Genanvendelse og brug af erstatningsmaterialer for ikke-fornybare råstoffer skal fortsat prioriteres."

"Beton udgør en væsentlig andel af den samlede mængde bygge- og anlægsaffald i Danmark, og over 90 % af betonaaffaldet genanvendes i dag. Den nuværende praksis for genanvendelse foregår ved nedknusning og anvendelse af betonen som ubundne bærelag i danske veje, pladser og til opfyldning, hvor betonen erstatter naturligt stabilgrusmateriale eller jord."

"brug af knust beton som tilslagsmateriale i ny beton fører til et øget energiforbrug og dermed en øget udledning af drivhusgasser, om end øgningen er forholdsvis begrænset. Ydermere er de økonomiske omkostninger større ved produktion af beton med delvis anvendelse af nedknust beton som tilslag. Årsagen er, at det kræver mere cement, når der produceres beton med nedknust beton som tilslag, for at opnå den samme kvalitet som konventionel beton. Besparelsen af naturligt bakkemateriale som tilslag opvejedes således af et øget forbrug af cement."

"Resultaterne indikerer, at anvendelse af nedknust beton i produktionen af ny beton ikke er en økonomisk og miljømæssig (drivhusgasser) bæredygtig løsning."

Lendager Group arbejder dog pt. med projektet Pelican Self Storage i København, hvor målet er at genanvende 3.000 tons beton fra de eksisterende bygninger på stedet til ny beton med en samlet CO₂-besparelse.

Der er i dag regulativer, som ikke tillader upcycling af beton, derfor er Pelican Self Storage et pionerprojekt, som har modtaget støtte fra Miljøministeriet til at udvikle en anvendelig genbrugsbeton.



