

SÆRTRYK 126
Nordisk Betong nr. 2, 1962

UDK 666.972.123.2
693.542:691.22
kr. 4.50 i. o.

Gunnar Larsen
Danske betongrusmaterialers kornform
og kornoverflade

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
I kommission hos Teknisk Forlag • København 1962

Danske betongrusmaterialers kornform og kornoverflade

Particle Shape and Particle Surface of Danish Concrete Materials

GUNNAR LARSEN*

Indledning

Siden 1957 er der ved SBI's betonlaboratorium foretaget en del petrografiske grusanalyser. Disse undersøgelser, som er udført på konsultationsbasis, har omfattet både danske og udenlandske materialer, som påtænkes anvendt som tilslag ved støbning af beton. Behovet for sådanne analyser er opstået som følge af Alkaliudvalgets forskningsresultater, der bl. a. har vist, at for danske forhold gælder, at mængden af flintpartikler i gruset i høj grad er medbestemmende for, hvorvidt alkalikiselreaktioner vil fremkalde betonskader [61 P 1]. Hovedemnet ved grusanalyserne har derfor været bestemmelsen af indholdet af alkali-reaktive komponenter; men sideløbende hermed er tillige undersøgt visse fysiske grusegenskaber, som anses for at have indflydelse på forhold som betonblandingsens bearbejdelse og vandbehov, nemlig gruskornenes form og overfladebeskaffenhed (se bl. a. [61 N 2]). Det er en oversigt over disse sidstnævnte undersøgelser af prøver af dansk grus, denne artikel fremlægger.

Undersøgelserne blev tilrettelagt og påbegyndt i samarbejde med civilingeniørerne Ervin Poulsen og G. M. Idorn; senere er arbejdet videreført sammen med civilingeniørerne Jørn Jessing og Erik Trudsø. En del geologer, bl. a. cand. mag.erne E. Stenestad og G. Jansson, har i tidens løb deltaget i analysearbejdet.

Alment om metoden ved grusundersøgelse

Som nævnt repræsenterer bestemmelsen af kornform og -overflade kun en del af den petrografiske grusanalyse. Til orientering om i hvilken sammenhæng disse særlige undersøgelser skal ses gives i det følgende en kort oversigt over fremgangsmåden ved en grusanalyse; metodiken er tidligere beskrevet i [59 L 7], [59 L 6], [61 P 1].

* Mag. scient., Statens Byggeforskningsinstitut (SBI), København.

Grusprøven fraktioneres først ved sigtning; ud fra sigteresultaterne fremstilles en kornkurve som udtryk for kornstørrelsesfordelingen. I hver kornstørrelsesfraktion bestemmes ved optælling af 100 til 300 korn hyppigheden af de mineralogiske og fysiske kornegenskaber. Analysen af fraktioner > 4 mm \square foretages makroskopisk støttet af observationer i binokulært mikroskop; af fraktionerne < 4 mm \square fremstilles mikroskoppræparater, bl. a. tyndsnit, som undersøges v. hj. a. polarisationsmikroskop. Endelig beregnes på grundlag af fraktionsanalyser og kornkurve prøvens totalsammensætning m. h. t. såvel mineralogiske som fysiske kornegenskaber.

Kornform

Som karakteristik for et korns form benyttes forholdet mellem dets længde (a), bredde (b) og tykkelse (c); ved (a) forstås her kornets længste akse, (b) er den længste akse vinkelret på (a), og (c) den længste vinkelret på (a) og (b). Ud fra forholdet mellem disse dimensioner betegnes kornet som kubisk, langt eller fladt, idet følgende inddelingsgrundlag anvendes:

Kornform	Forholdet bredde/længde	Forholdet tykkelse/bredde
Kubisk	$> \frac{2}{3}$	$> \frac{2}{3}$
Lang	$< \frac{2}{3}$	$> \frac{2}{3}$
Flad	$\leq \frac{2}{3}$	$< \frac{2}{3}$

Kornformbestemmelse kan ikke foretages på mikroskoppræparater, idet man i disse kun kan observere to dimensioner. Undersøgelserne udføres derfor kun på stenfraktioner (> 4 mm \square). Til målingerne anvendes enten en skydelære eller et apparat, som i princippet svarer til det, der er gengivet som fig. 3 i Nordisk Betong, 1961, side 113 [61 N 2].

Sammenstilling af analyseresultater

Ved analyserne fremkommer som nævnt oplysninger om mængdeforholdet af kornformerne såvel i de enkelte fraktioner som i totalprøverne. For at overskueliggøre det stadigt voksende materiale af analysedata, indtegnes disse i trekanterdiagrammer, hvori vinkelspidserne repræsenterer 100 % af hver af de tre kornformer. Der fremstilles et sådant diagram for hver kornstørrelsesfraktion samt et for totalprøverne.

I fig. 1 er vist en sammenstilling af de hidtil foreliggende analyser af betongrus omfattende både enkeltfraktioner og totalprøver; tillige er indmærket nogle analyser af granitskærver. Af diagrammet ses bl. a., at den sjældnest forekommende kornform er den lange (< 25 %). M. h. t. flade korn er for-

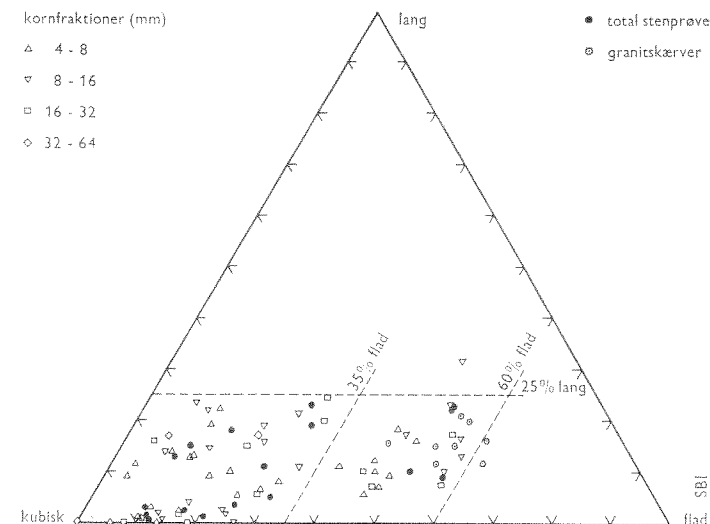


Fig. 1. Analyser af indhold af kubiske, lange og flade korn i stenmaterialer og granitskærver. ● *Analyses of coarse aggregate and crushed granite for contents of cubic, long, and flat particles.*

holdet det, at $\frac{3}{4}$ af grusmaterialet indeholder mindre end 35 %, medens den resterende fjerdedel indeholder mellem 35 og 60 % flade korn; i sidstnævnte område træffes også granitskærverne. Endelig fremgår, at der ikke kan spores nogen afhængighed mellem kornform og kornstørrelse.

Kornoverflade

Overfladen af gruskorn karakteriseres dels efter udformningen af kanterne, dels efter udformningen af de mellemliggende flader, således at der opstilles følgende typer:

Efter kanternes udformning:

1. Skarpkantede korn.
2. Kantrundede korn.
3. Afrundede korn.

Efter fladernes udformning:

1. Ru korn.
2. Glatte korn.

Der foreligger ikke en talmæssig definition af disse typer; men til brug i praksis er hver type "defineret" ved nogle udvalgte eksempler, som repræsenterer ikke blot extremerne men også overgangsformerne, fig. 2.

Ved analyse af sandfraktioner, d. v. s. tyndsnit (jvf. side 172), har man kun de enkelte korntværnsnits omrids at bedømme overfladekarakteren efter, medens man ved undersøgelsen af en sten har hele dennes overflade som observations-

materiale. Dette medfører, at analyser af henholdsvis sand og sten ikke er fuldstændig sammenlignelige; men materialet skulle være sammenligneligt fra stenprøve til stenprøve og fra sandprøve til sandprøve. Laboratoriet har for nylig iværksat nogle undersøgelser, som skulle belyse relationen mellem den makroskopiske og den mikroskopiske analyses resultater.

Sammenstilling af analyseresultater

De foreliggende analyser af kornenes afrundingsgrad afbildes i trekantsdiagrammer på samme måde som kornformanalyserne. Der fremstilles et diagram for hver kornstørrelsesfraktion samt et for total sandprøve og et for total stenprøve.

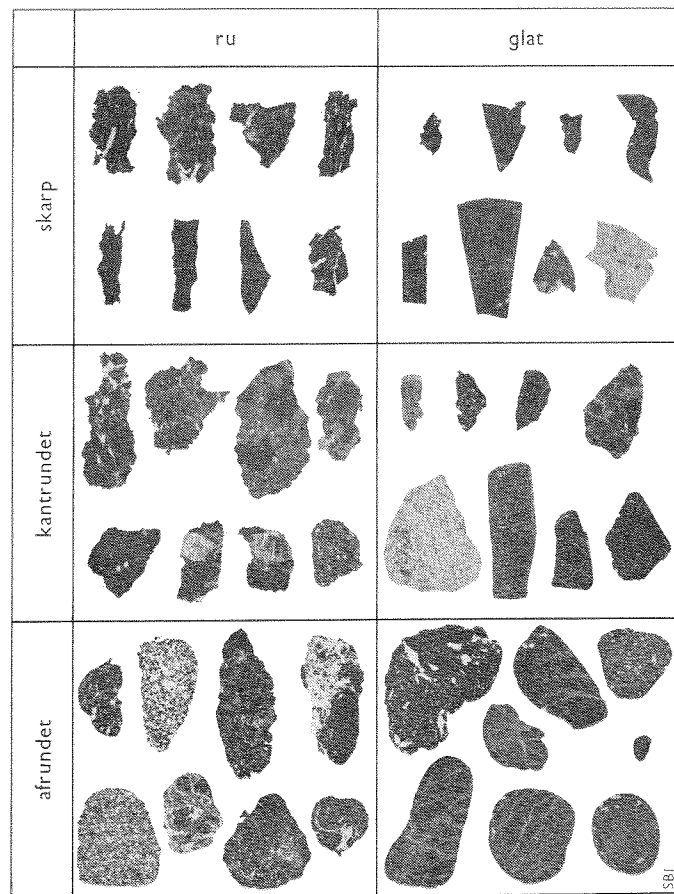


Fig. 2. Skema til brug ved klassificering af gruskorns overfladebeskaffenhed. • Key to classification of surface textures of particles.

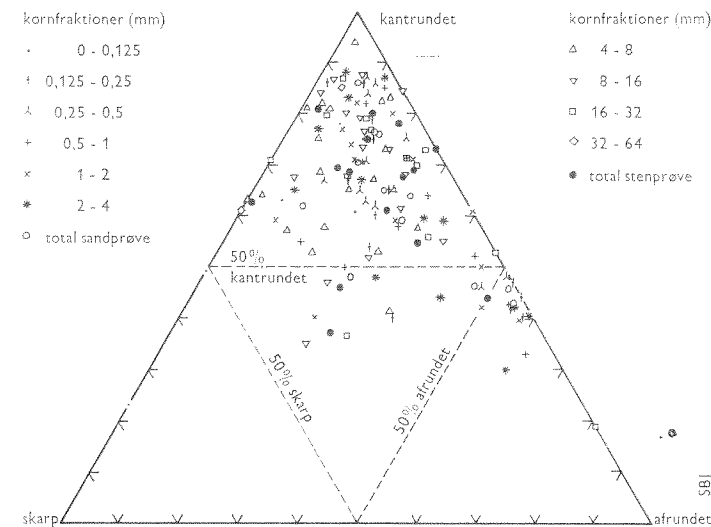


Fig. 3. Analyser af indhold af skarpe, kantrundede og afrundede korn i sand- og stenmaterialer. • Analyses of fine and coarse aggregates for contents of angular, subrounded, and rounded particles.

Fig. 3 viser en sammenstilling af alle disse enkelt-diagrammer. Heraf ses bl. a., at den for materialet som helhed dominerende type er den kantrundede; ca. $\frac{3}{4}$ af analyserne har mere end 50 % kantrundede korn, medens kun ca. $\frac{1}{10}$ har mere end 50 % afrundede og omkring $\frac{1}{75}$ har mere end 50 % skarpe korn. Desuden fremgår, at der er en svag tendens til, at det fineste sandmateriale ($0-\frac{1}{8}$ mm) indeholder flere skarpe korn end de øvrige fraktioner. Bortset herfra synes der ikke at gøre sig forskelle gældende mellem de forskellige kornstørrelsesfraktioner.

Data fra analyser af forholdet mellem ru og glatte korn sammenstilles i form af histogrammer. I fig. 4 er sådanne histogrammer angivet for hver kornstørrelsesfraktion. En opsummering af analysedata fra samtlige enkeltfraktioner er gengivet i fig. 5, dels i histogramform, dels som sumkurve. Af dette materiale ses, at det gennemsnitlige indhold af ru korn for sand og sten under eet beløber sig til ca 25 %; sandet alene har et lidt mindre og stenene et noget større indhold af ru korn. Dette fremgår bl. a. af, at omkring $\frac{1}{3}$ af stenanalyserne har mellem 60 og 90 % ru korn, medens kun ca. $\frac{1}{10}$ af sandanalyserne falder i dette område. Indenfor sandmaterialet synes der ikke at være nogen udpræget forskel fra fraktion til fraktion, ligesom også stenfraktionerne indbyrdes er forholdsvis ensartede.

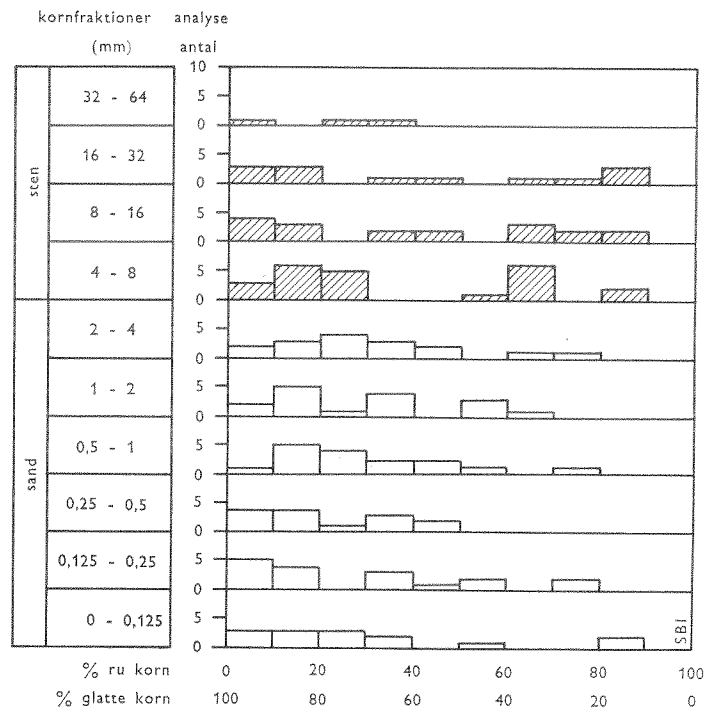


Fig. 4. Analyser af indhold af ru og glatte korn i sand- og stenfraktioner.
 ● Analyses of fine and coarse aggregate fractions for contents of rough and smooth particles.

Andre fysiske kornegenskaber

Ved grusanalysen foretages tillige en bedømmelse af strukturen, herunder fastheden og porøsiteten af kornene. Denne bedømmelse er imidlertid af ret skønsmæssig art, hvorfor resultaterne ikke skal behandles her. Blot skal bemærkes, at laboratoriet for tiden arbejder hen imod etablering af mere eksakte målemetoder for disse undersøgelser.

Materialets anvendelse

De viste diagrammer er som nævnt sammenfatninger af et betydeligt større antal diagrammer, som laboratoriet har udarbejdet. Formålet med fremstillingen af disse er at gøre resultaterne overskuelige og dermed anvendelige.

Dette illustrationsmateriale anvendes løbende som sammenligningsgrundlag ved vurdering af analyser af nyindkomne prøver, og i den rapport, som redegør for undersøgelsen, fremsættes bemærkninger om, hvorvidt der er fundet overens-

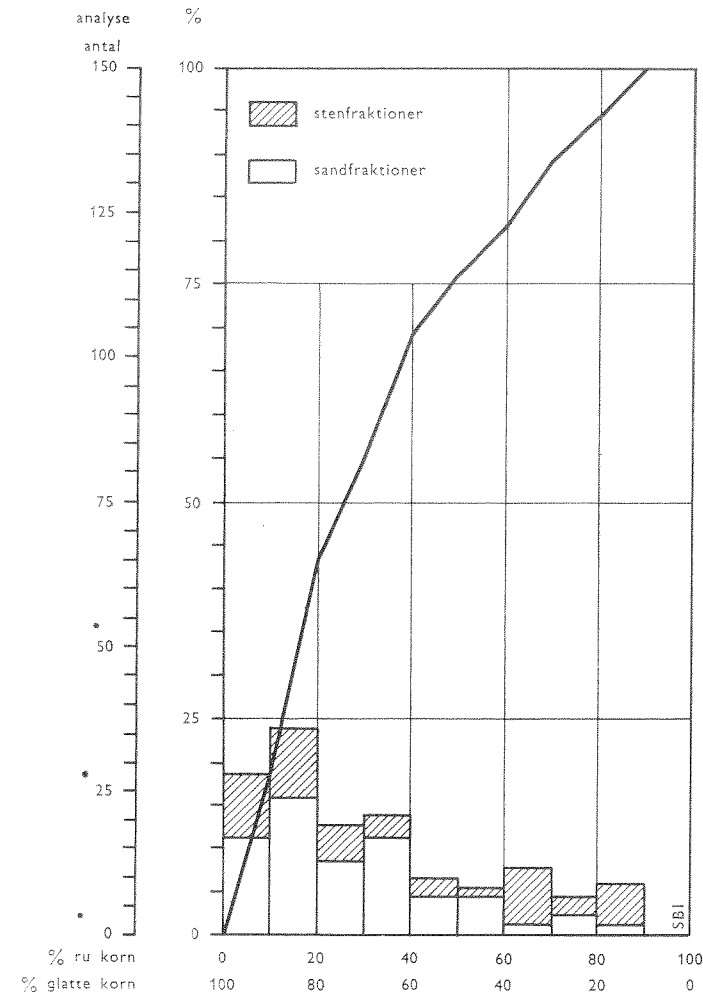


Fig. 5. Sammenstilling af de i fig. 4 anførte analysedata.
 ● Summary of the analyses shown in Fig. 4.

stemmelse med eller afvigelse fra de almindelige tendenser i det hidtil foreliggende analysemateriale.

Alle de i diagrammerne anførte data repræsenterer materialer, der anvendes eller påtænkes anvendt som betontilslag. De geologiske aflejringstyper, prøverne stammer fra, omfatter smeltevandsaflejringer (bakkegrus), stranddannelser og havbundsforekomster (sømaterialer). Med hensyn til geografisk lokalisering er både Nordjylland, Østjylland og øerne samt de indre danske farvande repræsenteret. Når de geologiske og geografiske forhold imidlertid ikke her er draget

ind i kommentarerne til diagrammerne, er årsagen den, at materialet anses for endnu at være for spinkelt til, at sådanne kan have værdi. Det er hensigten, når materialet med tiden bliver tilstrækkeligt omfattende, at søge belyst forskelle og ligheder mellem de geologiske aflejringer og de geografiske områder. De her fremlagte data indgår således i en kortlægning af egenskaber ved danske grusforekomster, der anses for at have betonteknologisk betydning.

Kommende forsøg

Det i det forrige meddelte omfatter en rent analytisk karakteristik af nogle betongrusmaterialers egenskaber. Egenskaberne anses for at have indflydelse på betonblandingen i princippet på den måde, at udpræget lange eller flade, skarpe og ru korn giver en mere strid og dermed mere vandkrævende blanding end udpræget kubiske, afrundede og glatte korn. Af hensyn til en mere nuanceret angivelse af ikke blot hvorledes disse extreme kornkarakterer men også hvorledes de mindre extreme og dermed hyppigere forekommende (jvf. diagrammerne) kornegenskaber indvirker på blandingens konsistens er afholdelse af betonteknologiske forsøg nødvendig. En forsøgsrække med dette formål er for tiden under planlæggelse ved SBI's laboratorium.

Summary

Petrographic investigations of samples of aggregates for concrete have been conducted at the Danish National Institute of Building Research since 1957. In addition to mineralogical investigations, the analyses include the determination of certain physical characteristics of the components:

Particle shape: (1) cubic, (2) long, (3) flat.

Surface texture: (1) angular, (2) subrounded, (3) rounded;

(1) rough, (2) smooth.

The analyses are carried out quantitatively by counting the particles.

Figs. 1, 3, 4, and 5 show a survey of the analytical results obtained up to now. These diagrammatic classifications are used at the laboratory of the Institute as correlating data in investigating new samples.

Litteratur

- [59 L 7] Larsen, Gunnar: "Grus til betonstøbning." Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening Bd. 14 pp. 77—95, København 1959.
- [59 L 6] Larsen, Gunnar: "Petrografisk undersøgelse af betongrus." Beton-Teknik nr. 3 pp. 73—104, København 1959.
- [61 N 2] Nerenst, Poul: "Prøvning af grus." Nord. Bet. (5), 1961, pp. 109—128.
- [61 P 1] Plum, Niels M.: "Foreløbig vejledning i forebyggelse af skadelige alkalisreaktioner i beton." Alkaliudvalgets vejledning 1. SBI. Kbhvn. 1961.