



BELÆGNINGSGRUPPEN

dansk  
beton

2007



# Beton- belægninger

- ANVENDELSE, UDFØRELSE OG VEDLIGEHOLDELSE  
AF BELÆGNINGER, TRAPPER OG STØTTEMURE

---

Udgiver:  
Belægningsgruppen, Dansk Beton

1. udgave, 1. oplag 5.000 stk. 2001.  
2. udgave, 1. oplag 5.000 stk. 2007.

Udarbejdet af:  
Belægningsgruppen, Dansk Beton.

Oplag: 5000 stk.

Gengivelse af bogen eller dele af bogen er kun tilladt med tydelig angivelse af kilde. Illustrationer må kun bringes sammen med tilhørende tekst, såsom figurtekst og anden relevant tekst fra denne bog.

Der tages forbehold for trykfejl.

# Forord

Denne håndbog giver en bred information om sten og fliser af beton. Håndbogen er desuden en vejledning i projektering og udførelse af trafikbelastede veje, pladser og stier med betonsten og -fliser. Den er baseret på teoretisk viden, praktiske erfaringer med betonsten og -fliser, samt de nyeste normer og standarder.

Formålet er, at man ved hjælp af denne håndbog skal kunne udføre holdbare befæstelser og undgå skader og fejl på belægningen.

Håndbogen henvender sig ikke kun til læsere der er fortrolige med vejbygning, men forudsætter dog en vis teknisk indsigt. Det anbefales dog altid at søge kompetent rådgivning indenfor området. Der bliver givet gode råd til valg af stentyper, læggemønstre mv. og beskrivelse af projektering, udførelse og vedligeholdelse af veje og pladser.

Bagerst i håndbogen findes en ordforklaring samt en litteraturliste. Der er løbende henvist til relevante vejregler og anden litteratur. Disse henvisninger er angivet med "bogens titel", de resterende oplysninger findes i litteraturlisten.

Det er Belægningsgruppens håb, at håndbogen vil blive brugt af byggeriets parter.

Denne håndbog bliver også tilgængelig på Belægningsgruppens hjemmeside, [www.betonsten.dk](http://www.betonsten.dk), hvor der også findes forskelligt andet materiale, som Belægningsgruppen har udarbejdet.

Der tages forbehold for trykfejl. Materiale, herunder nye standarder og lignende udsendt efter den 7. Juli 2007 (ved redaktionens afslutning) har det ikke været muligt at tage hensyn til.

7/7-07

Belægningsgruppen, Dansk Beton

--	--

# Indholdsfortegnelse

1	Betonbelægninger i Danmark .....	9
2	Anvendelse og egenskaber .....	13
2.1	Anvendelsesområder .....	15
2.1.1	Veje .....	15
2.1.1.1	Trafikregulering med betonsten og fliser .....	15
2.1.2	Torve og pladser .....	17
2.1.3	Industriarealer, havne mv. ....	18
2.1.4	Indkørsler, terrasser og parker .....	19
2.2	Belægningstyper og kantbegrænsning .....	21
2.2.1	Stenform .....	21
2.2.2	Overfladestruktur og farver .....	21
2.2.3	Læggemønstre .....	22
2.2.4	Belægningssystemer .....	23
2.2.5	Græsarmeringssten .....	24
2.2.6	Øko-sten .....	25
2.2.7	Kantsten .....	26
2.2.8	Støttemure og trapper .....	27
2.3	Lys-, lyd-, og friktionsegenskaber .....	29
2.3.1	Lysegenskaber .....	29
2.3.2	Lydegenskaber .....	30
2.3.3	Friktionsegenskaber .....	31
2.4	Fugens funktioner .....	33
2.4.1	Overføre belastninger .....	33
2.4.2	Forhindre kantafskalning .....	34
2.4.3	Tætne belægningen .....	35
2.4.4	Sikre mønsteret .....	37
2.4.5	Optage formvariationer .....	38
2.5	Betons natur og bestanddele .....	39
2.6	Levetid .....	43
2.6.1	Betons levetid .....	43
2.6.2	Levetid for befæstelse .....	44
2.7	Miljødata .....	45
2.7.1	Livscyklusanalyser .....	45
2.8	Produktstandarder og kvalitetssikring .....	49
2.8.1	Krav til betonsten .....	50
2.8.2	Krav til fliser .....	51
2.8.3	Krav til kantsten .....	52
2.8.4	Mål/byggemål .....	53
2.8.5	Produktmærkning .....	53
2.8.6	Kvalitetssikring/kontrolordning .....	54
2.9	Fremstilling af betonsten og fliser .....	55
2.9.1	Betonvarefabrikken er miljøvenlig .....	57
3	Dimensionering, projektering og udførelse .....	59
3.1	Vejregler, normer, standarder og vejledninger .....	61
3.2	Afvanding af belægningen .....	63

3.3 Dimensionering af befæstelser .....	65
3.3.1 Arealer uden trafikbelastning .....	65
3.3.2 Forsøg og erfaringer med trafikbelastede arealer ...	66
3.3.3 Trafikbelastede arealer .....	70
3.3.3.1 Trafikklasser, underbund mv. ....	70
3.3.3.2 Materialeparametre for betonsten .....	71
3.3.3.3 Opbygning af befæstelser .....	72
3.3.3.4 Trafikbelastede arealer med fliser .....	74
3.4 Projektering og udførelse af trafikerede befæstelser .....	75
3.4.1 Underbunden .....	75
3.4.2 Bundsikringslag .....	76
3.4.3 Bærelag .....	78
3.4.3.1 Ubundne lag .....	78
3.4.3.2 Bundne bærelag .....	79
3.4.3.3 Bærelag af knust beton, asfalt og tegl .....	80
3.4.3.4 Sættemateriale til kantsten mv. ....	82
3.4.4 Betonstenslag .....	83
3.4.4.1 Afretningslag .....	83
3.4.4.2 Betonsten og lægning .....	86
3.4.4.3 Fuger .....	90
3.4.4.4 Kvalitetssikring af udførelsen .....	94
3.4.5 Betonfliselag .....	97
3.4.6 Kantsikring .....	98
3.4.6.1 Buede tværprofiler .....	99
3.4.6.2 Sætning af kantsten .....	99
3.5 Projektering og udførelse af trapper .....	101
3.5.1 Projektering .....	101
3.5.1.1 Vand og frostskeer .....	101
3.5.1.2 Trappens komponenter .....	102
3.5.1.3 Opbygning af underbunden .....	102
3.5.2 Betonstenstrappe .....	103
3.5.2.1 Sætning i beton .....	103
3.5.2.2 Kantsikring .....	104
3.5.2.3 Placering af stenene .....	104
3.5.3 Elementtrappe .....	105
3.5.3.1 Afretning og komprimering .....	105
3.5.3.2 Kantsikring .....	106
3.6 Projektering og udførelse af støtte- og støjmure .....	107
3.6.1 Støtte- og støjmure .....	107
3.6.1.1 Støttemures virkemåde .....	108
3.6.1.2 Støjmures virkemåde .....	108
3.6.1.3 Bæreevnekurver .....	109
3.6.2 Opbygning af støttemure .....	109
3.6.3 Opbygning af støjmure .....	111
4 Drift og vedligeholdelse .....	113
4.1 Vejregler, normer, standarder og vejledninger .....	115
4.2 Renholdelse .....	117
4.2.1 Alger og anden bevoksning .....	118
4.3 Kalkudfældninger .....	121
4.3.1 Dannelse af kalkudfældninger .....	121
4.3.1.1 Kalkudfældninger skader ikke beton .....	121
4.3.2 Begrænsning af kalkudfældninger .....	122

4.3.2.1 Kalkulfældninger kan opstå før levering .....	122
4.3.2.2 Modtagekontrol er vigtigt .....	122
4.3.2.3 Korrekt udlægning og projektering .....	123
4.3.2.4 Renholdelse .....	123
4.3.2.5 Opbevar ikke materialer på belægningen .....	124
4.3.2.6 Fej belægningen ren efter fugning .....	124
4.3.3 Kalkulfældninger forsvinder .....	125
4.3.3.1 Fjernelse af kalkulfældninger .....	125
4.4 Ukrudtsbekæmpelse .....	127
4.5 Vedligeholdelse af fuger og kanter .....	131
4.5.1 Vedligeholdelse af fuger .....	131
4.5.2 Vedligeholdelse af kanter .....	131
4.6 Reparationer og retablering .....	133
4.6.1 Opgravning i belægningen .....	133
4.6.2 Retablering af befæstelsen .....	134
4.6.3 Fjern lunger og sporkøring .....	135
4.7 Vintervedligeholdelse .....	137
Ordforklaringer .....	141
Litteraturliste .....	147
Stikordsregister .....	149





# 1 Betonbelægninger i Danmark

## Betonbelægningers historie

Betonfliser har været benyttet i mere end hundrede år som belægning på veje, pladser mv.



*Figur 1.1. Billede fra 1920, hvor støbning af fliser var håndarbejde. Dette stillede store krav til den enkelte person, hvis kvaliteten skulle være god.*

Efter 2. Verdenskrig kom brugen af betonstenene rigtigt i gang. I blandt andet Holland blev der tidligere benyttet teglsten, men pga. efterspørgslen på disse til genopbygning af huse efter krigen, valgte man at benytte betonsten på vejene. I Tyskland voksede brugen af betonsten hurtigt, men her begyndte man at udvikle stenene, og i midten af 50'erne blev den første sten med låsevirkning introduceret. I dag findes der flere hundrede forskellige former for betonsten og fliser.

Udover udviklingen af forskellige former, fremstilles fliser og betonsten i forskellige farver og med forskellige former for overfladebehandling.

I Danmark er der også sket en væsentlig udvikling med hensyn til produktion og kvalitet. Der bliver ført en omfattende kontrol med produkterne således, at der bliver leveret en høj og ensartet kvalitet fra fabrikkerne.

Alle fabrikker i Belægningsgruppen, er tilknyttet en offentlig anerkendt kontrolordning eller et certificeringsorgan, der er akkrediteret til produktcertificering.

## Hvad er Belægningsgruppen?

Belægningsgruppen er en produktgruppe under Dansk Beton, som er en sammenslutning af betonvare-, betonelement og færdigbetonproducenter.

**Kontrolordning og  
certificeringsorgan**



*Figur 1.2. I bymidter benyttes ofte både standardsten og specialprodukter. Her er benyttet en standard 7x21 cm sten i kørebanen og store aflange specialfliser på fortovet. (Skagen).*

## Supplerende betonprodukter

Belægningsgruppen varetager fabrikkernes fællesinteresser, og sørger for teknisk information om produkterne, deltager i norm- og vejregelarbejde mv.

De enkelte fabrikker i Belægningsgruppen producerer udover sten, fliser og kantsten, også en lang række supplerende betonprodukter, eksempelvis vandrender, pullerter, støttemure mv.





# 2 Anvendelse og egenskaber

Indhold:

- 2.1 Anvendelsesområder
  - 2.1.1 Veje
  - 2.1.2 Torve og pladser
  - 2.1.3 Industriarealer, havne mv.
  - 2.1.4 Indkørsler, terrasser og parker
- 2.2 Belægningstyper og kantbegrænsning
  - 2.2.1 Stenform
  - 2.2.2 Overfladestruktur og farver
  - 2.2.3 Læggemønstre
  - 2.2.4 Belægningssystemer
  - 2.2.5 Græsarmeringssten
  - 2.2.6 Øko-sten
  - 2.2.7 Kantsten
  - 2.2.8 Støttemure og trapper
- 2.3 Lys-, lyd-, og friktionsegenskaber
  - 2.3.1 Lysegenskaber
  - 2.3.2 Lydegenskaber
  - 2.3.3 Friktionsegenskaber
- 2.4 Fugens funktioner
  - 2.4.1 Overføre belastninger
  - 2.4.2 Forhindre kantafskalning
  - 2.4.3 Tætte belægningen
  - 2.4.4 Sikre mønsteret
  - 2.4.5 Optage formvariationer
- 2.5 Betons natur og bestanddele
- 2.6 Levetid
  - 2.6.1 Betons levetid
  - 2.6.2 Levetid for befæstelse
- 2.7 Miljødata
  - 2.7.1 Livscyklusanalyser
- 2.8 Produktstandarder og kvalitetssikring
  - 2.8.1 Krav til betonsten
  - 2.8.2 Krav til fliser
  - 2.8.3 Krav til kantsten
  - 2.8.4 Mål/byggemål
  - 2.8.5 Produktmærkning
  - 2.8.6 Kvalitetssikring/kontrol
- 2.9 Fremstilling af betonsten og fliser
  - 2.9.1 Betonvarefabrikken er miljøvenlig

Betonsten, fliser og kantsten er alsidige produkter, der finder anvendelse mange forskellige steder. Det er ofte vidt forskellige egenskaber der lægges vægt på, afhængig af hvor produkterne skal benyttes. Nogle steder er det overvejende af æstetiske hensyn, at der vælges betonsten eller fliser, mens det i andre situationer vil være de rent tekniske egenskaber, der er afgørende.

## 2.1 Anvendelsesområder

Betonsten og fliser kan anvendes som belægning stort set overalt:

bygader	indendørgulve	cykelstier
containerpladser	fortove	garager
havne	industripladser	kystsikring
lufthavne	rundkørsler	parkeringspladser
rastepladser	stilleveje	terrasser
torve	udenomsarealer	veje
osv.		

Det vil sige lige fra indendørsarealer uden trafik til nogle af de tungest trafikerede områder som veje, havne- og industripladser. Der anvendes årligt ca. 10 millioner kvadratmeter betonsten og fliser her i landet (tal fra 2006).

### 2.1.1 Veje

Førhen var asfalt det dominerende materiale som belægning på veje. I de senere år er det imidlertid blevet mere og mere almindeligt at anvende betonsten og fliser på veje. De anvendes hovedsagelig på boligveje, bygader og lignende. Der findes i dag mange forskellige typer betonsten og fliser. Variation i farver, former og overflader giver både tekniske og æstetiske muligheder for at skabe målrettede løsninger.



*Figur 2.1. Betonsten og fliser er også meget velegnede til almindelige veje. Her en nyanlagt adgangsvej til en industrivirksomhed.*

#### 2.1.1.1 Trafikregulering med betonsten og fliser

Signaler og informationer, der fortæller hvor biler, cyklister og gående skal færdes, hvem der skal holde tilbage og hvilken type vej man færdes på, kan „indbygges“ i belægningen ved skift i farve og overflade. Ændringer i overfladen kan også benyttes til vejledning af svagtseende og blinde, eksempelvis sten med „knopper“ på overfladen. Løsninger, der i dag er meget anvendt i tæt-lav bebyggelse og i bymidter, hvor man samtidig kan glæde sig over meget smukkere veje.

I by- og boligområder byder det på særlige udfordringer, at etablere

**Betonsten og fliser på boligveje og bygader**

**Informationer indbygges i belægningen**



Figur 2.2. Adskillelse af biler, cyklister og gående kan ske smukt og effektivt med betonsten i forskellige farver og varierende overflader. (Allerød).

en effektiv og sikker trafikregulering, idet trafikken her typisk er en blanding af „hårde“ trafikanter som biler, busser, lastbiler og „bløde“ trafikanter som fodgængere og cyklister.

#### Når trafikanterne adskilles

I forbindelse med veje med forholdsvis megen trafik og/eller høj hastighed vil man ofte vælge at skabe en skarp adskillelse af „bløde“ og „hårde“ trafikanter.

Et typisk eksempel på denne adskillelse er de såkaldt miljøprioriterede gennemfarter, der etableres, hvor større, stærkt trafikerede landeveje skærer igennem mindre byer. Her er hovedformålet dobbelt, nemlig både at sænke hastigheden og at adskille „bløde trafikanter“ fra „hårde“ trafikanter for totalt at mindske antallet af ulykker med personskade.

På stamvejen i et boligområde kan det også være nødvendigt at skabe en effektiv adskillelse af biler, cyklister og gående, for at sikre en rationel afvikling af biltrafikken, samtidig med at de „bløde“ trafikanter (typisk skolebørn) kan færdes trygt og sikkert.

#### Fartdæmpende foranstaltninger

Når trafikmængden eller hastigheden taler for en adskillelse af cyklister, fodgængere og biler, vil fartdæmpende foranstaltninger, som forsætninger af vejens forløb, rundkørsler og lignende, ofte være påkrævet. Men som udgangspunkt er det naturligvis væsentligt, at vejen er udformet, så bilisterne „automatisk“ vælger den rette hastighed. Her kan betonsten og fliser have en afgørende rolle. At køre fra asfalt ind på en vejstrækning med betonsten og fliser har generelt en dæmpende effekt på hastigheden. Det skyldes både den visuelle signalværdi i den ændrede belægning - og at lyden inde i bilen ændrer sig markant.

#### Når trafikanterne blandes

Ved mindre boligveje og i bymidter vælger man ofte at blande „bløde“ og „hårde“ trafikanter.



Udgangspunktet er typisk, at hastigheden er tilpas lav og at biltrafikken ønskes begrænset mest muligt. Derfor anlægges vejene, så trafikken afvikles med størst hensyntagen til de gåendes og cyklendes vilkår. Det kan altså beskrives som gågader, hvor bilkørsel er tilladt.

Betonsten og fliser er indlysende velegnede, når der etableres veje uden skarp adskillelse af fodgængere, cyklister og biler.

Ved at udnytte mulighederne med forskellige farver, former eller overflader, er det let at etablere en synlig, men ikke bastant adskillelse, der som helhedsløsning oven i købet giver et smukt resultat. Betonsten og fliser signalerer også her en „usædvanlig“ vej, og skærper derved bilisternes opmærksomhed omkring hastigheden.



*Figur 2.3. Med kørebane og fortov i samme niveau har man med et bånd af chaussésten som markering skabt en mellemting mellem at adskille og blande biler, cykler og gående i denne bymidte. (Ringsted).*

## 2.1.2 Torve og pladser

På torve og pladser har betonsten og ikke mindst fliser været benyttet igennem mange år. Med betonprodukterne er der mulighed



*Figur 2.4. Der er en lang tradition for at benytte betonsten og fliser på torve og pladser. Her er vejen en smuk og integreret del af torvet. (Kjellerup).*

**Trafikken afvikles på bløde trafikanters vilkår**

Æstetiske løsninger

for at skabe individuelle løsninger med et højt æstetisk niveau. På parkeringspladser er betonsten og fliser også blevet meget anvendt. Her benyttes normalt 2 stentyper eller farver, for på den måde at afmærke de enkelte båse.



Figur 2.5. Det er let at skabe lyse og venlige miljøer med betonsten og fliser. (Esbjerg).

### 2.1.3 Industriarealer, havne mv.

Den udbredte anvendelse af betonsten på industriarealer, lufthavne (standpladser), containerpladser, fragtcentraler og busterminaler mv. skyldes hovedsageligt de rent tekniske fordele:

- ◆ Slidstærk belægning
- ◆ Tåler store koncentrerede laster fra f.eks. containere og fly
- ◆ Tåler store vridende påvirkninger fra trucks, lastbiler og fly



Figur 2.6. Betonsten er meget velegnet til at optage store hjultryk fra eksempelvis fly. Fly kan have hjultryk på op til ca. 40 ton.

Tåler store punktlaster og vridende påvirkninger

- ◆ Modstandsdygtig overfor benzin, olie, salt, frost/tø mv.
- ◆ Bæreevnen mindskes ikke i varmt vejr.

Dette er egenskaber, der kun vanskeligt kan opnås med andre belægninger og i så fald typisk til en højere pris.

På containerpladser kommer betonstens egenskaber virkelig frem, her er der store statiske koncentrerede laster fra containerne, samt store hjultryk og vridende påvirkninger fra trucks med op til 100 tons akseltryk.



Figur 2.7. På containerpladser bliver betonstenenes gode tekniske egenskaber godt udnyttet.

(Ny containerhavn i Århus, 130.000 m<sup>2</sup>).

## 2.1.4 Indkørsler, terrasser og parker

Betonsten og fliser har i mange år været det foretrukne valg til indkørsler, terrasser, parkanlæg mv. Dette skyldes både, at der kan laves meget individuelle og smukke løsninger, men også, at der ikke



Figur 2.8. Betonsten og fliser benyttes ofte til stier og pladser i parkanlæg og lignende.

Velegnet til containerpladser

kræves store maskiner til udlægningen.

Da stenene er forholdsvis enkle at lægge, er der også blevet lavet mange „gør-det-selv“ indkørsler eller terrasser. Pladevibrator og fliseskærer/-klipper vil normalt kunne lejes hos enten producenten eller forhandleren. Dette, samt det rige udbud af farver, former og overflader, har været med til at gøre betonsten til et populært produkt til disse områder, både ved nybyggeri og til ældre huse.

**Betonbelægninger passer til både nyt og gammelt**



*Figur 2.9. Betonsten er meget anvendt til terrasser og indkørsler, og ved det rette valg af farve og type, kan stenene passe til såvel nyt som gammelt byggeri.*



## 2.2 Belægningstyper og kantbegrænsning

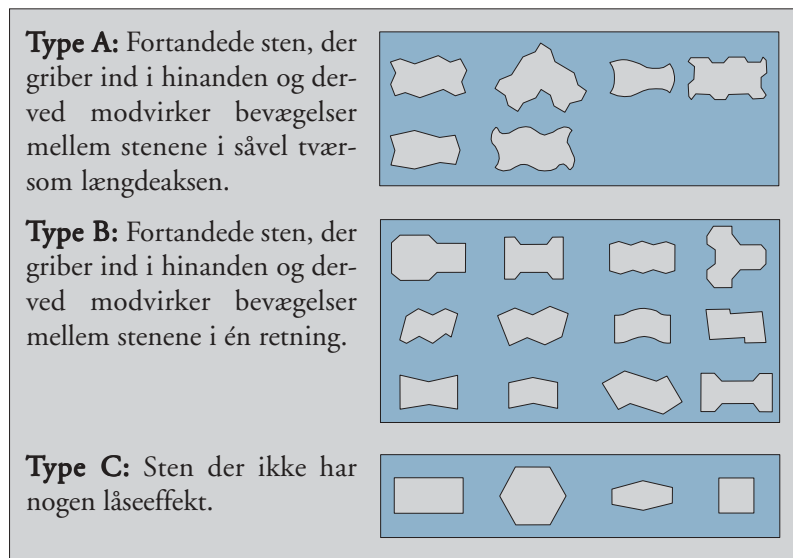
Der findes mange forskellige typer betonsten og fliser, og det vil være uoverkommeligt at gennemgå dem alle sammen. I stedet henvises til omfattende katalogmateriale fra producenterne. Det følgende er derfor blot eksempler på de mange forskellige typer, former mv., der findes.

### 2.2.1 Stenform

På verdensplan eksisterer der flere hundrede forskellige udformninger. I nedenstående figur ses et lille udpluk af de stentyper der anvendes herhjemme. Opdelingen i type A, B og C benyttes bl.a. i „Vejregel for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger“.

Valget af stenform bør ikke kun baseres på udseende, men også hvilke belastninger belægningen vil blive udsat for, se mere i afsnittet 3.3 „Dimensionering af befæstelser“.

Fliser er typisk rektangulære og leveres i mange forskellige størrelser.



Figur 2.10. Det viste er blot et udpluk af de stenformer der eksisterer. På verdensplan findes der flere hundrede forskellige stenformer.

### 2.2.2 Overfladestruktur og farver

Udover den almindelige betonoverflade, kan der fås betonsten og fliser med mange forskellige former for overfladebehandling, eksempelvis frilagte sten, slebet overflade, kugleblæst overflade, samt mange andre. En anden meget populær efterbehandling af stenene er rumbling, hvor stenene efterbehandles, så de får et mere rustikt udseende.

Låsevirkning

Efterbehandling

### Farvemix

Med hensyn til farver er der også et rigt udvalg. Udover den almindelige betongrå, er de mest anvendte farver sort, hvid, rød, brun og gul i forskellige nuancer og som farvemix.



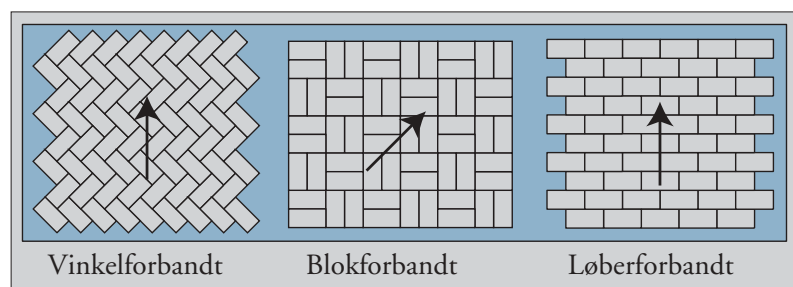
Figur 2.11. Betonsten og fliser leveres i mange forskellige farver og nuancer, og med forskellige former for efterbehandling.



Figur 2.12. Et eksempel på efterbehandlede sten er betonsten med slæde kanter. Disse får et mere rustikt udseende.

### 2.2.3 Læggemønstre

Der er mange forskellige muligheder med hensyn til læggemønstre. Det er dog forskelligt fra stentype til stentype hvilke mønstre der er mulighed for at vælge. Endvidere er der forskel på hvor gode de forskellige mønstre er til at modstå påvirkninger fra trafik. For flere stentyper/mønstre afhænger disse egenskaber af stenenes orientering i forhold til trafikken.



Figur 2.13. De rektangulære stentyper lægges normalt i et af de viste læggemønstre. Pilene angiver optimal kørselsretning.

Vær opmærksom på kørselsretningen

De mest anvendte læggemønstre er vinkelforbandt (sildebensmønster), blokforbandt og løberforbandt.

Det mest effektive af disse er vinkelforbandtet, herefter kommer blokforbandtet og til sidst løberforbandtet. Med mest effektive menes der det mønster, hvor trafikken alt andet lige giver færrest deformationer, eksempelvis sporkøring.

Vinkelforbandtet, eller sildebensmønsteret, som det normalt kaldes, er det læggemønster der er mindst følsomt med hensyn til hvilken retning trafikken kører i. For løberforbandtets vedkommende er det vigtigt, at trafikken kører på tværs af de gennemgående fuger.

For flere af de låsende sten med mere komplicerede former, er valgmulighederne dog begrænsede. Flere af disse sten kan kun lægges i et bestemt mønster. For de sten, hvor der er flere muligheder for læggemønstre, bør der ved trafikbelastede arealer vælges det belastningsmæssigt optimale mønster, jf. ovenstående.

Er der kun begrænset trafik på arealet, kan læggemønsteret i højere grad vælges ud fra det æstetiske indtryk.

## 2.2.4 Belægningssystemer

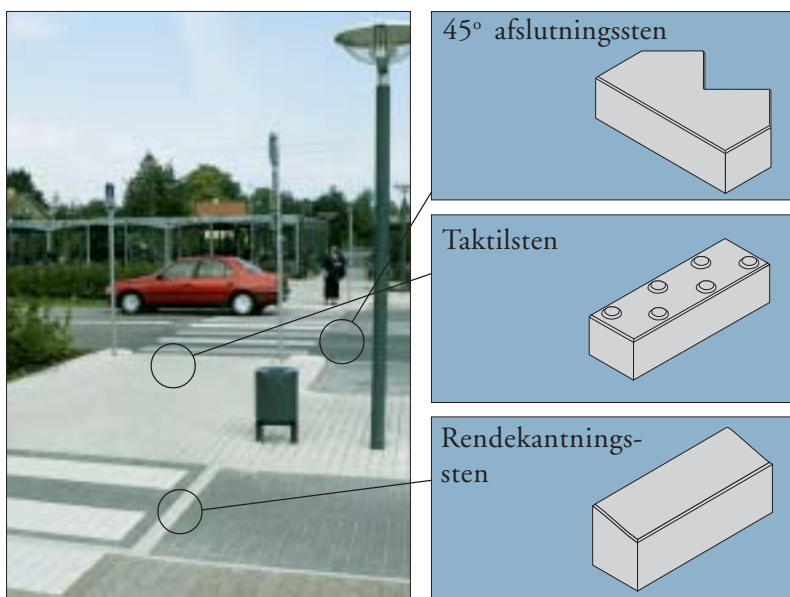
Der er udviklet flere mere eller mindre omfattende belægningssystemer. Det er lige fra systemer med sten og tilhørende randsten, til komplette systemer, med specialelementer til pullerter, fodgængerovergange, specielle sten og riste til indramning af beplantning, specielle kantsten osv.

I de seneste år er der også sket en stor udvikling indenfor sten til torve, terrasser mv. Det er ofte sten i forskellige farver, former, overflader og størrelser, der kan lægges i meget dekorative mønstre.

Systemer med mange specialelementer er selvfølgelig dyrere i indkøb, men har den fordel, at der kan laves løsninger med mange spændende detaljer, og ofte med mindre tilpasningsarbejde.

Sildebensmønsteret er mest effektivt

Mange specialsten



Figur 2.14. Eksempel på nogle specialelementer til et af de mere omfattende systemer. Taktilsten benyttes som hjælp til blinde og svagtseende.

Grønne arealer med begrænset trafik

Græsarmering nedsiver ikke vand!



Figur 2.15. De sydlandsk-inspirerede belægningssystemer er noget forholdvis nyt i Danmark, og adskiller sig markant fra de betonsten og fliser der normalt benyttes.

### 2.2.5 Græsarmeringssten

Græsarmeringssten er, som ordet siger, sten til armering/forstærkning af græsarealer. De benyttes typisk på parkeringsarealer, på brandveje og lignende, hvor trafikbelastningen er begrænset og det ønskes, at arealet er grønt, men hvor det er nødvendigt, at det er farbart i alt slags vejr. Enten er stenene forsynet med huller eller de lægges med brede fuger, så det er muligt at så græs. Græsarealet kan udgøre op til 75 % af det samlede areal.

Flere græsarmeringssten er ikke egentlige sten men større plader. Græsarmeringssten må ikke forveksles med øko-sten der dræner



Figur 2.16. Græsarmeringssten er enten sten med en bred fuge, eller større plader med huller.

vand væk fra belægningen, se næste afsnit. Græsarmeringssten kan opmagasinere en vis mængde vand, der så senere fordamper, men mængden af vand der drænes videre ned i underbunden er forsvindende. Det skyldes, at fugen fyldes med en blanding af sand og muld, og tilsås med græs, hvorved evnen til at dræne vand stort set er væk. Det anbefales dog, at anvende grus med meget lidt finstof til afretningslaget.

Emnet vil ikke blive behandlet nærmere i denne håndbog, men flere oplysninger kan fås ved henvendelse til producenten.





Figur 2.17. Græsarmeringssten benyttes ofte på parkeringsarealer.

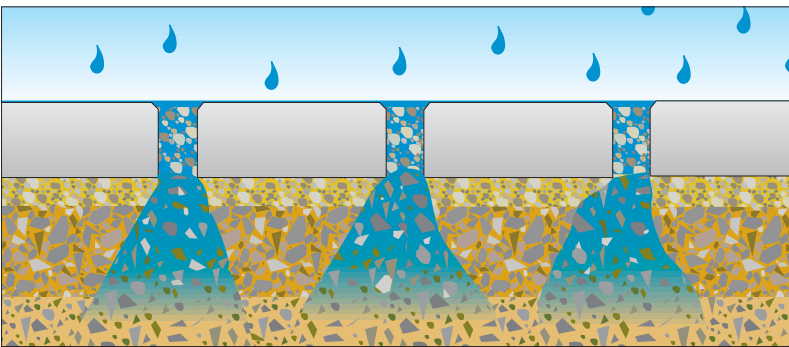
## 2.2.6 Øko-sten

Formålet med øko-sten er at nedsive regnvand, i stedet for at aflede det til kloakken som normalt. Flere og flere arealer befæstes, og det medfører, at mere og mere regnvand ledes til kloakken. Det bevirker, at nogle kloakker løber over når det regner. Tilledningen til kloakken kan reduceres ved at anvende øko-sten, og ved nyanlæg kan der eventuelt spares på udgifterne til kloakanlæg.

Øko-sten og græsarmeringssten forveksles som nævnt ofte, men der er tale om to vidt forskellige typer belægning. Øko-sten lægges med en bred fuge, der fyldes med et meget groft/enskornet materiale, for derved at kunne dræne overfladevand væk.

Udbredelsen af øko-sten er begrænset herhjemme, men i bl.a. Tyskland er de meget anvendt, der lægges ca. 5 millioner m<sup>2</sup> pr. år. Det skyldes blandt andet, at afløbsafgiften i Tyskland sænkes, hvis regnvandet nedsives på egen grund. På større pladser kan der være tale om anseelige beløb.

Der er flere forudsætninger der skal være opfyldt for at kunne anvende øko-sten:



Figur 2.18. Øko-sten lægges med brede fuger med forholdsvis groft og enskornet materiale i både fuger, afretningslag og bærelag. Vandet kan transporteres ned gennem befæstelsen uden at den bliver vandmættet og derved mister sin bæreevne.

Afretningsgrus uden finstof til græsarmering

Øko-sten nedsiver vandet fra belægningen

### Krav til etablering af øko-belægninger

- ◆ Underbunden, bærelag mv. skal være tilstrækkelig vandgennemtrængelig. For underbundens vedkommende vil det i praksis sige, at det skal være sand og grus uden finstof.
- ◆ Anvendes ikke ved vandindvindingszoner.
- ◆ Anvendes ikke på områder hvor der opbevares/anvendes miljøskadelige stoffer.
- ◆ Anvendes kun hvor der er lav trafikbelastning dvs. lager- og parkeringspladser, mindre boligveje, stier og fodgængerarealer.

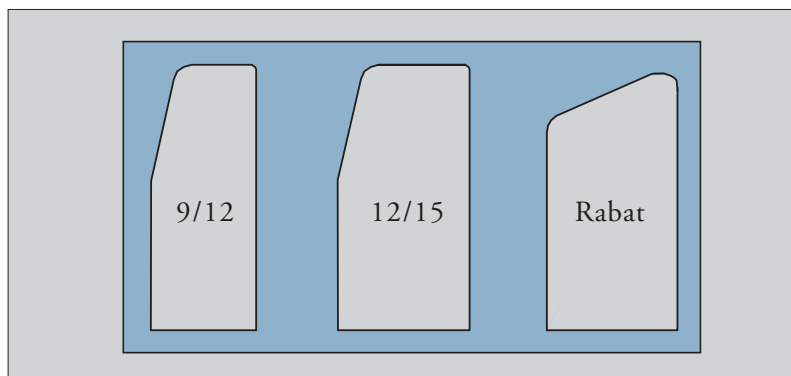
Opbygningen af befæstelser med øko-sten er anderledes end for almindelige betonsten og fliser. Emnet vil ikke blive behandlet nærmere i denne håndbog, men flere oplysninger kan fås ved henvendelse til producenten.



Figur 2.19. Parkeringsplads med øko-sten.

### 2.2.7 Kantsten

De tre mest anvendte kantstenstyper ses i figuren. Disse leveres også som radiuskantsten. Derudover findes der mange forskellige specialkantsten, f.eks. dykkere, som anvendes ved overkørsler, limkantsten, kantsten med hvid overflade, m.fl.



Figur 2.20. Tværsnit af tre almindelige kantstenstyper.

## 2.2.8 Støttemure og trapper

Hvor der er forskelle i terrænhøjde kan der opstilles støttemure. Det primære formål er at holde jorden på plads, men en støttemur kan samtidig virke særdeles dekorativ. Betonsten kan benyttes til mindre støttemure, men der bliver produceret flere forskellige specielle støttemursblokke. Den maksimale højde en støttemur kan have, afhænger hovedsageligt af murens vægt, hældning og tykkelse, jo større vægt, hældning og tykkelse, des højere kan muren laves uden at jorden vælter den. Producenterne vil kunne give nærmere oplysninger om de forskellige blokkes bæreevne.

Der vil typisk også skulle anlægges en trappe i forbindelse med støttemure. Trapper kan bygges op af betonsten og fliser, men der bliver også produceret specielle trappeelementer og trin.



*Figur 2.21. Der findes flere forskellige typer støttemursblokke, her er benyttet en enkel blok med slåede kanter, der passer til belægningen. Til trappen er der også benyttet blokke og betonsten.*



*Figur 2.22. Eksempel på speciel støttemursblok. Jo større hældning muren sættes med, jo højere kan muren laves, uden risiko for væltning/udtrykning.*

**Bæreevnen afhænger af vægt og hældning**

**Specialsten til støttemure**



## 2.3 Lys-, lyd-, og friktionsegenskaber

Lys-, lyd- og friktionsegenskaber er alle vigtige parametre for vejbelægninger. Der er forskel på asfalt, betonsten og beton med hensyn til disse egenskaber, men der er også forskel på de enkelte betonsten. Har stenen fået en overfladebehandling, eksempelvis slibning, vil det generelt indvirke på alle tre parametre. Der udover har læggemønstret, fugebredden og stenformen/størrelsen indflydelse på lydegenskaberne, og farverne har indflydelse på lys-egenskaberne. Det følgende er derfor generelle betragtninger for betonsten og fliser.

### 2.3.1 Lysegenskaber

For at opnå en høj grad af trafikssikkerhed på veje er det vigtigt med en effektiv belysning. Selve lyskilden har selvfølgelig stor betydning, men for at bilisterne har let ved at se cyklister og fodgængere, skal der være en stor kontrast til baggrunden, hvilket normalt vil være belægningen. Den største kontrast opnås ved et mørkt objekt mod en lys baggrund.

En belægnings „lyshedsgrad“ kan angives ved lysrefleksionen. Målinger på betonsten viser, at lysrefleksionen er 2 - 3 gange større end for asfalt, afhængig af betonens farve og asfaltens stenmateriale. En svensk undersøgelse viser, at man på veje med lyse betonsten kan nøjes med den halve lysstyrke pr. kvadratmeter sammenlignet med asfaltbelægninger, se „Gatan för människor“. Det giver væsentlige besparelser på energiforbruget og anlægsudgifterne til belysning. På veje med betonbelægninger kan sigten forbedres ved at øge be-

Stor lysrefleksion

Farve	Luminansfaktor P (0,45) (middelværdi af 3 målinger)	
	Lyskilde svarende til dagslys	Lyskilde svarende til gadebelysning
Koksgrå	15	14
Lysegrå	18	16
Mørkebrun	18	16
Lysebrun	29	27
Lys rød	18	16
Sandfarvet	29	27
Betongrå	23	23
Lys tegl	24	22

Luminansfaktor

*Tabel 2.1. Målinger af lysrefleksionen på betonsten i forskellige farver, jo større tal jo bedre. Til sammenligning er lysrefleksionen for asfalt ca. 7. (Luminansfaktoren er forholdet mellem det reflekterede lys fra hhv. det undersøgte materiale og fra en perfekt diffuserende reflektor, belyst og observeret under de samme forhold). Fra „Design and construction of interlocking concrete block pavements“.*



## Lyst miljø

lysningen, modsat asfalt hvor sigten på grund af spejlinger i asfalt-overfladen ikke kan forbedres udover en vis grænse, se „Gatan för människor“.

Betonstens og flisers gode lysegenskaber gør det også nemmere at skabe lyse og venlige bymiljøer.



Figur 2.23. Med betonsten og fliser kan der skabes lyse og venlige miljøer. (Blokhus).

## 2.3.2 Lydegenskaber

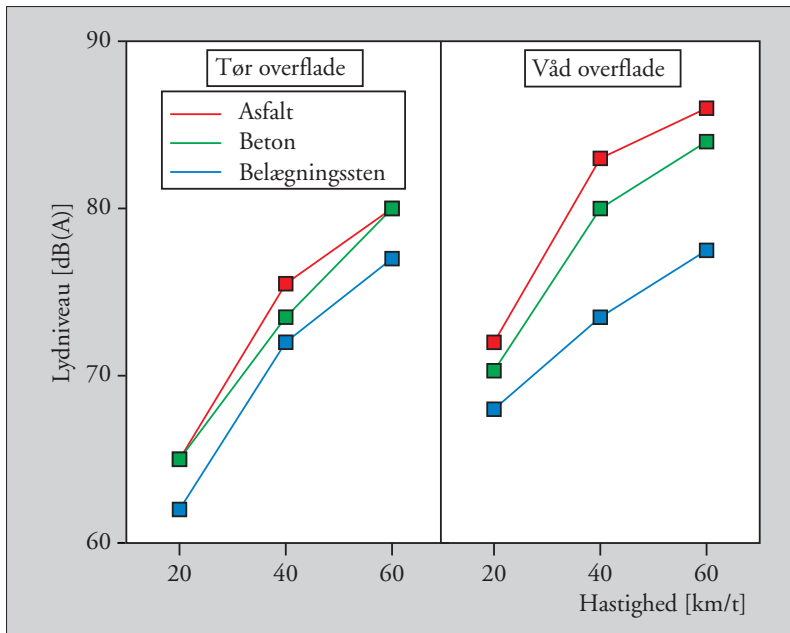
Lydniveauet fra trafikerede veje afhænger bl.a. af biltype, dæktype, hastighed, samt vejbelægning.

Ved hastigheder under 40 - 50 km/t er det lyden fra bilernes motor

## Lydmålinger på betonsten

Stentype og dimension	Kanter	Lægningsmønster	dB(A) ved 30 km/t	dB(A) ved 50 km/t
Rektangulære, 160x240x80mm	ingen affasning	Diagonalt med kørselsretningen	61,8	67,6
do	3 mm affasning	do	62,6	68,1
do	Ingen affasning	Løberforbandt	61,6	67,2
do	3 mm affasning	do	63,4	70,3
Hexagonal, 200x80 mm	2 og 3 mm affasning	Diagonalt med kørselsretningen	62,3	67,9
Rektangulære, 160x240x80mm	Slæde kanter	Løberforbandt	65,1	72,7
Reference; 2 år gammel asfalt, maks. stenstørrelse 12 mm			61,8	68,0

Tabel 2.2. Målinger i vejsiden af lydniveauet fra trafik med forskellige hastigheder og på forskellige belægninger i tørt føre. Ændringer på 3-4 dB(A) er en hørbar forskel og 8-10 dB(A) opleves som en fordobling/halvering. Fra „Gatan som livsrum - om mänsklig trafikmiljö i tätorter“.



Figur 2.24. Lydniveauet fra trafikken stiger når overfladen er våd, men målinger har vist, at for betonsten er stigningen mindre end for andre belægningssten. Fra „Design and construction of interlocking concrete block pavements“.

der er dominerende. Der er derfor ikke særlig stor forskel på om vejbelægningen er betonsten eller asfalt ved disse hastigheder. Ved højere hastigheder er det lyden fra dæk/vejbelægning der er dominerende. Målinger ved vejkanten viser, at støjen fra biler generelt er den samme på asfalt og betonsten i tørt vejr, og at der i vådt føre er mindre støj ved kørsel på betonsten. Det skyldes, at fugerne leder vandet væk således, at der ligger mindre vand på selve overfladen. Lydniveauet inde i bilen er normalt større når der er benyttet betonsten sammenlignet med asfalt. Det skyldes blandt andet, fugerne og afhænger derfor meget af læggemønsteret. Det vil generelt være med til at skærpe førerens opmærksomhed og sænke hastigheden, og kan derfor udnyttes som trafikregulerende middel. Lydniveauet ved kørsel på betonsten vil afhænge af flere ting såsom stentype, fugebredde, fugeretning og om der er affasning, jf. tabel 2.2.

### 2.3.3 Friktionsegenskaber

For at sikre en tilstrækkelig høj trafikikkerhed, er det vigtigt at vejbelægningens friktionskoefficient har en vis størrelse, såvel for den nye som gamle vej. Friktionskoefficienten afgør hvor hurtigt køretøjerne kan standse og hvor hurtigt et sving kan gennemkøres, dvs. en for lav friktionskoefficient medfører lange bremselængder og en lavere mulig hastighed i sving. I Danmark er kravene til friktionskoefficienten på veje fastlagt i vejreglerne, se „Vejregel for vedligehold af færdselsarealet“. Da betonsten og fliser normalt kun benyttes ved hastigheder under 80 km/t, er det kun de følgende krav der er aktuelle.

Mere støj i vådt føre

Bremselængder

## Friktionskrav

- ◆ Friktionskoefficient  $\geq 0,40$
- ◆ På lokalveje med tilladt hastighed  $> 50$  km/t, er kravet vejledende.
- ◆ På øvrige lokalveje skal der sikres tilstrækkelig friktion.

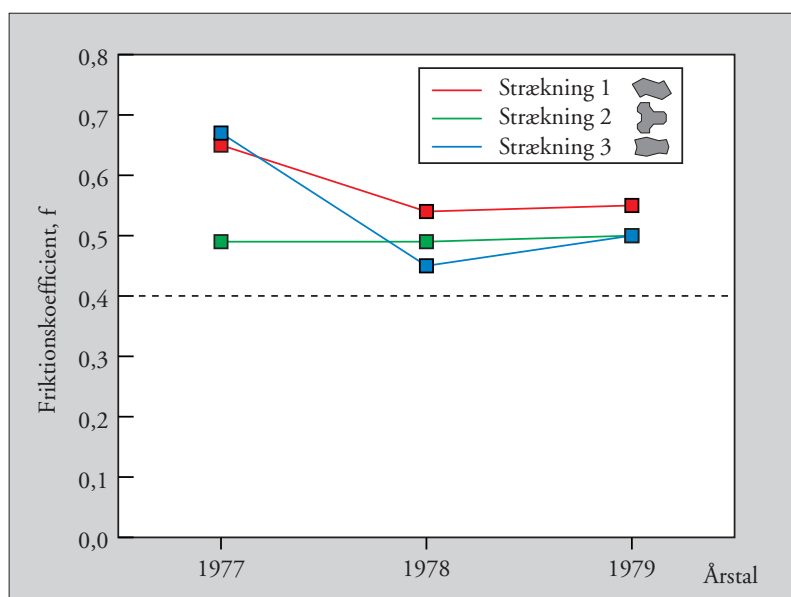
Betonstens og -flisers forholdsvis ru overflade bevirker også, at de ikke bliver glatte i vådt føre.

### Målinger på betonsten

Der er udført flere målinger på såvel nye som gamle betonsten rundt om i verden. I Danmark er der udført målinger på rute 13 ved Viborg, hvor der sidst i 70'erne blev anlagt en teststrækning med betonsten i form af et krybespor. Fra okt. '77 til apr. '80 blev der løbende målt friktion.

Som det ses af figuren faldt friktionen efter udlægningen, men havde en tendens til at stige igen senere. Alle målinger overholder minimumsværdien på 0,4 for hastigheder under 80 km/t. Andre målinger viser, at selv efter 17 års brug er friktionen på betonsten tilfredsstillende, se „Design and construction of interlocking concrete block pavements“.

## Målinger af friktion



Figur 2.25. Målinger af friktionskoefficient på teststrækning med betonsten ved Viborg. Målingerne er foretaget ved 60 km/t, ved hjælp af Vejdirektoratets stradograf. Målingerne er foretaget på tre sektioner, på nyudlagte sten, samt 1 og 2 år efter udlægningen. Fra „Design and construction of interlocking concrete block pavements“.

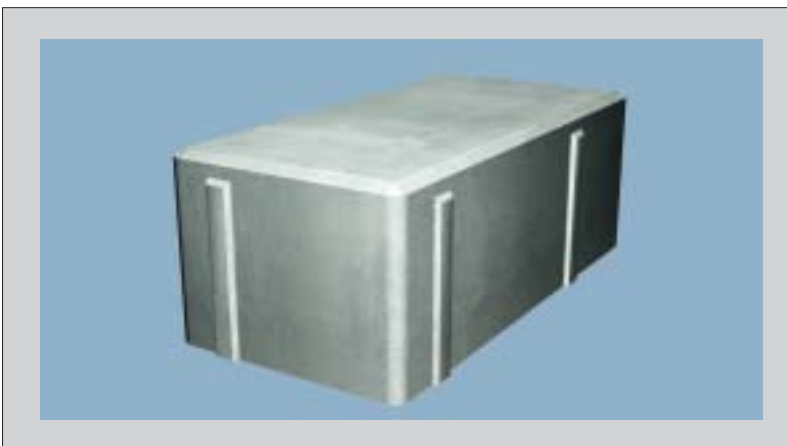


## 2.4 Fugens funktioner

Korrekt udførte fuger mellem betonsten og fliser har vital betydning for betonbelægningens unikke evne til at optage store trafikbelastninger. En utilstrækkelig fugekonstruktion eller vedligeholdelse kan ved betonsten og fliser forårsage, at store belastninger giver beskæmmende og ødelæggende kantafskalninger, samt forholdsvis store sætninger og sporkøring. Betonbelægningens normalt meget lange levetid kan derved reduceres væsentligt. Det er vigtigt i belægningens første leveår at efterse, at fugerne er fyldte. På pladser hvor der benyttes kraftige feje-/sugemaskiner, eller belægningen trafikeres af flyvemaskiner, er det specielt vigtigt at kontrollere fugerne.

En mere beskrivende betegnelse for en fuge finder man i den engelske oversættelse „joint“ (samling), der også anvendes som betegnelse for rørsamlinger. En fuge er ikke kun et „mellemrum“ der skal fyldes ud. En fuge skal tætne, overføre kræfter, sikre mod punktbelastninger/betonkontakt og optage formvariationer.

De fleste betonsten og fliser støbes med fugeknaster der er ca. 1,5 mm høje. Disse er udviklet for at det er muligt at transportere stenene med en maskinnedlægger, uden at tabe enkelte sten. Fugeknasterne sikrer ikke, at der opnås en korrekt fugebredde (2-5 mm), og stenene må således ikke lægges så der er direkte kontakt mellem sten og fugeknaster. Overholdes dette ikke vil det give problemer med at fylde fugerne, mindske kraftoverførelsen mellem stenene og give problemer med at holde flugterne.



Figur 2.26. Betonsten og fliser har normalt ca. 1,5 mm fugeknaster. Fugeknasten er udviklet for at muliggøre transport ved maskinlægning og har ingen funktion med hensyn til at opnå den rette fugebredde.

En fuge mellem betonsten og fliser har mange funktioner. I det følgende gennemgås de vigtigste.

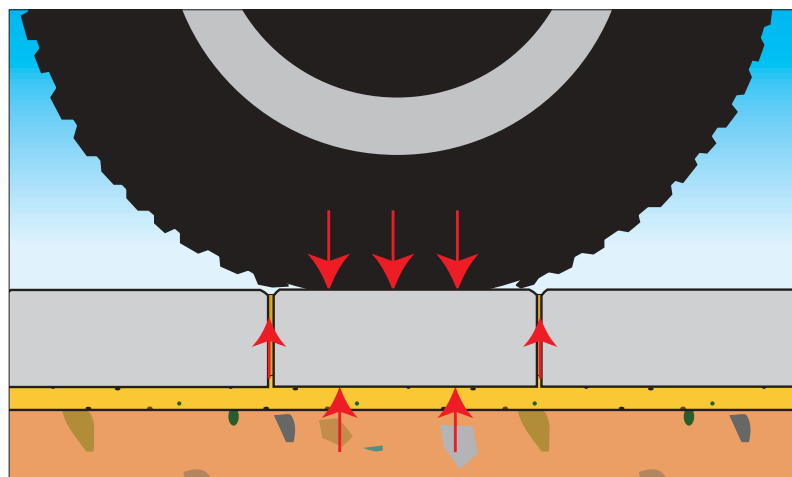
### 2.4.1 Overføre belastninger

En korrekt udført fuge sikrer, at dele af belastningen på en betonsten overføres til de omkringliggende sten. Denne lastoverføring er medvirkende til, at pladser og veje med

Ingen betonkontakt!

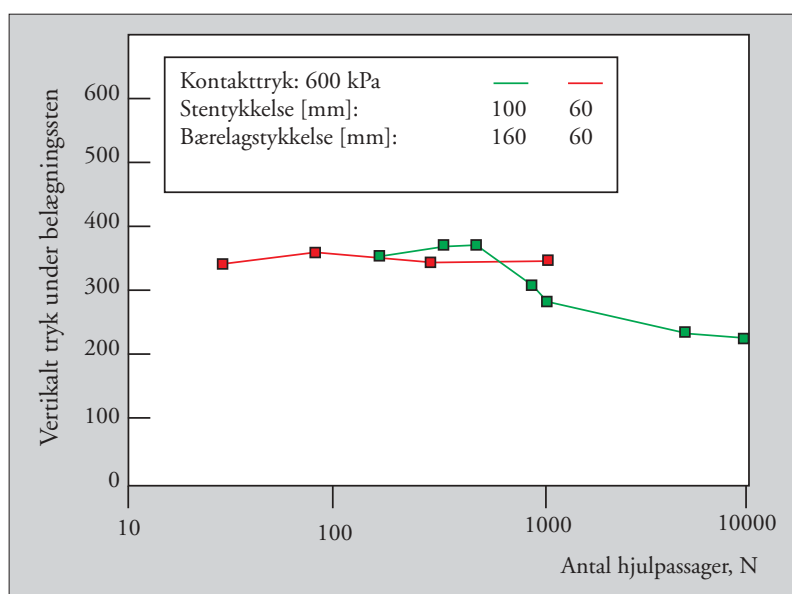
Fugeknaster

Belastning overføres i fugen



Figur 2.27. Belastningen på en sten overføres både til de omkringliggende sten og direkte til afretningslaget, forudsat en korrekt udført og vedligeholdt fuge.

Fugen overfører 1/3 - 1/2 af belastningen



Figur 2.28. Forsøg hvor trykket under betonstenene måles, viser at en betonsten kan overføre 1/3 - 1/2 af kontaktrykket til de omkringliggende sten. Fra „Design and construction of interlocking concrete block pavements“.

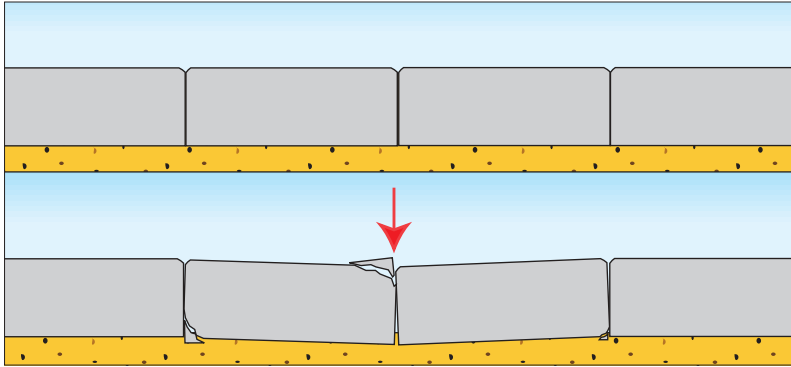
### 2.4.2 Forhindre kantafskalning

På pladser og veje med tung trafik eller store punktbelastninger er det vigtigt, at belægningen er udført med korrekte fuger, da den ellers ikke kan optage belastningerne.

Hvis stenene fejlagtigt ligger helt tæt (knasfuge) kan der opstå kantafskalninger i toppen og i bunden.

Fugerne skal kunne optage de små ikke synlige sætninger og sporkøring, der uvilkårligt vil komme med tiden på en belægning. Sætningerne kan skyldes små variationer i komprimeringen og i tykkelsen af bærelaget og afretningslaget.

Hvis stenene ligger helt tæt vil en lille lokal sætning medføre, at nogle af stenenes kanter støder mod hinanden - og det er da disse



Figur 2.29. Betonsten eller fliser, der er udlagt helt tæt (knasfuge) kan ikke bevæge sig vertikalt uden, at nogle af kanterne støder mod hinanden og eventuelt knuses.

kanter, der skal optage stort set hele belastningen. Når en belægning påvirkes af et hjul på et tungt køretøj, vil overfladen få en elastisk nedbøjning på op til 2 mm. Denne bevægelse skal også kunne optages i fugerne uden, at der opstår kantafskalning. Horisontale laster fra eksempelvis bremsende køretøjer kan også give kantafskalninger, hvis stenene ligger helt tæt.

### 2.4.3 Tætte belægningen

Store mængder af regnvand kan passere ned gennem fuger, som ikke er fyldt med et egnet fugemateriale. Det kan give tre problemer:

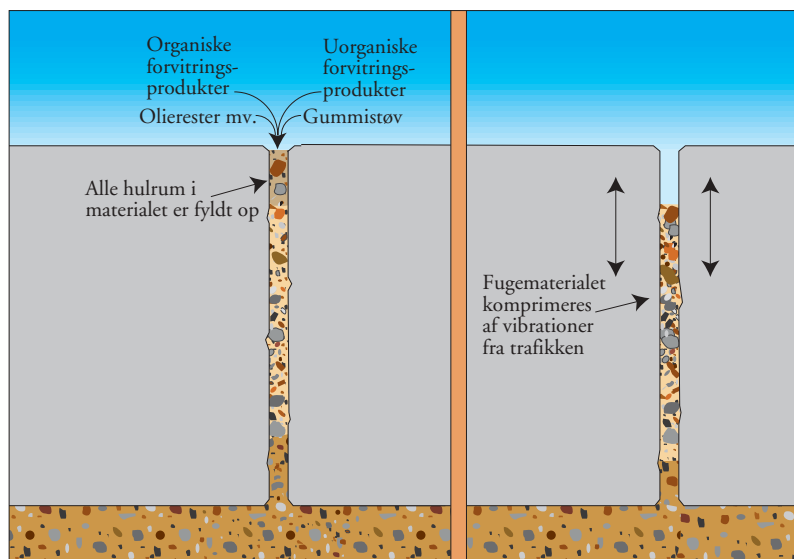
- ◆ Hvis bærelaget opblødes, mister det en del af sin bæreevne, og der er dermed risiko for sætninger i belægningen.
- ◆ Hvis afretnings- og bærelaget er vandmættet kan trafikken forårsage, at der pumpes grus op af fugerne. Det giver sætninger på sigt.
- ◆ Når der trænger meget vand ned i befæstelsen, øges risikoen for at der dannes islinser og dermed frosthævninger.

Fugen vil lige efter fugefyldningen ikke være helt vandtæt. Organiske og uorganiske forvittringsprodukter, gummistøv, oliererester med mere, vil med tiden fylde alle hulrum ud i fugematerialet og øge fugens tæthed. Dette kan kaldes en „naturlig forsegling“. På trafikbelastede belægninger vil vibrationerne fra trafikken og lastoverføringen gennem fugematerialet betyde, at fugematerialet komprimeres og opnår stor tæthed i løbet af kort tid. Forskellige målinger vi-

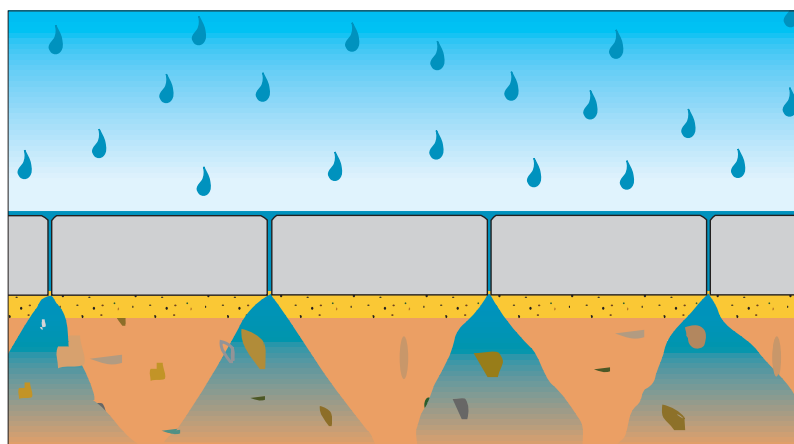
Fugen optager bevægelser

Korrekte fuger tætner belægningen

### Naturlig forsegling



Figur 2.30. En forudsætning for en tæt belægning er, at fugen er fyldt og velkomprimeret. Organiske og uorganiske forvittringsprodukter, gummistøv, olierester med mere, vil med tiden fylde alle hulrum i det øverste fugemateriale og øge fugens tæthed, samt give en god sammenhæng i fugematerialet. Fugens tæthed øges endvidere ved komprimering med vibrator ved udlægningen og vibrationer fra trafikken. Trafikkens vibrationer bevirker, at det ofte er nødvendigt at efterfylde fugerne i de første måneder efter udlægningen.



### Opblødning af bærelag

Figur 2.31. Er fugerne ikke fyldt tilstrækkeligt og/eller anvendes der ikke korrekt fugemateriale, kan store dele af regnvandet løbe ned gennem fugerne og opbløde bærelaget, som derved mister en stor del af bæreevnen.

ser, at der er stor forskel på hvor tætte fuger er. Tætheden afhænger blandt andet af fugemateriale, alder, vedligeholdelse, anvendelse af befæstelsen mv. De mængder vand der trænger ned i gennem korrekt udførte fuger på belægninger med korrekt fald er meget små, og erfaringerne viser, at det ikke giver anledning til problemer. En meget lerholdig fugegrus giver stor tæthed, men er uheldig at anvende på specielt lyse betonbelægninger, da leret kan give afsmitninger. Leret trænger ned i betonens porer og er vanskelig at fjerne. Det skyldes blandt andet, at karbonatiseringen i betonen binder leret fast. Afsmitningerne er specielt synlige på lyse og farvede belæg-



*Figur 2.32. Foto af grus forstørret 2 gange. For at få en tæt, stærk fuger er det vigtigt at gruset har en jævn kornfordeling i området 0-4 mm, at fugematerialet komprimeres af trafikken, og at de mindste hulrum fyldes op med diverse forvittringsprodukter*

ninger. Desuden kan et stort lerindhold medføre en formindsket kraftoverførsel i fugen.

Stenmel indeholder som regel godt med finstof, og anvendes af og til som fugemateriale ved belægningsarbejder. Det er nemt at feje ned i fugerne. Det anbefales at sikre, at stenmelet har en jævn kornfordeling. Endvidere kan kornenes meget kantede facon bewirke, at materialet ikke komprimeres/pakkes tilstækkeligt godt. Langtidserfaringer med stenmel som fugemateriale er begrænsede. Se desuden afsnit 3.4.4.3 „Fuger“.

### **Bundne fugematerialer**

Det kan være ønskeligt at forsegle fugen med et bundet fugemateriale på pladser og veje, hvor specielt kraftige feje/suge- eller flyvemaskiner opererer, eller hvor man ønsker en fuldstændig tæt belægning. Der findes forskellige former for bundne fugematerialer, eks. trasskalkmørtel, voksholdig sand, polymerholdig sand, cementbundet sand og lignende. De giver en stor tæthed og sammenhæng i fugematerialet. Fælles for dem er dog imidlertid, at de er forholdsvis stive modsat afretningslag, bærelag og underbund, der normalt er elastiske. Resultatet er derfor ofte, at fugematerialet med tiden krakelerer når det benyttes på arealer med tung trafik. Brugen må derfor normalt frarådes på sådanne steder. En øget holdbarhed af sådanne fuger opnås hvis afretningslag og bærelag også er forholdsvis stive (f.eks. cementbundne).

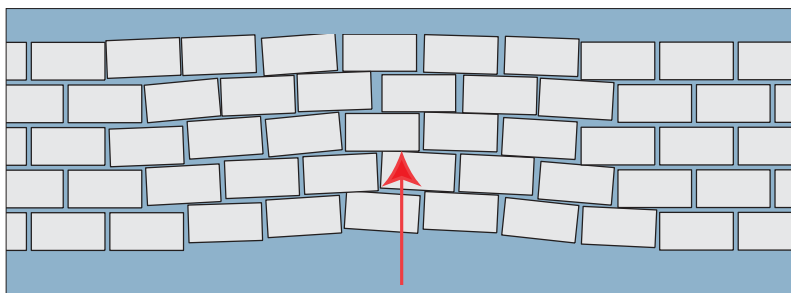
### **2.4.4 Sikre mønsteret**

Fyldte fuger holder belægningen på plads. Hvis fugerne ikke er fyldte, er belægningen sårbar overfor horisontale forskydninger. Det kan hovedsageligt forekomme på steder, hvor køretøjer bremses op, accelererer eller drejer.

**Fugegrus med  
jævn kornfordeling**

**Forsigtighed med bundne  
fugematerialer**

Fyldte fuger sikrer mønsteret



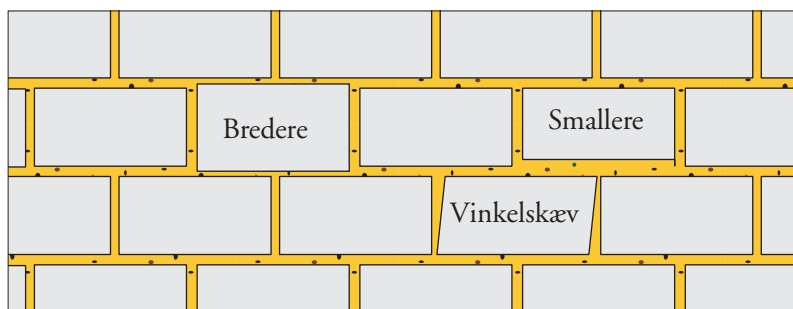
Figur 2.33. Manglende eller forkert fugemateriale kan forårsage, at bremsende, accelererende og svingende trafik giver vandrette forskydninger i belægningen og kantaftskallninger.

### 2.4.5 Optage formvariationer

Ved lægning af granitbrosten skal der på grund af brostens store formvariation arbejdes med fuger på op til 15 mm. Fugerne opstår stort set helt automatisk ved lægningen. Betonsten og fliser er modsat meget præcise i mål, og fugebredden kan derfor reduceres til 2-5 mm. Denne fugebredde er blandt andet nødvendig for at kompensere for de små variationer, der opstår i emnernes form under fremstillingen.

Fuger optager også de udvidelser af belægningen, der sker på grund af varme.

Stentolerancer



Figur 2.34. Fugen optager små variationer i stenenes form. På figuren er diverse normalt ikke synlige formvariationer vist overdrevet.

## 2.5 Betons natur og bestanddele

Betonsten og fliser fremstilles af vand, sand og sten, der bindes sammen af cement, som fremstilles af sand og kridt. Naturlige materialer, som er flere millioner år gamle. Man kan populært sige, at fremstillingen af betonsten er ”fra en slags sten til en ny slags sten”.

Betons natur er bredt favnende. Beton er i uhardet tilstand et meget fleksibelt materiale, som let bearbejdes til en ønsket form med en ønsket overfladestruktur, og med en bestemt styrke, tæthed med videre. Dette udnyttes til at fremstille mange forskellige produkter til gade-, by- og havemiljøer, samt veje og industriarealer.

Her i landet haves meget store og gode sand-, sten- og kridtforekomster. Omkring 2 % af de sand- og stenmaterialer der indvin-

**Beton fremstilles af naturmaterialer**



Figur 2.35. Cement fremstilles af sand og kridt samt få procent gips og flyveaske.

des, anvendes til fremstilling af betonsten og fliser. Der anvendes ofte flere forskellige sand- og stenfraktioner til en betonblanding, for at opnå en optimal kornsammensætning. Herved opnås stor tæthed i betonen.

Betonblandingen kan sammensættes, således at produktet får be-

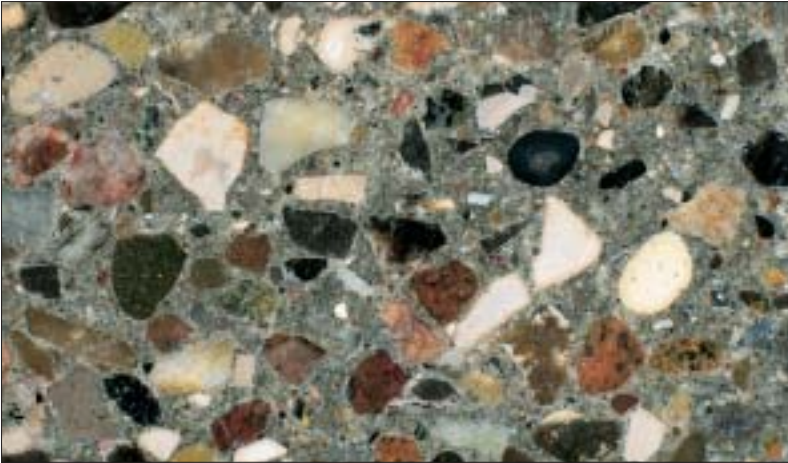


Fra en sten til  
en anden slags sten



Figur 2.36. Betonbelægninger fremstilles af sand, sten, cement og vand. Disse bestanddele blandes til beton, som støbes og vibreres i forme, til betonsten eller fliser. Se desuden afsnit „2.9 Fremstilling af betonsten og fliser“.





Figur 2.37. Ved at skære en betonsten over kan man bedre se og forstå hvordan den er opbygget.

stemte egenskaber - f.eks. høj styrke.

Cementen giver betonen sin karakteristiske grå farve. Tilsætning af farve, f.eks. jernoxider, anvendelse af hvid cement, eller specielle grus- eller sandmaterialer kan give mange forskellige farvenuancer.

Betonsten, fliser og kantsten i beton udstråler robusthed, styrke, miljøvenlighed og lang levetid. Mange havearkitekter kan godt lide den ældning/patinerung, betonens overflade gennemgår. Der er noget rustikt og uforgængeligt over en 50 år gammel haveflise med mos i kanterne, alger mv. på overfladen og delvis frilagte sten. Betonflisen bliver en integreret del af havemiljøet. Gamle slidte fortovsfliser får også mange rosende ord af landskabsarkitekter. Betonstens og flisers udseende ændres med tiden pga. slid, tilsmudsning mv. Ved hård slidpåvirkning fra køretøjer vil stenene blive mere synlige i overfladen.



Figur 2.38. 30 år gammel fortovsflise. (Foto: Torben Dam)

## Betonens opbygning

## Betons patinerung



## 2.6 Levetid

Ved levetidsbetragtninger skal der skelnes mellem forskellige levetider:

- Betonens levetid
- Befæstelsens levetid, både funktionelt og æstetisk.

### 2.6.1 Betons levetid

Betonsten og fliser fremstillet efter dagens krav vil have en meget lang levetid. Der findes mange eksempler på hårdt belastede industripladser, som er etableret for 35 år siden, hvor betonen kun er ubetydelig ældet af de mange års påvirkninger. Mange af Københavns Kommunes fortovsfliser er over 60 år gamle og kan generelt set holde i mange år endnu.

Der findes mange gode eksempler på betons lange levetid.



*Figur 2.39. Militarareal med ca. 15 år gamle betonsten, der dagligt har været udsat for kørsel med bæltekøretøjer. Stenene er kun slidt meget begrænset.*

Der er også eksempler på arealer med betonsten som ikke har klareret påvirkningerne. Det kan skyldes manglende frostbestandighed kombineret med overdreven saltning af arealerne.

I mange tilfælde vil levetiden af en betonstensbelægning være væsentlig længere end levetiden af en alternativ belægning.

Den teknologiske udvikling indenfor fremstilling af betonsten er gået hurtig de seneste 20 år, hvilket betyder, at betonstens levetid er kraftigt øget både via en mere tæt beton og en højere frostbestandighed, men også via en mere ensartet kvalitet. Der pågår en konstant udvikling i fremstillingen af betonsten og fliser.

Beton har til tider fået skyld for kort levetid, men det skyldes ikke betonen som materiale, men manglende kendskab til hvordan beton kan anvendes og skal designes til forskellige produkter. Beton har været anvendt bredt i over 100 år og der er i dag et stort erfaringsgrundlag.

**Betonsten tåler bæltekøretøjer**

**Manglende kendskab**

## 2.6.2 Levetid for befæstelse

Befæstelsens funktionelle og æstetiske levetid er afhængig af følgende:

1. Dimensioneringen
2. Udførelsens kvalitet
3. Vedligeholdelsen.

Ved funktionel levetid forstås: hvor længe arealet holder til påvirkningerne fra trafikken og f.eks. om afvandingen af arealet er opretholdt.

Ved æstetisk levetid forstås: hvor længe udformningen/udseendet er tidssvarende/tilfredsstillende.

Ved mange anvendelser er den æstetiske levetid ofte kortere end den funktionelle, hvilket betyder, at befæstelsen lægges om selvom både beton og funktion er i orden. Den æstetiske levetid afhænger hovedsagelig af det valgte design.

### Ad 1. Dimensioneringen

Hvis befæstelsen er underdimensioneret eller overdimensioneret i forhold til den belastning som den påvirkes af, har det selvfølgelig indflydelse på levetiden af befæstelsen.

En vej med betonsten dimensioneres til den trafik, den skal kunne klare, f.eks. 100 – 200 lastbiler pr. døgn i en 20 års periode, i alt 730.000 – 1.460.000 lastbiler. Levetiden afhænger af hvor megen sporkøring mv. der kan tolereres. Levetiden er således afhængig af, hvad belægningen skal anvendes til.

### Ad 2. Udførelsens kvalitet

Som beskrevet i denne håndbog er der en lang række krav til udførelse af befæstelser med betonsten og fliser. Fravigelse fra disse krav vil give en lavere funktionel og æstetisk levetid.

### Ad 3. Vedligeholdelsen

Det er vigtigt, hvis der er opstået skader på befæstelsen, at få disse skader udbedret, ellers vil skadens omfang typisk vokse.

Her er nogle eksempler:

- ◆ Beskadiget kantsikring kan foranledige sætninger i belægningen.
- ◆ Lunker/sporkøring fyldt med regnvand kan give en opblødning af bærelag og dermed foranledige, at lunken vokser i omfang.
- ◆ Fuger, som er delvist tømte af f.eks. en feje-/sugemaskine, vil transportere meget regnvand ned i bærelagene og dermed foranledige mindre bæreevne, med sætninger til følge.

Den æstetiske levetid vil være afhængig af, at der fra starten er lavet nogle gennemtænkte løsninger, så belægningens udseende er tilfredsstillende i mange år.

Befæstelser med betonsten og fliser kan retableres uden ar, f.eks. efter et ledningsarbejde. Det er med til at sikre en lang æstetisk levetid.

Æstetisk og funktionel levetid

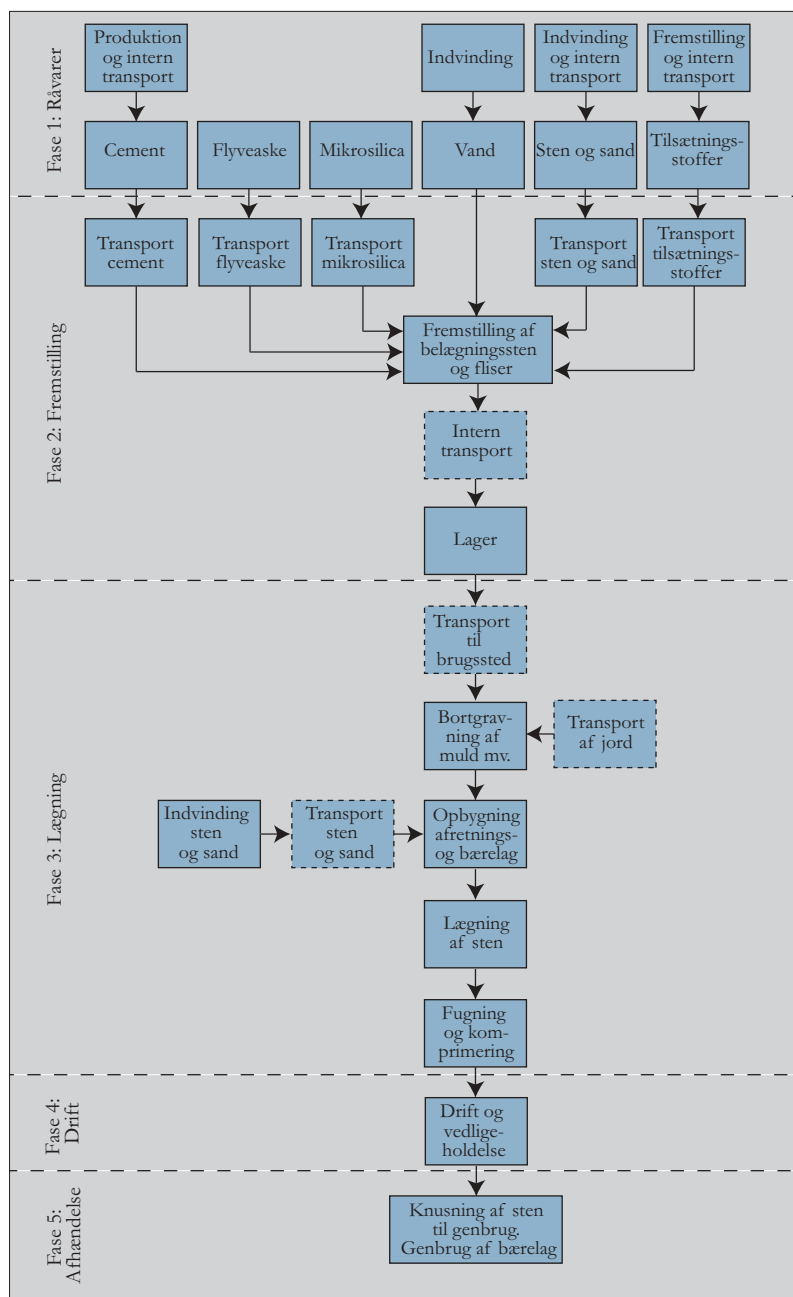
Vigtigt at få skader udbedret

## 2.7 Miljødata

Betonsten og fliser er miljøvenlige produkter. Fremstillingen foranlediger i store træk ingen emissioner til vand, ingen affald til deponi eller forbrænding - kun enkelte emissioner til luft. Alt i alt lave miljøbelastninger i produktets livscyklus.

### 2.7.1 Livscyklusanalyser

Livscyklusanalyser har klarlagt de forskellige miljøpåvirkninger i de fleste faser i produktets levetid. I det efterfølgende procesdiagram fremgår de forskellige faser i betonstens og flisers levetid.



Procesdiagram

Figur 2.40. Procesdiagram for betonsten og fliser. Af diagrammet fremgår de 5 faser i produktets levetid.

### Miljødata for betonsten og fliser

Miljødata for belægningssten og fliser		Råstofudvinding og produktion af cement	Fremstilling på betonvarefabrik	Afhændelse knusning*		
Input	Energi	Totalt energiforbrug [GJ/t]	0,62	0,23	0,039	
		Kul [kg/t]	-	12	0,5	
		Olie [kg/t]	-	5,0	0,5	
		Naturgas [Nm <sup>3</sup> /t]	-	1,2	0,01	
		Petcoke [kg/t]	-	3,0	0	
	Materialer	Knappe materialer [t/t]	0	0	0	
		Flyveaske og silica [t/t]	-	0,04	0	
	Vand	[m <sup>3</sup> /t]	0,2	0,1	0	
	Output	Emissioner til luft	CO <sub>2</sub> [t/t]	0,095	0,015	0,0029
			SO <sub>2</sub> [kg/t]	0,089	0,081	0,0000096
NO <sub>x</sub> [kg/t]			0,35	0,076	0,000024	
Pb [g/t]			0,015	0,001	0	
Cd [g/t]			0,001	0	0	
Hg [g/t]			0,001	0	0	
CO [g/t]			7,9	17	0	
NMVOC [g/t]			0,3	5	0	
Emissioner til spildevand			ubetydelig	ubetydelig	0	
Affald		Materiale/spild [%]	ubetydelig	3 til genbrug	0	
	Olie/kemi kg/t	0,01 til forbrænding	0,06 til forbrænding	0		

Tabel 2.3. Miljødata for råvare-, fremstillings- og afhændelsesfasen. Miljødata er fra „Håndbog i miljørigtig projektering“. Data for afhændelsesfasen er fra „Afløbskomponenter af PVC, HDPE, PP og beton“. \* Excl. transport.

Miljødata pr. ton betonvare fremgår af tabellen. De anførte emissioner stammer fra energiforbruget. Emissionerne er udstødningsgasser fra køretøjer, emissioner ved fremstilling af el og emissioner fra brændingen af kridt ved cementfremstillingen.





*Figur 2.41. Udtjent beton knuses let ved hjælp af knuseanlæg og sorteres i ønskede kornstørrelser. Knust beton kan anvendes i ny beton eller til opbygning af bærelag.*

Dataene for fremstilling på betonvarefabrik kan svinge lidt fra fabrik til fabrik, idet der er forskel på recepter, cementtype, afstande til grusgrave med videre. (Dataene for betonvarefabrikken er oprindeligt opgjort for betonrørsproduktion, men denne produktion afviger kun ubetydeligt fra produktionen af betonsten).

Som det fremgår af tabellen forekommer de mest betydende miljøbelastninger ved fremstillingen af cement. I forhold til andre materialer er energiforbruget ved fremstilling af cement dog ikke stort. Da cementen samtidig kun udgør ca. 12 – 13 % af den færdige betonsten er energiforbruget pr. kg betonsten meget lavt. Kun ca. 1/3 i forhold til tegl og asfalt og kun 1/100 af plast (pr. kg produkt).

Lægningsfasen er ikke opgjort. Den varierer meget fra projekt til projekt, hvor specielt opbygning af bundsikringslag og bærelag har stor betydning for energiforbruget. Selve lægningen af stenene udgør et forholdsvist lille energiforbrug.

Driftsfasen er ej heller kortlagt i danske miljøprojekter. Den vil være meget forskellig for de forskellige befæstelsestyper. Et svensk miljøprojekt, se „Livscyklusanalyse af marksten“, har dog driftfasen med og her fremføres, at den dominerende miljøbelastning i en vejs livsforløb skyldes elforbruget til belysning af vejen. Det er en miljømæssig fordel for betonsten og fliser, at de kan fremstilles i lyse farver, hvilket giver høj lysrefleksion og dermed lavt energiforbrug til belysningen. Se endvidere afsnit „2.3.1 Lysegenskaber“.

Ukrudtbekæmpelse vil også have betydning for miljøbelastningerne i brugsfasen, afhængig af den valgte metode (brænding, sprøjtning mv.). Ukrudtbekæmpelsen er ikke medtaget i det svenske projekt.

Der arbejdes på flere udviklingsprojekter som skal klarlægge mulighederne for at sænke miljøbelastninger ved fremstilling af beton, her specielt belastningerne ved fremstilling af cementen.

## Knust beton til bærelag

**Vejbelysning er den dominerende miljøbelastning**



## 2.8 Produktstandarder og kvalitetssikring

Betonsten og fliser bliver produceret efter europæiske standarder (CEN-standarder):

DS/EN 1338 Betonbelægningssten. Krav og prøvningsmetoder.

DS/EN 1339 Betonfliser. Krav og prøvningsmetoder.

DS/EN 1340 Betonkantsten. Krav og prøvningsmetoder.

Gode og præcise standarder er vigtige for at sikre at produktkvaliteten hos betonvareleverandørerne er så høj, at de funktionskrav der er til de forskellige typer af betonsten og fliser, opfyldes uden problemer.

Funktionskravene og påvirkningerne på belægninger er forskellige fra land til land i Europa. Betonsten, fliser og kantsten kan derfor fremstilles med målafvigelser, slidstyrke, styrke og frost/tø-bestandighed mv. i forskellige kvalitetsklasser.

I Danmark er der i standarderne tilføjet et nationalt anneks, der viser hvilke klasser der anbefales i Danmark. Anbefalingerne skal sikre, at kvalitetsniveauet ikke sænkes i forhold til det hidtidige kvalitetsniveau i Danmark, inden CEN-standarderne trådte i kraft i 2005. Anbefalingerne er uddybet i vejledningen DS/INF 156 fra Dansk Standard. De anbefalede klasser er markeret med blå i de følgende skemaer.

Det bør ved køb af sten, fliser og kantsten sikres, at produkterne opfylder de anbefalede klasser. Dette kvalitetsniveau tager højde for det danske vejr, med skiftende frost/tø påvirkninger. De mange passager af frysepunktet medfører afskalninger hvis kvalitetsniveauet ikke er i top, hvorfor der er fokus på netop dette i de nationale anbefalinger i Danmark.

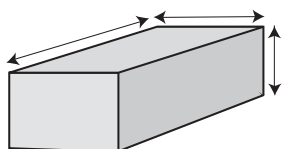
Medlemmer af Belægningsgruppen har forpligtet sig til at overholde disse anbefalede klasser, samt at kontrollere styrkekravet på et tidligt tidspunkt, for at sikre en høj kvalitet.

### Nye europæiske standarder

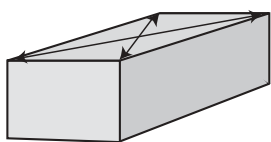
## 2.8.1 Krav til betonsten

I det følgende præsenteres de væsentlige krav i DS/EN 1338 til betonsten. Der angives også mærkningskode, som skal anvendes ved identifikation af produktet. De anbefalede klasser er markeret med blåt.

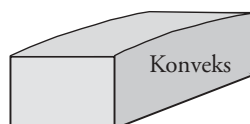
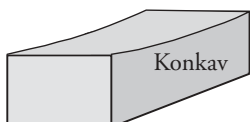
### Målafvigelser



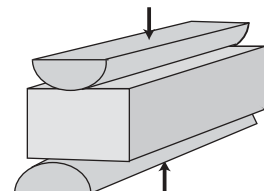
### Målafvigelser, diagonaler



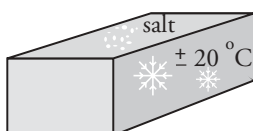
### Afvigelser i planhed



### Spaltestyrke



### Vejrbestandighed



Tilladelige afvigelser, længde, bredde, tykkelse			
Stentykkelse [mm]	Længde [mm]	Bredde [mm]	Tykkelse [mm]
< 100	± 2	± 2	± 3
≥ 100	± 3	± 3	± 4

Forskellen mellem to målinger af tykkelsen af en enkelt sten skal være ≤ 3 mm

Tabel 2.4. Tilladelige afvigelser, længde, bredde og tykkelse.

Tilladelige afvigelser, diagonaler		
Klasse	Mærkning	Maks. forskel [mm]
1	J	5
2	K	3

Tabel 2.5. Tilladelige afvigelser mellem to diagonalmaal. Gælder kun for sten med diagonaler > 300 mm.

Afvigelser i planhed		
Længde af retskenne [mm]	Maks. konveks	Maks. konkav
300	1,5	1,0
400	2,0	1,5

Tabel 2.6. Tilladelige afvigelser i planhed. Gælder kun for sten med største sidelængde > 300 mm.

Spaltestyrke		
Karakteristisk styrke [MPa]	Min. styrke [MPa]	Min. brudlast pr. mm brudflade [N/mm]
3,6	2,9	250

Tabel 2.7. Krav til styrke.

Vejrbestandighed			
Klasse	Mærkning	Massetab efter frost-tø-test [kg/m <sup>2</sup> ]	Vandabsorption [% af masse]
1	A	ingen krav	ingen krav
2	B	ingen krav	≤ 6 i gennemsnit
3	D	≤ 1,0 i gennemsnit. Ingen værdier > 1,5	ingen krav

Tabel 2.8. Krav til frost/tø-bestandighed og vandabsorption. Klasse 1 anvendes hvor der ikke skiftevis er frost og tø.

## 2.8.2 Krav til fliser

I det følgende præsenteres de væsentlige krav i DS/EN 1339 til fliser. Der angives også mærkningskode, som skal anvendes ved identifikation af produktet. De anbefalede klasser er markeret med blåt.

Tilladelige målafvigelser, længde, bredde, tykkelse					
Klasse	Mærke	Flisedimension [mm]	Længde [mm]	Bredde [mm]	Tykkelse [mm]
1	N	alle	± 5	± 5	± 3
2	P	≤ 600 > 600	± 2 ± 3	± 2 ± 3	± 3 ± 3
3	R	alle	± 2	± 2	± 2

Forskellen mellem to målinger af tykkelsen af en enkelt flise skal være ≤ 3 mm

Tabel 2.9. Tilladelige målafvigelser, længde, bredde og højde.

Tilladelige målafvigelser, diagonaler			
Klasse	Mærkning	Diagonal [mm]	Maks. forskel [mm]
1	J	≤ 850 > 850	5 8
2	K	≤ 850 > 850	3 6
3	L	≤ 850 > 850	2 4

Tabel 2.10. Tilladelige målafvigelser mellem to diagonaler. Gælder kun når diagonallængden er > 300 mm.

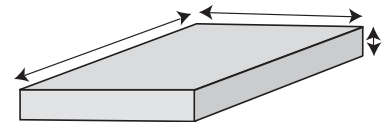
Afvigelser i planhed		
Længde af retskenne [mm]	Maks. konveks [mm]	Maks. konkav [mm]
300	1,5	1,0
400	2,0	1,5
500	2,5	1,5
800	4,0	2,5

Tabel 2.11. Tilladelige afvigelser i planhed.

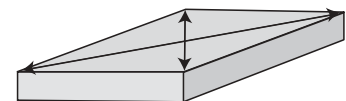
Bøjningstrækstyrke			
Klasse	Mærkning	Karakteristisk styrke [MPa]	Min. styrke [MPa]
1	S	3,5	2,8
2	T	4,0	3,2
3	U	5,0	4,0

Tabel 2.12. Krav til styrke.

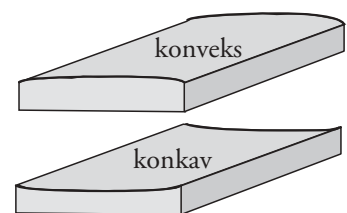
Målafvigelser:  
længde, bredde, tykkelse



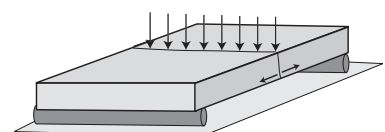
Målafvigelser, diagonaler



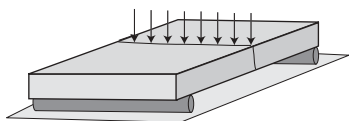
Afvigelser i planhed



Bøjningstrækstyrke



## Brudlast



Brudlast			
Klasse	Mærkning	Karakteristisk brudlast [kN]	Min. brudlast [kN]
30	3	3,0	2,4
45	4	4,5	3,6
70	7	7,0	5,6
110	11	11,0	8,8
140	14	14,0	11,2
250	25	25,0	20,0
300	30	30,0	24,0

NB: Af hensyn til dimensioneringen skal man være opmærksom på de mulige laster på fliser større end 600 mm.

Tabel 2.13. Krav til brudlast.

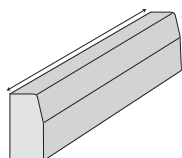
## Vejrbestandighed



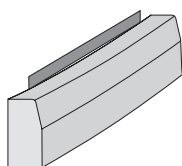
Vejrbestandighed			
Klasse	Mærkning	Massetab efter frost-tø-test [kg/m <sup>2</sup> ]	Vandabsorption [% af masse]
1	A	ingen krav	ingen krav
2	B	ingen krav	≤ 6 i gennemsnit
3	D	≤ 1,0 i gennemsnit. Ingen værdier > 1,5	ingen krav

Tabel 2.14. Krav til frost-tø bestandighed og vandabsorption. Klasse 1 anvendes hvor der ikke skiftevis er frost og tø.

## Målafvigelser



## Afvigelser i planhed



## 2.8.3 Krav til kantsten

I det følgende præsenteres de væsentlige krav i DS/EN 1340 til kantsten. Der angives også mærkningskode, som skal anvendes ved identifikation af produktet.

Målafvigelser:

Længde:  $\pm 1\%$  afrundet til nærmeste mm, dog mindst  $\pm 4$  mm og højst  $\pm 10$  mm.

Den enkelte producent kan godt deklarere og producere efter skrapere krav end anført i de nye standarder. Disse skrapere krav vil da fremgå af firmaets tekniske deklarerationer. De anbefalede klasser er markeret med blå.

Afvigelser i planhed	
Længde af retskinne [mm]	Tilladelig afvigelse [mm]
300	$\pm 1,5$
400	$\pm 2,0$
500	$\pm 2,5$
800	$\pm 4,0$

Tabel 2.15. Tilladelige afvigelser i planhed/rethed.



Bøjningstrækstyrke			
Klasse	Mærkning	Karakteristisk styrke [MPa]	Min. styrke [MPa]
1	S	3,5	2,8
2	T	5,0	4,0
3	U	6,0	4,8

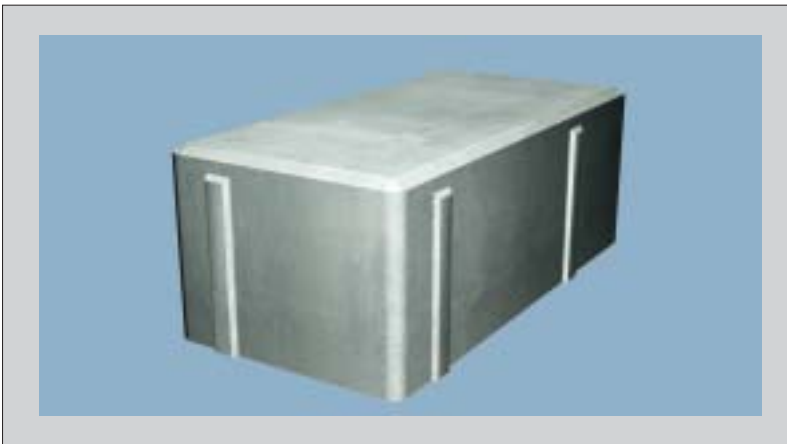
Tabel 2.16. Krav til bøjningstrækstyrken.

Vejrbestandighed			
Klasse	Mærkning	Massetab efter frost-tø-test [kg/m <sup>2</sup> ]	Vandabsorption [% af masse]
1	A	ingen krav	ingen krav
2	B	ingen krav	≤ 6 i gennemsnit
3	D	≤ 1,0 i gennemsnit. Ingen værdier > 1,5	ingen krav

Tabel 2.17. Krav til frost-tø bestandighed og vandabsorption. Klasse 1 anvendes hvor der ikke skiftevis er frost og tø.

## 2.8.4 Mål/byggemål

Alle produkter benævnes med deres byggemål, f.eks. 100 x 200 x 60 mm. Byggemålet er inkl. fugeknaster og fuge (2 - 5 mm). På producenternes deklARATIONER vil selve betonstensens mål fremgå, f.eks. for en 100 x 200 mm sten: 96,25 mm (± 2 mm) x 196,25 mm (± 2 mm). Det er excl. fugeknasten, som typisk har en tykkelse på ca. 1,5 mm.



Figur 2.42. Betonsten og fliser har normalt ca. 1,5 mm fugeknaster. Fugeknaster er ikke synlige på den udlagte belægning.

## 2.8.5 Produktmærkning

Produktmærkning for betonsten skal indholde:

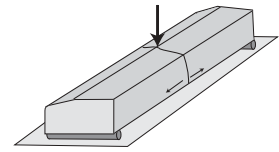
På emnet:

Producentidentifikation

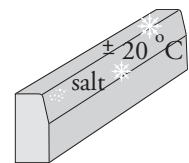
Produktionsdato

Produktklasser der er opfyldt, f.eks. JD

### Bøjningstrækstyrke



### Vejrbestandighed



### Kontrol- og certificeringsordninger

På medfølgende dokumenter:

CE-mærke

Produktstandard, f.eks. „DS/EN1338“

Anvendelse, f.eks. „udendørs betonsten“

Identifikation af produktet, f.eks. „7 cm Herregårdssten“

Spaltetrækstyrke, f.eks. > 3,6 MPa

Friktion og holdbarhed, f.eks. tilfredsstillende.

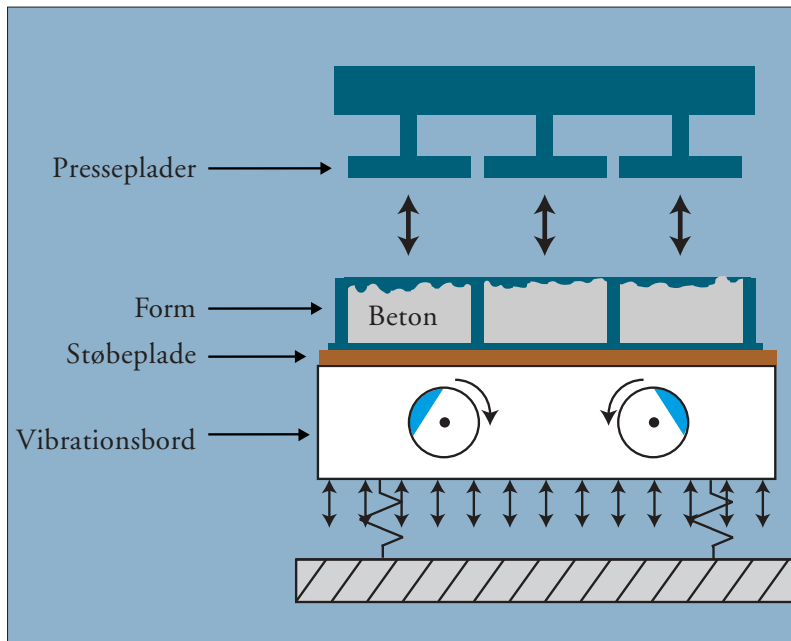
Årstal.

### 2.8.6 Kvalitetssikring/kontrolordning

Alle fabrikker i Belægningsgruppen, Dansk Beton Industriforening er tilknyttet en offentlig anerkendt kontrolordning eller et certificeringsorgan, der er akkrediteret til produktcertificering. Her skal nævnes Betonvarekontrollen (BVK) og DanCert.

## 2.9 Fremstilling af betonsten og fliser

Beton er et meget fleksibelt materiale. Det kan formes/vibreres op til mange forskellige formater. Nedenstående figur viser princippet for fremstilling af betonsten og fliser.



Figur 2.43. Princippet for fremstilling af betonsten og fliser.

Betonen fyldes i støbeformen. Formen vibreres, og de viste presseplader former betonstenens/flisens overside.

Betonstenene/fliserne afformes umiddelbart efter og transporteres på støbepladen til hærdehallen. Efter 1 døgn i hærdehallen transporteres betonstenene/fliserne ud og palleteres og køres til færdigvarelageret, hvor den sidste del af hærdeningen foregår.

Til betonvareproduktion anvendes en speciel jordfugtig beton, der muliggør en hurtig afformning og transport af betonvaren til hærdehallen.

Den forholdvis tørre beton har et optimalt vand-cement forhold, hvilket giver en meget høj betonstyrke, 50 - 65 MPa. Det er omkring det dobbelte af, hvad der kræves af en normal konstruktionsbeton. I betonvaremaskiner kan betonen påføres stor vibrationsenergi, således at en forholdsvis tør beton kan komprimeres til en tæt og særdeles stærk beton.

Følgende figur viser en form til fremstilling af 100 x 200 x 60 mm betonsten. Med formen kan der fremstilles  $\frac{1}{2}$  m<sup>2</sup> betonsten ad gangen. Formen er til en mellemstor betonvaremaskine. Formen kan benyttes ca. 40.000 gange inden den kasseres pga. slid. Overfladen på formen har gennemgået en speciel hærdening, således at den kan holde til den meget hårde slidpåvirkning fra betonen. En form i almindeligt stål vil kun kunne benyttes under 1000 gange. En betonvarefabrik har et stort program af forskellige forme.

Støbning af betonsten

Beton til betonsten og fliser

Støbning af op til  
1 m<sup>2</sup> ad gangen



Figur 2.44. Støbeform til fremstilling af 100 x 200 x 60 mm betonsten.

En betonvarefabrik består typisk af følgende dele:

- ◆ Siloanlæg til cement
- ◆ Betonblandeanlæg
- ◆ Siloanlæg til sand- og stenmaterialer
- ◆ Farvedoseringsanlæg
- ◆ Betonvaremaskine
- ◆ Palleteringsanlæg
- ◆ Hærdehal

Produktionen af betonsten og fliser spænder vidt lige fra den håndværksmæssige specialproduktion til masseproduktion af sten. Hvis produktet er et specialprodukt med lille omsætning, produceres det typisk på et lille anlæg. Produkter som betonsten til maskinnedlægning, produceres modsat på store anlæg der anvender forme, der fremstiller op til én kvadratmeter sten ad gangen. Da der støbes i formen 4-5 gange pr. minut, bliver det til mange kvadratmeter pr. dag.



Figur 2.45. Mindre betonstensfabrik. I forgrunden ses en del af lageret og i baggrunden ses produktionshal og cementsiloer.

Selv om man i dag har computerstyrede maskiner, kræver betonvareproduktion en høj håndværksmæssig indsigt i betonen. Det tager forholdsvis lang tid at oplære operatører til at betjene betonvaremaskiner. Betonvarer fremstilles af naturmaterialerne sten og sand, som varierer lidt, selv om materialerne er sorteret op i fraktioner. En præcis fugtprocent i betonblandingen har stor betydning for betonens konsistens og dermed hvor præcist den kan fyldes i støbeformen, og hvor godt den kan komprimeres.

### 2.9.1 Betonvarefabrikken er miljøvenlig

Miljøgodkendelse af betonvarefabrikker er normalt kun en formsag. Produktionen på betonstensfabrikken foranlediger:

- ◆ ingen emissioner fra skorstene
- ◆ intet spildevand
- ◆ ingen lugtemissioner
- ◆ intet farligt affald til deponi
- ◆ få støjemissioner fra trucks og lastbiler på lagerpladsen.

Arbejdsmiljøet har igennem de senere år gennemgået store positive forandringer. Produktion af betonsten, fliser og kantsten var i gamle dage hårdt fysisk arbejde. I dag har maskiner og robotter overtaget en meget stor del af det manuelle arbejde. På fabrikkerne arbejdes der konstant med at forbedre arbejdsmiljøet. Dette arbejde udføres ofte i samarbejde med betonindustriens egen bedrifts-sundhedstjeneste.



Figur 2.46. En betonvarefabrik er en miljøvenlig fabrik.

#### Arbejdsmiljøet forbedret





# 3 Dimensionering, projektering og udførelse

Indhold:

- 3.1 Vejregler, normer, standarder og vejledninger
- 3.2 Afvanding af belægningen
- 3.3 Dimensionering af befæstelser
  - 3.3.1 Arealer uden trafikbelastning
  - 3.3.2 Forsøg og erfaringer med trafikbelastede arealer
  - 3.3.3 Trafikbelastede arealer
- 3.4 Projektering og udførelse af trafikerede befæstelser
  - 3.4.1 Underbunden
  - 3.4.2 Bundsikringslag
  - 3.4.3 Bærelag
  - 3.4.4 Betonstenslag
  - 3.4.5 Betonfliselag
  - 3.4.6 Kantsikring
- 3.5 Projektering og udførelse af trapper
  - 3.5.1 Projektering
  - 3.5.2 Betonstenstrappe
  - 3.5.3 Elementtrappe
- 3.6 Projektering og udførelse af støtte- og støjmure
  - 3.6.1 Støtte- og støjmure
  - 3.6.2 Opbygning af støttemure
  - 3.6.3 Opbygning af støjmure

## Akseltryk over 10 ton

I det følgende vil projekteringen, dimensioneringen og udførelsen af befæstelser med betonsten og fliser blive gennemgået.

Først gennemgås de normer og vejregler, der specielt har betydning ved dimensionering og projektering af veje og pladser med betonsten.

Derefter gives der en kort forklaring om afvanding af befæstelsen. Selve dimensioneringen, dvs. fastlæggelse af lagtykkelser med videre, gennemgås for befæstelser med og uden trafiklast. Dimensioneringen af trafikbelastede arealer tager udgangspunkt i „Vejregel for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger“. Opbygningerne i vejreglen kan benyttes når aksellasterne ikke overstiger 10 ton, som er det højst tilladte på offentlige veje herhjemme. Disse 10 tons aksler skal forstås som en lige ud kørende aksel med kun mindre nedbremsninger, små sving og stort set jævnt fordelt last, svarende til at hjullasten højst bliver 6 ton.

For industriarealer med specielle påvirkninger, som f.eks.:

- aksellaster over 10 ton
- store vridende belastninger
- ekstraordinære belastninger fra nedbremsning.
- forøgede hjullaster pga. hurtigt svingende køretøjer.

skal opbygningen af befæstelsen derfor fastlægges for det specifikke projekt. Det er meget vigtigt, at belastningen fastlægges meget omhyggeligt, f.eks. kan belægningens overfladegeometri (f.eks. konvolutfald) bevirke, at der i mindre områder ikke er kontakt mellem belægningen og alle aksel på 3 og flere akslede lastbiler. Det bevirker en væsentlig forøgelse af det akseltryk/hjultryk der skal dimensioneres for. Det skal bemærkes, at én lastbil slider som ca. 20.000 personbiler, og en truck med 40 ton akseltryk kan derfor ikke regnes som fire 10 ton aksler. Opbygningen af sådanne befæstelser gennemgås ikke nærmere her og det anbefales, at indhente kompetent rådgivning ved dimensionering af sådanne specielle belægninger.

Opbygningen og udførelsen af de forskellige lag i befæstelsen gennemgås, med henvisninger til relevante vejregler og lignende.

Opbygningen af belægninger på parkeringsdæk og lignende gennemgås ikke her. Betonsten og fliser er velegnede på parkeringsdæk, men der laves ofte fejl i den underliggende opbygning og udførelsen. Det er blandt andet forhold som isoleringens trykstyrke, afvanding, opdrift fra isoleringen ved opstuvning af vand, samt mange andre forhold man skal være opmærksom på. Det anbefales derfor at indhente kompetent rådgivning fra specialister da disse opbygninger er meget specielle.

Selve planlægningen og den geometriske udformning af veje, pladser og kryds, vil heller ikke blive gennemgået i det følgende. Der henvises i stedet til en serie hæfter fra Vejdirektoratet „Byernes trafikarealer“, hvor der er vejledning og mange eksempler på hvorledes denne del håndteres.

Til sidst gennemgås opbygningen og projekteringen af trapper og støttemure.

## Parkeringsdæk

## Trapper og støttemure

## 3.1 Vejregler, normer, standarder og vejledninger

Såvel dimensioneringen som projekteringen og udførelsen af offentlige veje, pladser og stier skal normalt laves i henhold til gældende vejregler, normer og standarder. Nedenstående er der lavet en oprensning og kort beskrivelse af de vejregler, normer og standarder der bliver henvist til i de følgende afsnit.

### Vejregler

#### **Vejregel for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger:**

Vejreglen indeholder standardbefæstelser for befæstelser med betonsten for forskellige trafikklasser.

#### **Udbuds- og anlægskrav. Jordarbejder:**

Angiver bl.a. krav til udførelse af planum, dvs. komprimering, jævnhed og profil af underbunden.

#### **Udbuds- og anlægskrav. Bundsikringslag af sand og grus:**

Angiver bl.a. krav til udførelse af bundsikringslag, dvs. komprimering, jævnhed og profil.

#### **Udbuds- og anlægskrav. Ubundne bærelag af stabilt grus:**

Angiver bl.a. krav til udførelse af bærelag med stabilt grus, dvs. komprimering, jævnhed og profil.

#### **Udbuds- og anlægskrav. Varmblandet asfalt:**

Angiver bl.a. krav til udførelse af bærelag af grusasfaltbeton (GAB), dvs. komprimering, jævnhed og profil, samt materialekrav.

#### **Udbuds- og anlægskrav. Brolægning:**

Angiver bl.a. krav til afretningslag, fuger og betonsten.



Relevante vejregler



## Bestilling af anvisninger

### Normer/Standarder

#### **DS 1136, Brolægning og belægningsarbejder:**

Angiver krav til afretningslag og den færdige belægningsoverflade.

#### **DS/EN1338, Betonbelægningssten. Krav og prøvning:**

Standard for betonsten.

#### **DS/EN1339, Betonfliser. Krav og prøvning:**

Standard for betonfliser.

#### **DS/EN1340, Betonkantsten. Krav og prøvning:**

Standard for betonkantsten.

### Andre anvisninger

#### **Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde 2005:**

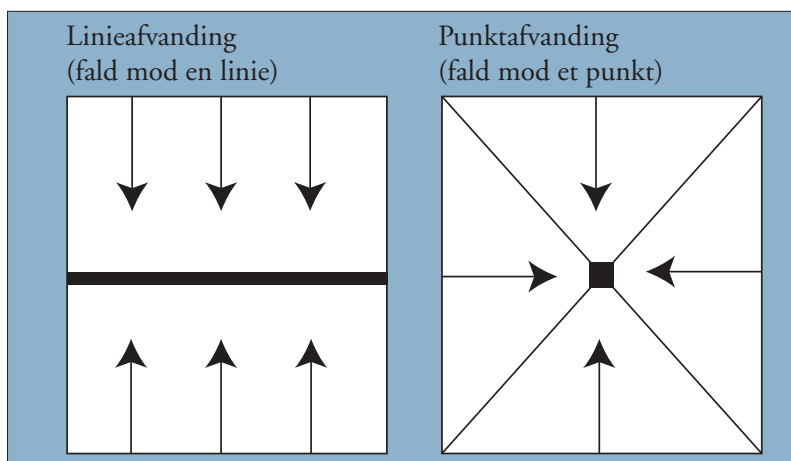
Anviser blandt andet opbygninger for befæstelser, der ikke trafikbelastes.

Vejregler og udbuds- og anlægfskrifter kan købes hos Vejdirektoratet, [www.vejdirektoratet.dk](http://www.vejdirektoratet.dk), eller ses på [www.vejregler.dk](http://www.vejregler.dk). Normer og standarder kan købes hos Dansk Standard, [www.ds.dk](http://www.ds.dk). Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde kan købes hos Danske Anlægsgartnere, [www.danskeanlaegsgartnere.dk](http://www.danskeanlaegsgartnere.dk).

## 3.2 Afvanding af belægningen

Af hensyn til såvel de kørendes som gåendes sikkerhed og komfort, er det nødvendigt, at der etableres et tilpas stort fald på vejen eller pladsen, for at der kan ske en effektiv afvanding af overfladen. Står der vand på overfladen medfører det risiko for aquaplaning eller isglatte områder om vinteren. Ved bygninger skal de nærmeste 2 meter altid falde væk fra huset, min. 20 ‰, jf. „Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde“.

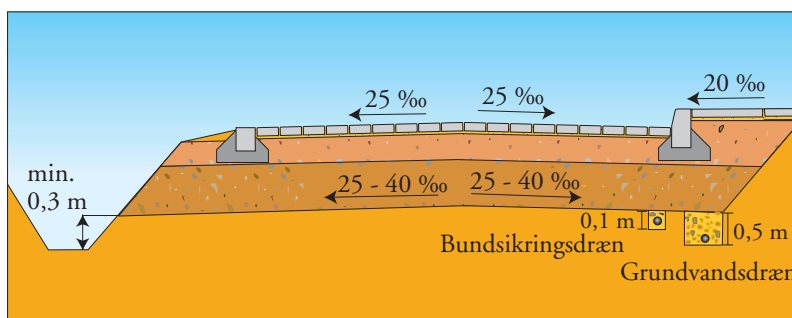
Der skal benyttes et tværfald på 20 ‰ for fortove og 25 ‰ for veje, jf. „DS 1136“. På pladser skal der tilstræbes et fald på ca. 20 ‰. Det er normalt tilstrækkeligt til, at der ikke samles vand på overfladen, også hvis der opstår mindre lunger og sporkøring.



Figur 3.1. Grundlæggende er der 2 muligheder for afvanding på pladser, linieafvanding og punktafvanding. Linieafvanding giver oftest det bedste resultat.

På pladser giver det ofte det bedste resultat når der vælges linieafvanding fremfor punktafvanding. Punktafvanding gør det vanskeligt at udføre de forskellige lag korrekt, og kørselskomforten påvirkes kraftigt af skarpe knæk ved skillelinjer.

Selve vejaksen (bærelag mv.) skal afvandes/drænes. Det opnås normalt ved at anlægge vejgrøfterne med en bundkote, som er mindst 0,3 m lavere end planumkant, eller ved at placere dræn i rabatarea-



Figur 3.2. Såvel vejoverfladen som selve vejaksen skal afvandes.

Tværfald

Linieafvanding og punktafvanding

Fald på alle lag

### Dræning

let langs begge vejsider. Desuden skal planum have et fald på 25 - 40 ‰. Vejdræn kan overordnet deles ind i grundvandsdræn og bundsikringsdræn.

Grundvandsdræn dræner det vand, der trænger ind i vej-kassen fra den omgivende råjord, eller som siver ned gennem den ubefæstede overflade. Grundvandsdræn placeres normalt langs vejens rabatter. Bundsikringsdræn dræner hovedsageligt det vand, der siver ned gennem ubefæstede overflader. Bundsikringsdræn er typisk et supplement til grundvandsdræn.

Afhængig af bl.a. underbundens permeabilitet kan det også være nødvendigt at lægge et bundsikringslag nederst i vejbefæstelsen for at dræne de overliggende lag og virke kapillaritetsbrydende, så der ikke trænger vand op i bærelaget fra underbunden. Se nærmere i afsnittet „3.4.2 Bundsikringslag“.

I bymæssig bebyggelse kan det normalt undlades at indlægge dræn - det skyldes blandt andet at overfladen er meget tæt.

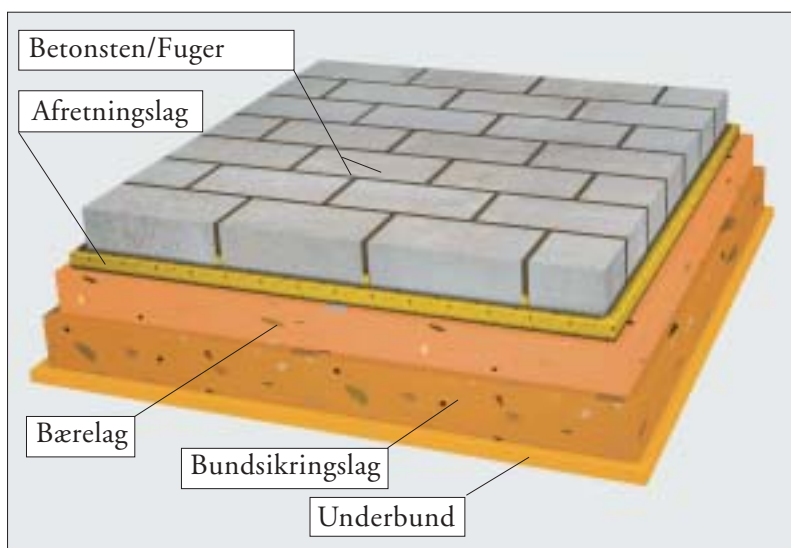
Det er meget vigtigt at undgå, at et bærelag bliver vandmættet. Sker dette reduceres lagets bæreevne væsentligt med sætninger og sporkøring til følge. Korrekt fugning og vedligeholdelse af fugerne er en forudsætning for tilstrækkelig tæthed i betonstenslaget. En stor del af de skader der opstår på veje skyldes vand i befæstelsen, typisk pga. forkert fugemateriale eller ikke-fyldte fuger.

Som udgangspunkt er det derfor en god tommelfingerregel, at permeabiliteten skal være stigende nedefter. Således reduceres risikoen for, at der ophobes vand i nogle af lagene. Der skal selvfølgelig tages hensyn til, at fugearealet kun udgør en begrænset del af det samlede areal (se nærmere i afsnittet „2.4 Fugens funktioner“). Det vil sige, at permeabiliteten af bærelaget kun skal være større end en vis procentdel af permeabiliteten af fugerne.

## 3.3 Dimensionering af befæstelser

For at opnå en tilfredsstillende levetid af en befæstelse skal den være dimensioneret korrekt. Befæstelser med trafikbelastning dimensioneres normalt i henhold til „Vejregel for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger“.

På pladser og veje med meget speciel trafik, eksempelvis industripladser med tunge containertrucks (akseltryk over 10 ton), bør der foretages en dimensionering ud fra den specifikke trafikbelastning. De opbygninger, der præsenteres efterfølgende i afsnit 3.3.1 og 3.3.3 er baseret på såvel beregninger som erfaringer.



Figur 3.3. Af figuren fremgår de forskellige benævnelser i befæstelsen.

### 3.3.1 Arealer uden trafikbelastning

For arealer uden trafikbelastning vil det normalt være uøkonomisk at benytte de opbygninger, der er anvist i vejreglerne, da disse ikke omhandler befæstelser uden trafikbelastning. I „Normer og vejledning for Anlægsgartnerarbejde“, er der angivet standardbefæstelser

Underbund	Frostsikker	Frosttvivlsom	Frostfarlig
Sten-/flisetykkelse	50	50	50
Afretningslag	30	30	30
Stabilt grus	120	120	120
Bundsikringslag	—	150	150

Tabel 3.1. Opbygning af befæstelser uden trafikbelastning. Mål i mm. Se evt. „Normer og vejledning for Anlægsgartnerarbejde“.

Opbygning af terrasser og gangstier



God, normal og dårlig underbund

med stabilt grus og bundsikringslag, som vist i tabellen. Frostsikker, frosttvivlsom og frostfarlig underbund er defineret som:

Frostsikker: sand og grus uden revler af ler og silt af betydning.

Frosttvivlsom: moræneler.

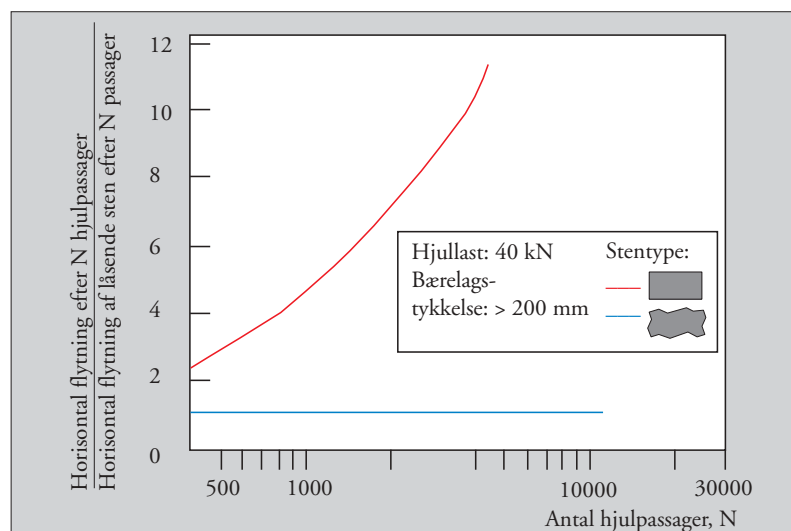
Frostfarlig: silt samt meget fedt ler (plastisk ler).

## 3.3.2 Forsøg og erfaringer med trafikbelastede arealer

Tykkelsen af de forskellige lag i befæstelsen kan fastlægges ud fra diverse beregninger. Valget af stentype og læggemønster er det derimod nødvendigt at basere på erfaringer. Specielt viser det sig, at der er forskel på, hvordan forskellige stentyper og læggemønstre opfører sig, når de udsættes for tung trafik, mens forskellen ved mindre trafikbelastninger er meget begrænset.

Professor Brian Shackel fra Australien har blandt andet udført en del forsøg, for at belyse eventuelle forskelle mellem stentyper, læggemønstre og stentykkelser. I det følgende ses nogle af resultaterne af disse forsøg.

### Låsende og ikke-låsende sten



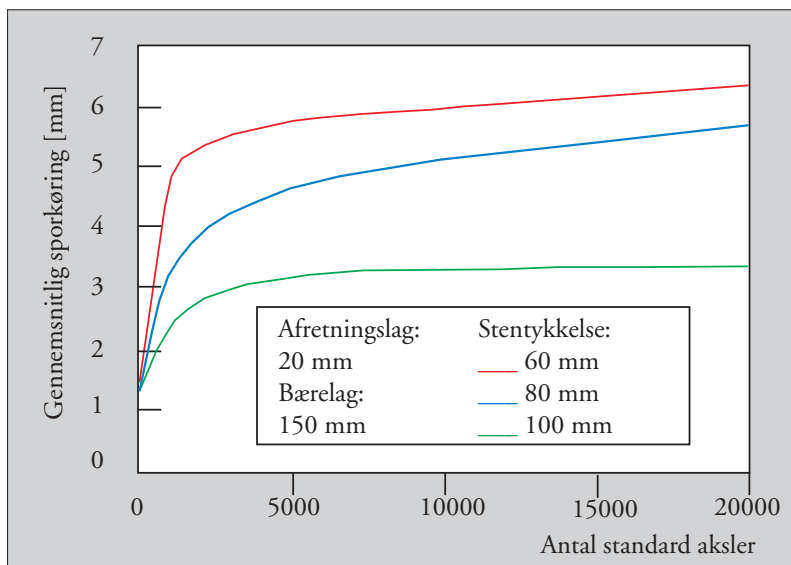
Figur 3.4. Dette forsøg viser forskellen mellem låsende og ikke-låsende sten - de låsende sten er bedre til at optage de horisontale belastninger. Fra „Design and construction of interlocking concrete block pavements“.

Figuren indikerer den forskel der er mellem låsende og ikke-låsende sten, med hensyn til de horisontale belastninger, det vil sige belastninger fra bremsende, svingende og accelererende trafik. Det skal bemærkes, at figuren ikke viser hvor stor den reelle forskel er, men blot forholdet mellem horisontale flytninger i belægninger med de to stentyper.

Horisontale deformationer

## Stentykkelse

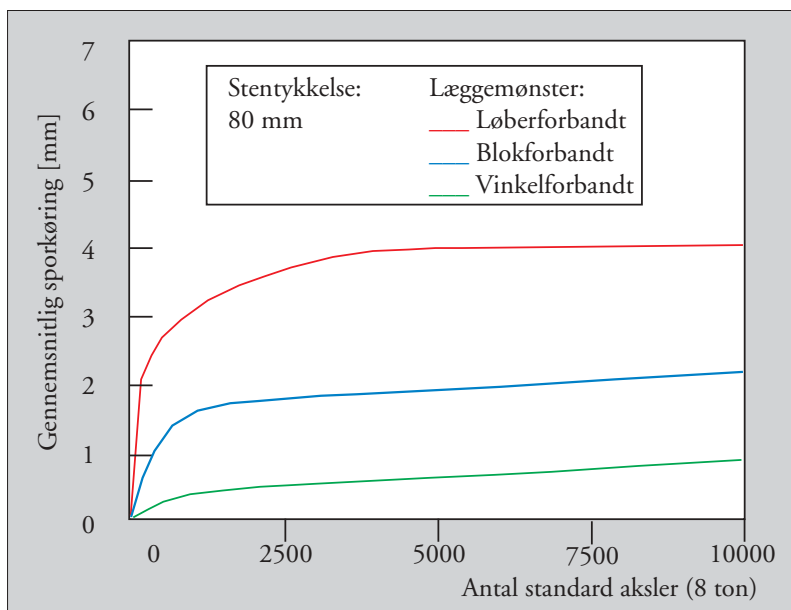
Stentykkelsen har også betydning for evnen til at modvirke sporkøring. Tykkere sten sikrer en bedre kraftoverføring i fugen, og der-



Figur 3.5. Af figuren fremgår, at tykkere sten giver mindre sporkøring. Fra „Design and construction of interlocking concrete block pavements“.

med mindre sporkøring. Udover hensynet til sporkøring, afhænger den optimale stentykkelse også af, hvilken type belastning der forekommer. På industripladser med tung trafik, eksempelvis trucks med højt dæktryk, vil det ofte være hensigtsmæssigt med 90-100 mm tykke sten.

## Læggemønster



Figur 3.6. Af figuren fremgår, at det for rektangulære sten er vinkelforbandet (sildebensmønster), der er det mest effektive til at modstå sporkøring. Fra „Design and construction of interlocking concrete block pavements“.

Tykkere sten giver mindre sporkøring

Sildebensmønsteret mest effektivt

Det mønster stenene bliver lagt i har også indflydelse på evnen til at modstå sporkøring. For de stentyper, der kan lægges i flere forskellige mønstre (eksempelvis rektangulære sten), som sildebensmønster/vinkelforbandt, blok- og løberforbandt, bør man vælge sildebensmønsteret, da det er det mest effektive for disse stentyper. Udover evnen til at modstå sporkøring, har læggemønsteret også en væsentlig indflydelse på belægningens evne til at modstå de horisontale påvirkninger.

### E-værdier og „lock-up“

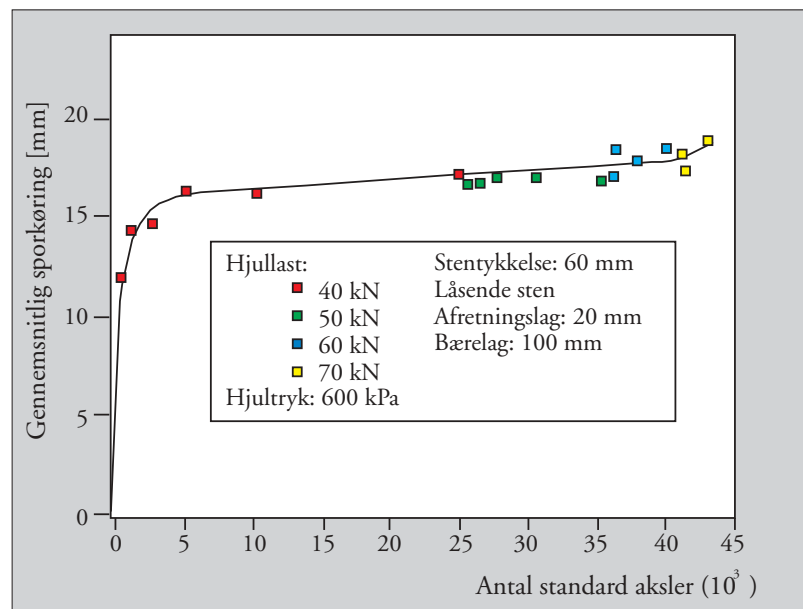
Som det fremgår af ovenstående figurer har såvel stentype, tykkelse og læggemønster indflydelse på en befæstelses evne til at modstå vertikale og horisontale påvirkninger.

I forbindelse med dimensionering af befæstelser benyttes normalt materialernes E-modul eller E-værdi, som udtryk for bæreevnen eller stivheden af det enkelte materiale. E-værdien for betonstenslaget afhænger af flere forhold, bl.a. af stentykkelsen, formen, og læggemønsteret, som nævnt ovenfor. Derudover afhænger E-værdien af befæstelsens alder, det vil sige, hvor megen trafik der har passeret den. For betonsten stiger E-værdien efterhånden som trafikken passerer den. Ved udlægningen er E-værdien i størrelsesordenen 500 - 1000 MPa, men stiger i løbet af de første 1000-10000 passager til omkring 3000-6000 MPa. Dette skyldes, at stenene kiles sammen og fugerne komprimeres - dette fænomen kaldes for „lock-up“.

Dette er blandt andet illustreret ved forsøg med en „Heavy vehicle simulator“. Det er normalt for de fleste typer belægninger, at udviklingen af sporkøring aftager efter kort tid, men for befæstelser

Lock-up

E-værdien stiger



Figur 3.7. Forsøg med „Heavy vehicle simulator“, der viser, at når belægningen har været trafikeret i en periode kan lasten øges uden at sporkøringen øges tilsvarende. Dette skyldes en stigning i belægningens E-værdi, og dermed bæreevne. Fra „Design and construction of interlocking concrete block pavements“.

med betonsten sker der sideløbende en stigning i E-værdien (bæreevnen), således at lasten på belægningen kan øges uden at sporkøringen øges tilsvarende.



Figur 3.8. „Heavy vehicle simulator“, der benyttes til test af belægninger. Midt i køretøjet er der monteret et hjul der kører frem og tilbage. Hjulet belastes, og der kan således hurtigt simuleres mange lastbiler sammenlignet med den tid det ville tage hvis den „almindelige trafik“ skulle benyttes.

Test af belægninger

### 3.3.3 Trafikbelastede arealer

Belægninger med betonsten dimensioneres ud fra „Vejregel for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger“. I det følgende er standardbefæstelserne mv. fra vejreglen gengivet.

#### 3.3.3.1 Trafikklasser, underbund mv.

Der er opstillet standardbefæstelser med betonsten for 6 forskellige trafikklasser.

Trafikklasser

Trafikklasser	Lastbiler på vejen pr. døgn i begge retninger tilsammen	Æ10 aksler pr. dag pr. spor (øvre grænse)	Æ10 pr. år pr. spor
T0	Kun lette køretøjer	-	-
T1	< 1	0,5	75
T2	1-75	20	7.300
T3	75 - 150	50	18.300
T4	150 - 600	200	73.000
T5	600 - 1400	500	180.000

Tabel 3.2. Af tabellen fremgår de 5 trafikklasser, som der er udarbejdet standardbefæstelser for. For trafikklasse T3 - T5 samt for store anlæg bør der søges kompetent rådgivning.

Der skal ved fastlæggelse af trafiklasten tages hensyn til forskellige forhold som kanaliseret trafik, rundkørsler mv., se nærmere herom i „Vejregel for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger“. Den samlede befæstelsestykkel fastlægges ud fra hensynet til frosthævningsrisiko i kombination med trafikklassen. Hvis underbunden ikke kan fastlægges ud fra erfaringer, bør jordbundsforholdene undersøges nærmere. Er underbundens opfrysningsrisiko ikke bestemt på anden måde, kan vejledningen i nedenstående tabel benyttes.

Fastlæggelse af bundsikringslag

Risikogruppe	Frostsikker	Frosttvivlsom	Frostfarlig
Materiale-typer	Sand og grus uden betydende partier af silt og siltholdigt ler	Moræneler og ler	Silt og meget siltholdige jordarter med mulighed for vandtilførsel
Trafik-klasse			
T0, T1	Som angivet i tabellen med standard-befæstelser, dog uden BL	400 mm	500 mm
T2		500 mm	600 mm
T3		600 mm	700 mm
T4, T5		700 mm	900 mm

Tabel 3.3. Den minimale overbygningstykkel fastsættes ud fra trafikbelastning og underbund. (BL = bundsikringslag).

Når underbundens E-værdi er mindre end 100 MPa, skal der etableres et bundsikringslag så den minimale overbygningstykkel i tabellen overholdes.

Standardbefæstelserne forudsætter følgende E-værdier.

Materiale	GAB I 70/100	Stabilt grus	Bundsikringslag eller underbund
E-værdi [MPa]	2000/3000 <sup>1</sup>	300	100

Tabel 3.4. E-værdier for bærelag og underbund/bundsikring.

<sup>1</sup>E-værdi når laget er min. 100 mm under belægningens overflade.

### 3.3.3.2 Materialeparametre for betonsten

For befæstelser med betonsten er det formen, tykkelsen og læggemønsteret, der har indflydelse på belægningens formåen. Betonsten defineres i vejreglen som følger:

Længde/tykkelse  $\leq 4$   
 Arealet af stenen  $\leq 1 \text{ m}^2$

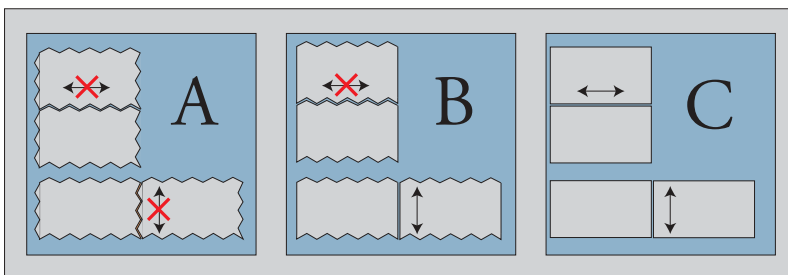
Med dimensioner udover dette er der tale om fliser – og de viste katalogbefæstelser mv. er ikke gældende.

Der eksisterer mange forskellige udformninger af betonsten, men i vejreglen skelnes mellem følgende tre hovedtyper: A, B, C.

**Type A:** Fortandede sten der griber ind i hinanden og derved modvirker bevægelser mellem stenene i såvel tvær- som længdeaksen. Kan som hovedregel lægges i vinkelforbandt.

**Type B:** Fortandede sten der griber ind i hinanden og derved modvirker bevægelser mellem stenene i én retning. I den anden retning er sammenlåsningen afhængig af den nøjagtighed de er fremstillet og lagt med. Kan som hovedregel kun lægges i løberforbandt.

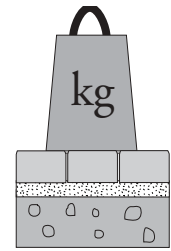
**Type C:** Sten der ikke har nogen fortanding. Sammenhængen mellem stenene er afhængig af den nøjagtighed de er fremstillet og lagt med.



Figur 3.9. Der skelnes mellem tre hovedtyper af sten, alt efter hvor god låsevirkning de har.

I følgende figur er der vist eksempler på de forskellige stentyper. Ikke alle sten passer direkte ind i definitionen, eksempelvis vil nogle type B sten der låser i f.eks. tværretningen kun låse den ene vej og ikke den anden.

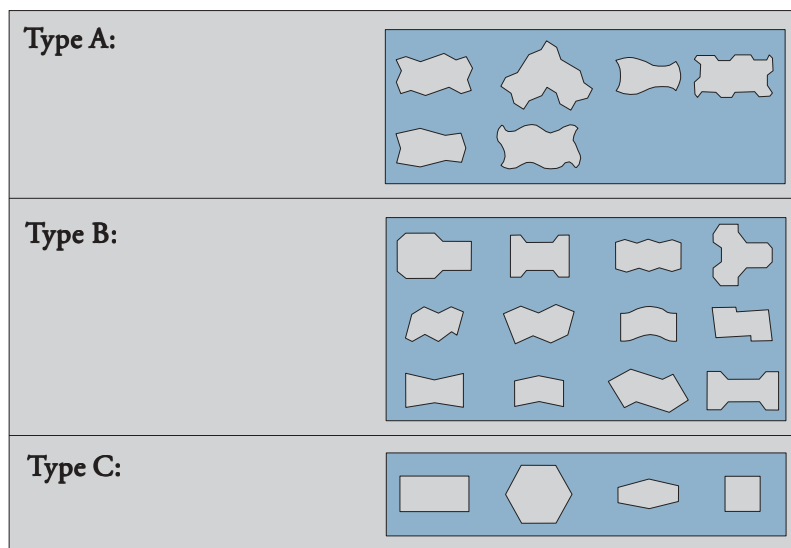
Med hensyn til læggemønster eksisterer der grundlæggende tre hovedtyper: Vinkelforbandt, blokforbandt og løberforbandt.



E-værdier for bærelag og bundsikring

Definition af betonsten

## Stentyper

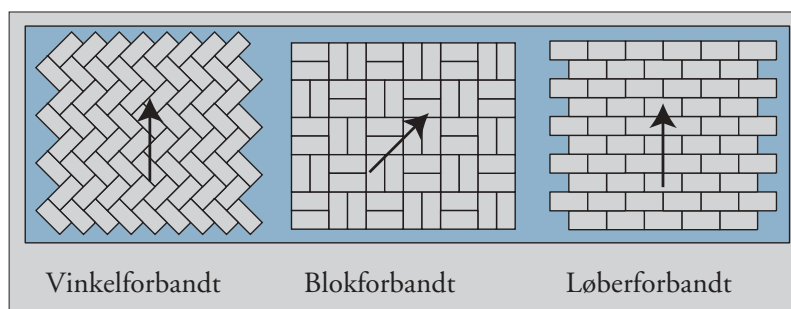


Figur 3.10. Betonsten kan deles ind i tre hovedtyper, afhængig af hvor god sammenlåsning der er imellem dem.

Vinkelforbandtet (sildebensmønsteret) er alt andet lige det mest effektive til at modstå trafikens påvirkninger (specielt horisontale kræfter fra bremsende, accelererende og svingende trafik). Derefter kommer blokforbandtet og til sidst løberforbandtet.

Der bør altid vælges det mest effektive mønster, som det er muligt at lægge den aktuelle sten i.

## Optimale kørselsretninger



Figur 3.11. Der eksisterer grundlæggende 3 typer læggemønstre, vinkelforbandt/sildebensmønster, blokforbandt og løberforbandt. Pilen angiver den optimale kørselsretning.

### 3.3.3.3 Opbygning af befæstelser

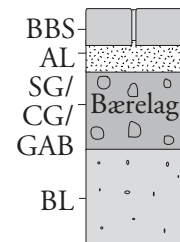
I nedenstående tabel er der angivet standardbefæstelser for såvel 10 som 20 års trafik på frostvivilsom underbund. Befæstelserne er gengivet fra „Vejregel for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger“. For trafikklasse T3 - T5 samt for store anlæg bør der søges kompetent rådgivning.

Det er en forudsætning for opbygningerne, at arbejdet er udført håndværksmæssigt korrekt, se senere afsnit om udførelse af belægninger. Endvidere er disse opbygninger kun gældende for betonsten, jf. definitionen.

Nederst i tabellen ses de anbefalede stentyper, afhængig af trafikmængde. Der kan dog vælges andre stentyper, forudsat at der tages hensyn til dette ved fastlæggelse af bærelag, læggemønster mv. eller ud fra erfaringsgrundlag.



Levetid	Trafikklasse					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
	Lastbiler pr. døgn i begge retninger tilsammen					
	Kun lette køretøjer	< 1	1-75	75-150	150-600	600-1400
	Æ10 pr. dag pr. spor (øvre grænse)					
	0	0	20	50	200	500
Betonsten og stabilt grus						
10 års trafik	60 BBS	60 BBS	80 BBS	80 BBS	80 BBS	90 BBS
	30 AL	30 AL	30 AL	30 AL	30 AL	30 AL
	120 SG	120 SG	190 SG	240 SG	290 SG	330 SG
	150 BL	190 BL	200 BL	250 BL	300 BL	250 BL
20 års trafik	60 BBS	60 BBS	80 BBS	80 BBS	80 BBS	90 BBS
	30 AL	30 AL	30 AL	30 AL	30 AL	30 AL
	120 SG	120 SG	240 SG	270 SG	330 SG	370 SG
	150 BL	190 BL	150 BL	220 BL	260 BL	210 BL
Betonsten og cementbundet stabilt grus						
10 års trafik		60 BBS	80 BBS	80 BBS	80 BBS	90 BBS
		30 AL	30 AL	30 AL	30 AL	30 AL
		120 CG	135 CG	155 CG	175 CG	210 CG
		190 BL	255 BL	335 BL	415 BL	370 BL
20 års trafik		60 BBS	80 BBS	80 BBS	80 BBS	90 BBS
		30 AL	30 AL	30 AL	30 AL	30 AL
		120 CG	155 CG	170 CG	195 CG	230 CG
		190 BL	235 BL	320 BL	395 BL	350 BL
Betonsten og asfalt						
10 års trafik		60 BBS	80 BBS	80 BBS	80 BBS	90 BBS
		30 AL	30 AL	30 AL	30 AL	30 AL
		80 GAB I	95 GAB I	110 GAB I	130 GAB I	145 GAB I
		70/100	70/100	70/100	70/100	70/100
		230 BL	295 BL	380 BL	460 BL	435 BL
20 års trafik		60 BBS	80 BBS	80 BBS	80 BBS	90 BBS
		30 AL	30 AL	30 AL	30 AL	30 AL
		80 GAB I	110 GAB I	125 GAB I	140 GAB I	155 GAB I
		70/100	70/100	70/100	70/100	70/100
		230 BL	280 BL	365 BL	450 BL	425 BL
Anbefalet stentype						
	A, B, C	A, B, C	A, B, C	A, B	A	A
	Vælges andre stentyper end de anbefalede, bør kompetent rådgivning indhentes for at sikre belægningens funktionsegenskaber.					



### Anbefalede stentyper

Tabel 3.5. Standardbefæstelser med betonsten på frosttvivlsom underbund. Mål i mm. Fra „Vejregel for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægnings“. I trafikklasse T0 skal der træffes foranstaltning mod at tunge køretøjer (f.eks. snerydningsmateriel) færdes på arealet. For forklaring af stentyper se s. 72.

BBS: Betonbelægningssten, AL: Afretningslag, SG: Stabilt Grus, CG: Cementbundet Grus, GAB: Grusasfaltbeton, BL: Bundsikringslag.

## Definition af fliser

Min. 100 mm fliser

### 3.3.3.4 Trafikbelastede arealer med fliser

Standardbefæstelserne i foregående afsnit omhandler kun befæstelser med betonsten, der er defineret som følger:

Længde/tykkelse  $\leq 4$

Arealet af stenen  $\leq 1 \text{ m}^2$

Denne definition inkluderer eksempelvis også en 300 x 300 x 80 mm flise - hvilket er tilsigtet. Det er dog også muligt at benytte større fliser på trafikbelastede arealer, men generelt bør det for fliser med et længde-/tykkelsesforhold større end 4 tilstræbes, at jo større forholdet er, jo mindre trafikbelastning tillades der.

#### Opbygning af befæstelse

Der eksisterer ikke nogen vejledning for dimensionering/opbygning af befæstelser med fliser i „Vejregel for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger“.

Det er derfor valgt i denne håndbog at vise eksempler på veje med fliser, der har fungeret tilfredsstillende. Det viste er dog blot et lille udpluk, der skal vise nogle mulige løsninger.

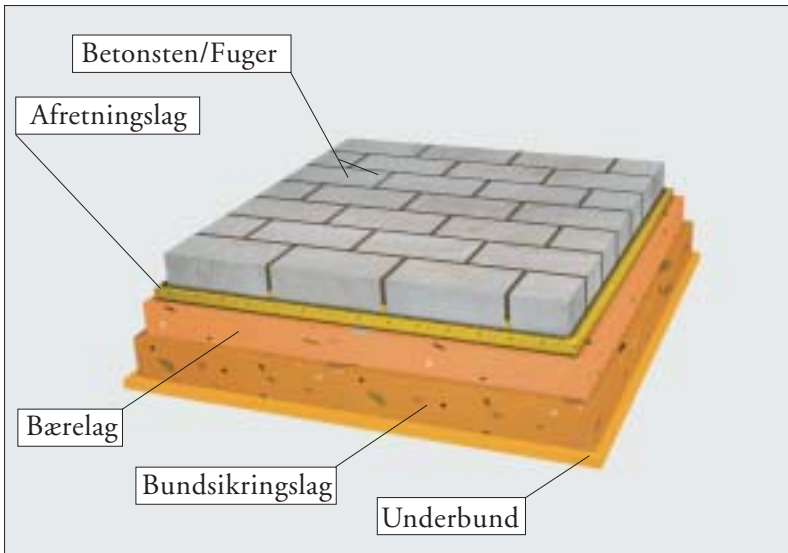
Generelt bør flisetykkelsen ikke være mindre end 100 mm, hvis der kører busser og lastbiler og endvidere bør der ikke benyttes meget aflange fliser. Større fliser er mindre stabile end betonsten, og bør derfor anvendes med omtanke hvor der forekommer store vridende kræfter, eksempelvis hvor lastbiler og busser vender eller svinger skarpt. Som med betonsten er det yderst vigtigt at fugerne er opbygget korrekt.

	Hammel	Langå
Flisedimension	800 x 500 mm	400 x 400 mm
Opbygning [mm]	100 Fliser 50 Tør beton Eksisterende asfalt	80 Fliser 30-40 AL 150 CG 150 SG 300-500 BS
Lastbiler pr. døgn i begge retninger	10	100
Alder	16 år	6 år
	Hjørring	Hjørring
Flise dimension	600 x 600 mm	600 x 600 mm
Opbygning [mm]	100 Fliser 50 AL 250 SG 300 BS	100 Fliser 50 AL 250 SG 300 BS
Lastbiler pr. døgn i begge retninger	ca. 15	ca. 180
Alder	10 år	10 år

Tabel 3.6. Eksempler på opbygninger med fliser.

## 3.4 Projektering og udførelse af trafikerede befæstelser

Alle de forskellige lag, der indgår i opbygningen af befæstelsen, bør opfylde kravene i vejreglernes udbuds- og anlægsforskrifter. Det gælder såvel underbund, bundsikring og bærelag. Benævnelserne for de forskellige lag i vejen fremgår af nedenstående figur.



Figur 3.12. Af figuren fremgår de forskellige benævnelser i befæstelsen.

### 3.4.1 Underbunden

Underbunden skal udføres og kontrolleres i henhold til „Udbuds- og anlægsforskrifter. Jordarbejder“.

#### Komprimering

Underbunden skal komprimeres i overensstemmelse med de i tabellen anførte krav. Ved afgravning er der kun krav til de øverste 0,2 m.

Dybde under færdig vejoverflade	Minimum komprimeringsgrad %-standard proctor	
	kohæsionsjord	frikationsjord
Dybde > 2 m	94 %	97 %
Dybde ≤ 2 m	97 %	100 %

Tabel 3.7. Komprimeringskrav til underbunden. „Udbuds- og anlægsforskrifter. Jordarbejder“.

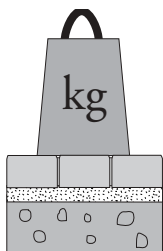
#### Bæreevne

Bæreevnen af forskellige typer underbund kan bestemmes ud fra pladebelastningsforsøg eller faldlodsforsøg. Her måler man lagenes





Figur 3.13. De forskellige lags komprimering kontrolleres oftest med en isotop-sonde. „Spydet“ føres ned i jorden og jordens vandindhold og vådrumvægt bestemmes, og holdes op mod værdierne fundet i laboratoriet. (Foto: Torben Dam)



E-værdier for underbunden



Maks. 40 mm afvigelse fra det forudsatte profil

stivhed eller E-værdi. Er dette ikke muligt, kan de vejledende værdier i „Vejregel for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger“ benyttes, se nedenstående tabel. Underbundens E-værdi og sammensætning er vigtig for dimensionering af de ovenliggende lag.

Jordarter	Moræneler, kalkfrit	Moræneler, kalkholdigt	Moræneler, fedt, kalkholdigt	Senglaciale ler- og silt-aflejringer	Sand, fint (frostfarligt)	Sand	Grus
E-værdi [MPa]	10-20	20-50	10-30	5-15	40-70	70-150	100-300

Tabel 3.8. Vejledende E-værdier for forskellige typer underbund. Fra „Vejregel for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger“.

### Jævnhed og profil

Der må ikke være større afvigelser fra det forudsatte profil end 40 mm, og afvigelserne må ikke være ensidige. Det kontrolleres ved at nivellere alle tværprofilets knækpunkter for hver 20. meter. Råjordsplanum skal være afrettet til en sådan jævnhed, at der ikke kan forekomme vandansamlinger.

### 3.4.2 Bundsikringslag

Bundsikringslaget har flere formål:

- ◆ Det skal skabe afstand til underbunden og dermed reducere eller forhindre frostens indtrængning i underbunden, så der

ikke opstår frost- og tøbrudsskader.

- ◆ Det skal virke belastningsfordelende, således at underbunden ikke overbelastes.
- ◆ Det skal virke kapillaritetsbrydende og drænende, så bærelag mv. kan afvandes og ikke opblødes.
- ◆ Det skal udgøre et bæredygtigt underlag for de overliggende bærelag.

For at opfylde alle disse formål, skal bundsikringslag opfylde kravene i „Udbuds- og anlægsforskrifter. Bundsikringslag af sand og grus“. Her i defineres som noget nyt to kvaliteter, hvor forskellen bl.a. er indholdet af finstof, som har indflydelse på permeabiliteten, dvs. evnen til at dræne vand væk. Kvalitet II svarer til det hidtil anvendte men kvalitet I er ny, med mindre finstof, og dermed bedre drænegenskaber.



Figur 3.14. Bundsikringsgrus. (Foto: Torben Dam)

Består underbunden af sand eller grus, kan bundsikringslaget undværes, da underbunden selv kan opfylde ovennævnte punkter.

### Komprimering

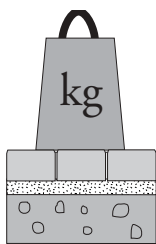
Bundsikringslaget skal komprimeres så komprimeringsgraden bliver min. 92 %-vibration i min. 90 % af laget. Dette kan kontrolleres ved en gennemsnits/mindsteværdi bedømmelse eller en statistisk bedømmelse, jf. „Udbuds- og anlægsforskrifter. Bundsikringslag af sand og grus“.

Kontrolregel ved gennemsnit/mindsteværdi		Kontrolregel ved statistisk bedømmelse
%vibration		%vibration
Gnm.	Min.	K
>95	92	92

Tabel 3.9. Komprimeringskrav til bundsikringslaget. Fra „Udbuds- og anlægsforskrifter. Bundsikringslag af sand og grus“.







E-værdi for bundsikringsgrus



Maks.  $\pm 20$  mm afvigelser fra det foreskrevne profil



## Bæreevne

For bundsikringsgrus kan der regnes med en E-værdi på 100 MPa, jf. „Vejregel for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbælægninger“.

## Jævnhed og profil

Jævnheden af bundsikringslaget er grundlaget for tilfredsstillende jævnhed af de overliggende lag.

Overfladen af bundsikringslaget kontrolleres ved nivellement og må ikke fravige det foreskrevne profil med mere end  $\pm 20$  mm, og afvigelserne må ikke være ensidigt for høje - det vil sige at laget ikke generelt må være for tykt. Hvis bundsikringslaget generelt er tykkere end projekteret vil bærelaget blive for tyndt, da den færdige vejkote normalt er fastlagt på forhånd. Resultatet vil således være en vej med lavere bæreevne end projekteret.

## 3.4.3 Bærelag

Som bærelag for betonsten kan der benyttes såvel ubundne (eks. stabilt grus), bundne (asfalt, cementstabiliseret grus) og knuste materialer (eks. knust beton).



Figur 3.15. Stabilt grus. (Foto: Torben Dam)

### 3.4.3.1 Ubundne lag

Ubundne bærelag vil i Danmark typisk være stabilt grus. I vejreglerne skelner man mellem to kvaliteter af stabilt grus, stabilt grus I og II.

Stabilt gruslaget skal opfylde kravene til materiale og udførelse i „Udbuds- og anlægskrifter. Ubundne bærelag af stabilt grus“.

## Komprimering

Bærelag af stabilt grus skal komprimeres til min. 92 %-vibration i min. 90 % af laget, jf. „Udbuds- og anlægskrifter. Ubundne bærelag af stabilt grus“. Dette kan kontrolleres ved en gennemsnits/mindsteværdi bedømmelse eller en statistisk bedømmelse, som vist i tabellen.

Kontrolregel ved gennemsnit/mindsteværdi		Kontrolregel ved statistisk bedømmelse
%vibration		%vibration
Gnm.	Min.	K
>95	92	92

Tabel 3.10. Komprimeringskrav til stabilt gruslag. Fra „Udbuds- og anlægfskrifter. Ubundne bærelag af stabilt grus“.

### Bæreevne

Stabilt grus regnes normalt at have en E-værdi på 300 MPa, jf. „Vejregel for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger“.

### Jævnhed og profil

Jævnheden af det øverste bærelag bestemmer i høj grad jævnheden af betonstenslaget, når dette er taget i anvendelse. Overfladen af stabilt grusbærelag må således ikke fravige det foreskrevne profil med mere end  $\pm 10$  mm, se „Udbuds- og anlægfskrifter. Ubundne bærelag af stabilt grus“. Opfylder overfladen af bærelaget ikke dette krav, skal der ændres på bærelaget - der må ikke benyttes tykkere afretningslag. For at opnå det bedste resultat kan stabil gruset rettes af med retskinne inden det komprimeres.

### 3.4.3.2 Bundne bærelag

Bundne bærelag er hovedsageligt asfaltbærelag eller cementbundne bærelag. Karakteristisk for begge typer er, at deres bæreevne er væsentlig større end bæreevnen af stabilt grus.

#### Cementbundne lag

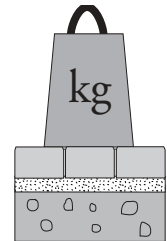
Bærelag med hydraulisk bindemiddel, det vil i praksis sige cementbundet grus, bør opfylde kravene i følgende tabel.

Kravene til jævnhed og profil er som for ubundne bærelag af stabilt grus.

E-værdien for cementbundet grus er 13.000 - 15.000 MPa, jf. „Vejregel for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger“.



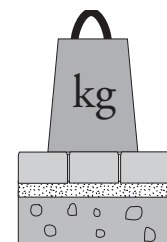
Figur 3.16. Cementbundet stabilt grus lige efter iblanding af cement.



E-værdi for stabilt grus



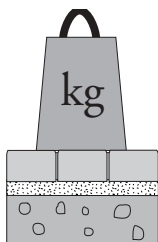
Maks.  $\pm 10$  mm afvigelser fra det foreskrevne profil



E-værdi for cementbundet grus



## Krav til GAB I



E-værdi for GAB I

Cementbundet grus	Tilslag	Trykstyrke	Komprimering
	Stabilt grus II	8-10 MPa	> 92 %

Tabel 3.11. Krav til cementbundet grus. Trykstyrken måles på vibrationsindstampede cylindre (Ø 150/300 mm). Komprimeringskravet er i forhold til den teoretiske tørrumvægt svarende til et luftindhold på nul. Se „Vejbygning - materialer, befæstelser, belægnings“, og „Vejregel for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægnings“.

### Asfaltbærelag

Som asfaltbærelag benyttes grusasfaltbeton, normalt GAB I. Asfalten kan fås med forskellige hårdheder, alt efter hvilken bitumen der er anvendt som bindemiddel. Hårdheden udtrykkes ved den penetrationsdybde der opnås ved et standardiseret forsøg, hvor en belastet nål synker ned i bitumen. Jo større penetrationsdybde (højere tal) jo blødere er asfalten. Som bærelag under betonsten og fliser benyttes normalt en GAB I med bitumen 70/100. GAB I lag skal opfylde kravene i „Udbuds- og anlægsforskrifter. Varmblandet asfalt“.

Minimumsmængder	70/100 (tidligere B85)	115 kg/m <sup>2</sup>
Indbygget hulrumspersent	Middeltal M	≤ 9,0
	Tolerance (M + (t x s)n <sup>-1/2</sup> )	≤ 11,0
Komprimeringsgrad	Middeltal M	≥ 97,0 %
	Tolerance (M - (t x s)n <sup>-1/2</sup> )	≥ 95,0 %

Tabel 3.12. Uddrag af vejreglernes krav til bærelag af GAB I. Fra „Udbuds- og anlægsforskrifter. Varmblandet asfalt“.

E-værdien for GAB I kan regnes til værdierne i tabellen. Der skal regnes med forskellige værdier, alt efter hvor langt nede i befæstelsen GAB-laget ligger.

Krav til udlægning, jævnhed og profil fremgår af „Udbuds- og anlægsforskrifter. Varmblandet asfalt“.

E-værdi i dybde under vejoverflade	GAB I 70/100	GAB I 40/60
≤ 10 cm	2000	3000
> 10 cm	3000	5000

Tabel 3.13. E-værdier for GAB I lag afhængig af dybde. Fra „Vejregel for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægnings“.

### 3.4.3.3 Bærelag af knust beton, asfalt og tegl

Der bliver ofte benyttet genbrugsmaterialer som knust asfalt, beton og tegl til bærelag og bundsikring. Knust asfalt, tegl og beton skal opfylde kravene i de vejtekniske rapporter „Ubundne bærelag af knust asfalt“, „Ubundne bærelag af knust tegl“ og „Ubundne bærelag af knust beton“.

### Knust asfalt

E-værdien for knust asfalt kan jf. de vejtekniske forskrifter regnes som for stabilt grus, dvs.  $E = 300 \text{ MPa}$ . Knust asfalt kan anvendes i alle trafikklasser. Knust asfalt bør dog ikke benyttes ved større vedvarende statiske belastninger, da det vil give deformationer.

Trafikbelastning	Kontrolregel ved gennemsnit/mindsteværdi		Kontrolregel ved statistisk bedømmelse
Lastbiler	%vibration		%vibration
Maks./døgn	Gnm.	Min.	K
10	>95	92	92
1000	>98	95	95

Tabel 3.14. Komprimeringskrav til knust asfalt. Fra „Ubundne bærelag af knust asfalt“.

### Knust tegl

Knust tegl produceres normalt med en kornkurve som stabilt grus og har da en E-værdi på ca. 250 MPa. Det kan ikke anvendes som bundsikring, da permeabiliteten er for lille. Endvidere bør det kun benyttes ved lave trafikbelastninger (maks. 10 lastbiler pr. døgn), da der ved større trafikbelastninger er risiko for deformationer, jf. „Ubundne bærelag af knust tegl“.

Trafikbelastning	Kontrolregel ved gennemsnit/mindsteværdi	
Lastbiler	%vibration	
Maks./døgn	Gnm.	Min.
10	>97	94

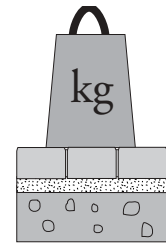
Tabel 3.15. Komprimeringskrav til knust tegl. Fra „Ubundne bærelag af knust tegl“.

### Knust beton

Med en kornkurve som stabilt grus kan knust beton regnes at have en E-værdi på 200-400 MPa afhængig af kvaliteten. Den knuste



Figur 3.17. Knust beton.



E-værdi for knust asfalt



E-værdi for knust tegl



E-værdi for knust beton



beton vil i nogle tilfælde undergå en styrkeudvikling pga. at der ved knusningen frigives cementkorn der ikke tidligere har reageret med vand. Dette er dog ikke velbelyst, hvorfor effekten ikke tages i regning. Den knuste beton kan anvendes i alle trafikklasser. Det kan ikke anvendes som bundsikring, da permeabiliteten er for lille.

Trafikbelastning	Kontrolregel ved gennemsnit/mindsteværdi		Kontrolregel ved statistisk bedømmelse
	%vibration		
Maks./døgn	Gnm.	Min.	K
10	>95	92	92
1000	>97	94	94

Tabel 3.16. Komprimeringskrav til knust beton. Fra „Ubundne bærelag af knust beton“.

### 3.4.3.4 Sættemateriale til kantsten mv.

Sættematerialet når der sættes kantsten eller trappetrin er typisk jordfugtig beton. Det er vigtigt at sikre, at den jordfugtige beton opbevares korrekt og benyttes inden afbinding har fundet sted. Betonen skal straks efter udstøbning beskyttes mod udtørring og frost, indtil den har opnået en ækvivalent hærdealder på mindst 3 døgn ved 20 °C, jf. „Udbuds- og anlægskravforskrifter. Brolægning“. Fabriksbeton skal have styrkeklasse 16 MPa, jf. „DS 1136“. Pladsblandet beton skal være blandet 1:3:5 (cement:grus:ærtesten).



Figur 3.18. Jordfugtig beton.

### 3.4.4 Betonstenslag

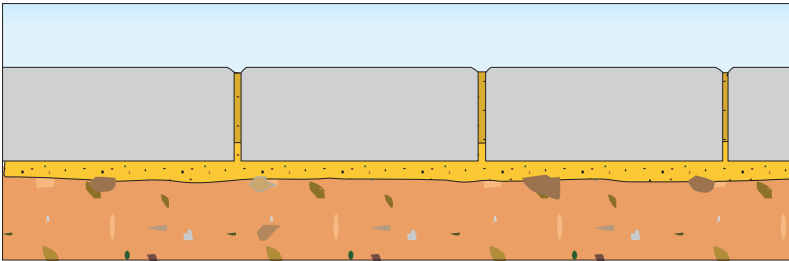
Betonstenslaget omfatter både afretningslag, fuger og selve betonstenene. Laget kan udføres i henhold til „Udbuds- og anlægsforskrifter. Brolægning“ eller „DS 1136“. I det følgende bringes der en mere udførlig vejledning end i „Udbuds- og anlægsforskrifter. Brolægning“ og „DS 1136“.

Allerede på projekteringsstadiet bør der vælges stentype, farve og læggemønster ud fra designmæssige aspekter. Er der tale om befæstelser, hvor der må forventes en stor belastning, skal der tages hensyn til dette ved valg af stentype (tykkelse og form) og læggemønster.

Det vil være hensigtsmæssigt, at udarbejde en specificeret plan over, hvordan lægningsarbejdet skal udføres, blandt andet for at minimere skærearbejdet og derved højne det æstetiske indtryk.

#### 3.4.4.1 Afretningslag

Afretningslaget er underlag for betonstenene, og har flere formål. Det primære formål er, at udjævne de mindre ujævnheder der altid vil være på bærelagets overflade. Derudover skal det udligne de små variationer i tykkelsen (normalt  $\pm 1$  mm, maks.  $\pm 2,5$  mm) som stenene har, og virke som trykfordelende lag mellem betonsten og bærelag.



Figur 3.19. Afretningslagets primære funktion er at udligne mindre ujævnheder i bærelaget.

#### Tykkelse

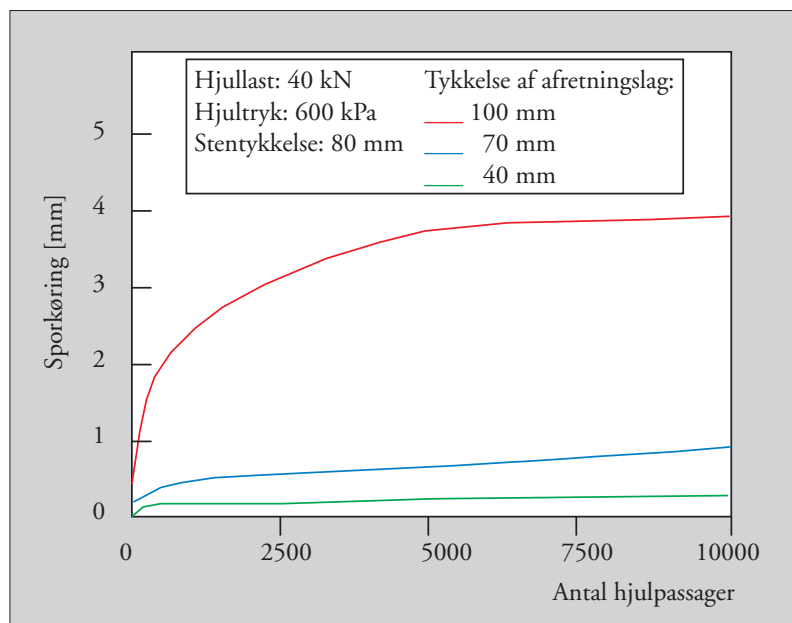
Afretningslagets tykkelse skal i henhold til „DS 1136“ have en færdig tykkelse på  $30 \pm 10$  mm. Mindstetykkelsen på 20 mm er nødvendig, for at kunne udligne de små ujævnheder der er i bærelaget og de højdeforskelle der kan være på stenene, mens maksimal tykkelsen på 40 mm er nødvendig, for at minimere sporkøringen. Forsøg viser, at sporkøringen forøges væsentlig når tykkelsen af afretningslaget øges. Denne sporkøring kan derfor reduceres ved at anvende et forholdsvist tyndt afretningslag, se nedenstående figur.

#### Jævnhed

Jævnhedskravet til betonstenoverfladen er 10 mm målt fra en 3 meter rets skinne. Da afretningslagets tykkelse er begrænset, medfører det, at overfladen af bærelaget også bør opfylde dette krav, da der ikke er mulighed for at udligne større ujævnheder. Opfylder overfladen af bærelaget ikke dette krav, skal der ændres på bærela-

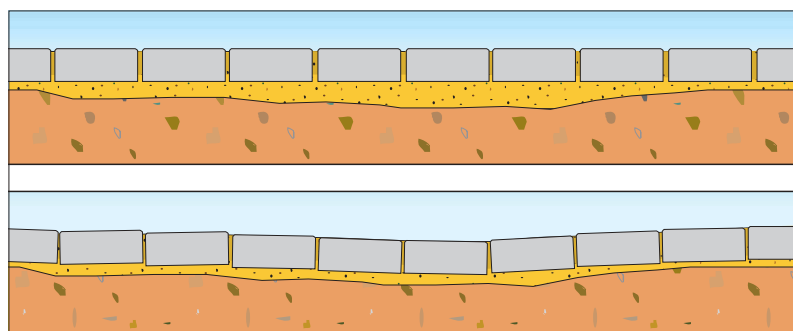


#### Tykkelse af afretningslag



Figur 3.20. Sporkøring forøges når tykkelsen af afretningslaget øges. Fra „Design and construction of concrete block pavements“.

get - der må ikke benyttes tykkere afretningslag. Det er vigtigt at undgå store variationer i tykkelsen af afretningslaget. Det skyldes som nævnt ovenfor, at der i dette lag kan opstå en del deformationer, og store variationer i tykkelsen ville derfor give væsentlige ujævnheder/lunker.



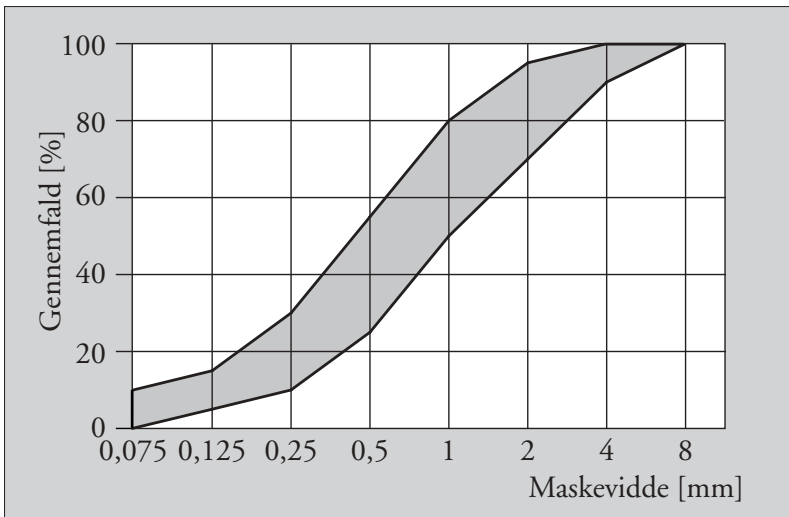
Figur 3.21. Belægning før og efter trafikering. Ujævnheder pga. store variationer i tykkelsen af afretningslaget.

## Materiale

Til afretningslaget skal der anvendes afretningsgrus, også kaldet brolæggergrus, i henhold til „Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde“. Der bør ikke anvendes stenmel, da det kan danne et stift lag pga. den sammenbinding der sker, og dette er ikke hensigtsmæssigt. Der kan anvendes materiale med kornkurve som angivet i „Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde“, se nedenstående figur.

Før afretningslaget lægges ud kontrolleres det, at bærelagsmaterialet og afretningsgruset er korrekt afstemt i forhold til hinanden således, at afretningslaget ikke forsvinder ned i bærelaget. Anvendes almindeligt stabilt grus som bærelag er dette ikke noget problem.





Figur 3.22. Afretningsgruset skal overholde anvisningerne i „Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde“.

Alternativt kan der indlægges en fiberdug for at holde lagene adskilt.

Der anvendes af og til bundne materialer i afretningslaget og i fugerne. Det kan være cement- eller trasskalkbundet sand. Dette frarådes som regel, fordi den nu stive belægning let vil få revner og sprækker på grund af trafikbelastningen. Anvendes bundne materialer anbefales det, at også bærelaget er bundet og dermed forholdsvis stift.

### Komprimering

Når afretningslaget er udlagt, skal der ikke foretages komprimering. Ved at undlade komprimering af afretningslaget, har forsøg vist at komprimeringen af fugerne bliver mere optimal, når stenene senere vibreres. Dette er også normal praksis flere steder i udlandet. Afretningslaget vil også blive komprimeret i forbindelse med vibration af stenene.



Figur 3.23. Afretningsgrus.

### Kornkurve for afretningsgrus

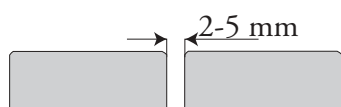






Figur 3.24. Udstyr til afretning. Afretningen kan også blot foretages med et lige bræt og ledeskinner i form af jernrør der lægges i afretningslaget.

Låsende sten ved store horisontale belastninger



Fugebredde på 2-5 mm



Maks. 10 mm nedstik fra 3 m retskinne

### 3.4.4.2 Betonsten og lægning

Betonstens tykkelse og form har indflydelse på stabiliteten og levetiden af belægningen, og skal vælges ud fra den forventede belastning på befæstelsen. Den minimale anbefalede stentykkelse afhænger af trafikbelastningen, se nærmere i afsnittet „3.3.3 Dimensionering af befæstelser“.

Forventes der store horisontale belastninger, fra eksempelvis nedbremsning og acceleration af store lastbiler og busser (eksempelvis ved busholdepladser, vejkryds, vendepladser mv.), bør der anvendes låsende sten. Stenene bør lægges i sildebensmønster hvis formen tillader det, jf. afsnittet „2.2.3 Læggemønstre“.

Ved afsætning af belægningens højde skal der tages hensyn til regler for niveauforskelle mellem belægningen og fugtspærre i soklen, 10 cm ved facader af uorganisk materiale f.eks. tegl og 20 cm ved træfacader, jf. „Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde“.

#### Lægning af betonsten

Ved lægning af stenene skal det sikres, at fugebredden er 2-5 mm jf. „Udbud- og anlægskrav for brolægning“. Derved undgås betonkontakt mellem stenene, og risikoen for kantaftskallinger er således elimineret ved, at belægningen kan optage små bevægelser. Yderligere er det muligt for den udførende at holde linierne ved lægningen, og det er praktisk muligt at feje eller vande fugegrus med en kornstørrelse 0-4 mm ned i fugerne. Inden fugerne fyldes, kontrolleres det om fugeflugterne fremtræder tilfredsstillende.

Efter lægningen skal det kontrolleres, at overfladen har det rette fald mht. afvanding, og om længdeprofilet svarer til det projekterede. Stenene skal lægges med 15 - 25 mm overhøjde, hvis den efter komprimeringen skal have en overhøjde på 5-10 mm ved brønddæksler og lignende.

Overfladejævnheden kontrolleres ved nedstik fra en 3 meter retskinne, og må maksimalt være 10 mm. Der måles i længderetningen, mellem 2 understøtningspunkter.

Da afretningslagets tykkelse er begrænset, medfører det, at overfladen af bærelaget også bør opfylde dette krav, da der ikke er mulighed for at udligne større ujævnheder. Dette kræver normalt at bærelaget trækkes af med retskinne inden komprimering. Opfylder overfladen af bærelaget ikke dette krav, skal der ændres på bærelaget - der må ikke benyttes tykkere afretningslag. Se endvidere „DS





Figur 3.25. Ujævnheden måles ved nedstik fra 3 m retskinne, i længderetningen mellem 2 understøtningspunkter.

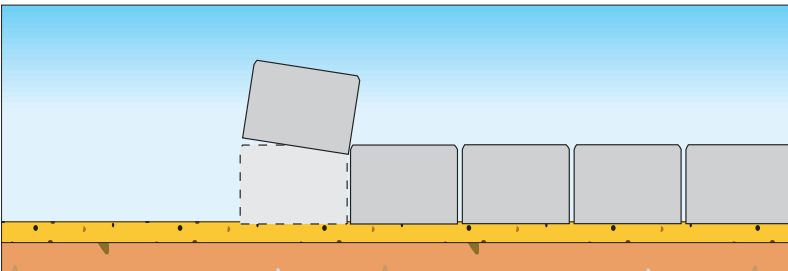
1136“.

Lægningen kan foregå ved håndnedlægning eller maskinnedlægning/ manuelt betjent nedlægningsudstyr. Lægningshastigheden er afhængig af læggemetoden.

### Håndnedlægning

Når den enkelte sten placeres, kan den udførende, for at få den anbefalede fugebredde på 2-5 mm, for eksempel lade stenen glide lidt skråt på de netop lagte sten.

Ved udførelse af belægningsarbejder, har man ofte hørt replikken »Der er ikke to brolæggere, der lægger stenene ens«. Håndnedlægningen er et håndlag, som kan variere fra person til person, hvilket kan give forskellige fugebredder. Det skal undgås ved hyppig kontrol af fuger og flugter. Det anbefales at anvende snore til kontrol af flugter, f.eks. for hver 3. - 4. række sten.



Figur 3.26. Ved at lade stenen glide lidt skråt på de udlagte sten, kan der opnås en passende fuge.



Figur 3.27. Udspænding af snore gør det let at opretholde flugterne.

Hyppig kontrol af fuger og  
 flugter

## Korrekt fugebredde ved maskinnedlægning

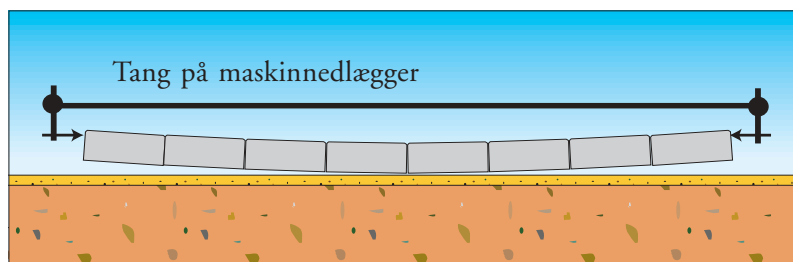
### Maskinnedlægning

Vælger man maskinnedlægning skal man være opmærksom på, at stenene skal bestilles til maskinnedlægning. Ikke alle sten kan maskinnedlægges. Det er hovedsagligt ved store pladser og veje, at det kan betale sig at benytte maskinnedlægning.

Det er en udbredt misforståelse, at man ikke kan opnå den korrekte fugebredde ved maskinnedlægning. Betonstenene kan gribes for oven med maskinnedlæggerens tang således, at stenene hænger lidt nedad og der opstår små sprækker mellem stenene på undersiden. Idet stenene sænkes ned på afretningslaget opnås, at der presses lidt grus op i sprækken mellem stenene. Gruset sikrer, at der er passende fuger mellem stenene (2-5 mm), og at de dermed ikke forskubbes ved kørsel med maskinnedlæggeren oven på de allerede udlagte sten. Fugerne bør dog fyldes helt, efterhånden som arbejdet skrider frem.



Figur 3.28. Maskinnedlægning af betonsten - hurtigt og effektivt.



Figur 3.29. Ved maskinnedlægning er det også muligt at opnå korrekt fugebredde. Stenene skal gribes foroven så de hænger nedad i en bue.

Hvis stenene omvendt gribes således, at stenene står opad i en bue, vil de fejlagtigt ligge for tæt, når de slippes på afretningslaget. Ved maskinlægning er det ikke muligt at opnå samme ensartethed i fugebredden som ved håndnedlægning.

### Tilpasning

Skære- og tilpasningsarbejdet kan minimeres, hvis hoveddimensionerne for et byggeri og tilhørende færdselsarealer projekteres på modulmål, så eksempelvis afstanden mellem kantstenene på en vej

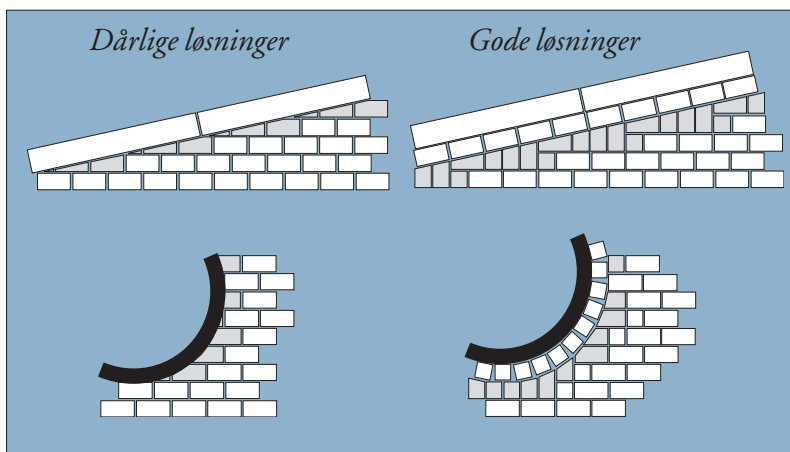
svarer til et helt antal sten. Udover at tilpasningsarbejdet minimeres, højes det æstetiske indtryk også når belægningen ikke skæmmes af for mange tilpassede sten. Skal belægningen lægges på modulmål, vil det normalt skærpe tolerancekravet til stenene.

Hvis det er nødvendigt at benytte passten ved at skære eller klippe hele sten, skal de tilpassede sten være større end 30 % af en hel sten. Tilpassede sten mod jord skal min. være 50 % af en hel sten, jf. „Udbud- og anlægforskrifter for brolægning“. Desuden bør man undgå spidse passten. For at opfylde disse krav kan det være nødvendigt at ændre forbandet eller læggemønsteret i nærheden af tilslutningen eller kanten. I figuren er der vist eksempler på såvel gode som dårlige løsninger.

**Passten min. 30 % af hel sten**



Figur 3.30. Betonsten og fliser kan enten skæres eller klippes når de skal tilpasses.



Figur 3.31. Eksempler på gode og dårlige tilslutninger og kantløsninger.

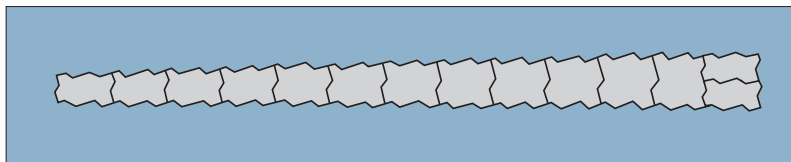
### Betonsten i kurver

I stærkt trafikerede kurver skal man være opmærksom på, at der kan opstå store horisontale kræfter fra tunge køretøjer. Det er derfor vigtigt, at stenene her har en god låsevirkning. Der kan fås specielle kurvesæt til de fleste stentyper, således at stenenes låsevne bibeholdes i kurverne.

**Kurvesæt**

Regler og anvisninger

Kornkurve for grus



Figur 3.32. Kurvesæt type Uni-sten.

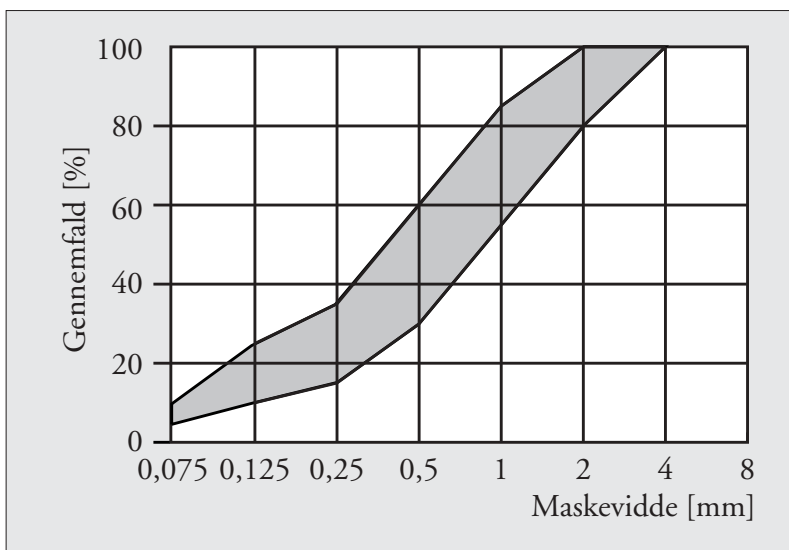
### 3.4.4.3 Fuger

Fugens virkemåde med videre er nærmere beskrevet i afsnittet „2.4 Fugens funktion“.

Fugerne skal være 2-5 mm brede. Den nederste grænse sikrer, at fugegruset kan komme ned i fugen og hindrer betonkontakt og dermed kantafskalning, mens den øverste grænse sikrer, at der er en tilstrækkelig støtte og kraftoverførsel mellem stenene. En fugebredde i dette interval sikrer desuden, at fugen kan udligne de tolerancer stenene produceres og lægges med.

### Fugemateriale

Der bør benyttes 0-4 mm fugegrus, i henhold til „Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde“, dog med 5-10 % finstof. De største af sandkornene, 3-4 mm, vil kile sig fast i fugerne og sikre god kraftoverføring mellem stenene og bidrage til at låse fugemateria-



Figur 3.33. Der skal benyttes fugegrus i henhold til „Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde“, dog med 5-10 % finstof.



Figur 3.34. Fugemateriale (0-4 mm bakkemateriale) i henhold til „Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde“.

let. Det er vigtigt at der sker en kraftoverførsel mellem stenene, således at trykket fra trafikken fordeles mest muligt.

### Fugefyldning

Der fejes korrekt fugegrus ned i fugerne, efterhånden som lægningsarbejdet skrider frem. For at få en effektiv fyldning er det vigtigt, at det er helt tørt fugegrus. Er det blot en anelse fugtigt danner det „bro“ mellem stenene, hvorved fyldningen forhindres.

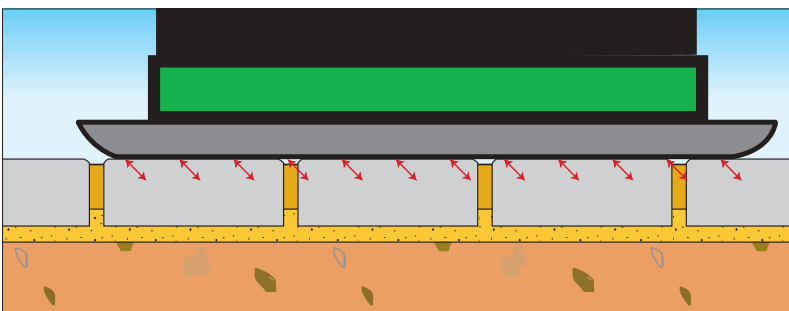
Belægningen fejes helt ren. Der køres med en pladevibrator én gang på tværs, der efterfyldes med fugegrus, og én gang på langs (der efterfyldes med fugegrus om nødvendigt). Der køres med 50 % overlap mellem de enkelte baner. Således bliver alle sten vibreret 2 gange i hver retning, hvorved både de langsgående og tværgående fuger bliver komprimeret.

Efter vibreringen kontrolleres det at alle fuger er fyldte og velkomprimerede. Benyt f.eks. en spartel (50 x 1 mm blad), den må kun kunne trykkes få mm ned.

Ved vibrering med pladevibrator vibreres stenene på plads således, at man får en plan flade. Ved vibreringen presses lidt grus fra afretningslaget op i fugerne. Afhængig af grustype og vibrering fyldes fugerne 5-20 mm op nedefra. Det må derfor frarådes, at benytte geotekstiler under betonstenene.



Figur 3.35. Fugegrus fejes i fugerne inden første vibrering.



Figur 3.36. Ved vibreringen trænger en del af afretningslaget op i fugerne.



Det er ofte nødvendigt at fylde grus i fugerne af flere omgange. I vådt vejr kan det være nødvendigt, at vande fugematerialet ned. Det skal dog gøres med så små mængder vand som muligt, for at undgå opblødning af bærelaget.

Fugegruset må ikke henligge på belægningen, da det giver risiko for afsmitninger.

#### Egnede pladevibratører

For at opnå en optimal belægning skal man sikre sig, at vibreringen af stenen sker med det rigtige udstyr. På farvede sten og sten med en speciel overfladebehandling, må vibrering kun ske ved benyttelse af en kunststofplade under vibratoren.

Der bør benyttes en forholdsvis tung pladevibrator med en høj frekvens. Frekvensen og vægt er afgørende for om vibratoren „hopper“ på stenene. Det vil kunne ødelægge stenene. Der må aldrig benyttes vibrationstromler, da de ødelægger belægningen.



Figur 3.37. Det benyttes en stor pladevibrator på min. 180 kg til vibrering.

De følgende anbefalinger gælder kun vibrering af sten (længde/tykkelse < 4). Stenene skal lægges på ikke-komprimeret afretningsslag.

- ◆ vægt: min. 180 kg
- ◆ centrifugalkraft\*: max. 200 kN/m<sup>2</sup>
- ◆ frekvens: min. 90 Hz.

Der køres én gang på langs, fugerne efterfyldes, og der køres én gang på tværs. Begge overkørsler med 50 % overlap.

På større arealer hvor større pladeareal er ønskeligt kan følgende vejledning anvendes:

- ◆ vægt: 300 kg / 400 kg / 500 kg
- ◆ centrifugalkraft\*: max. 200 kN/m<sup>2</sup>
- ◆ frekvens: min. 80 Hz / 70 Hz / 60 Hz.

\*Centrifugalkraften udregnes som slagkraften opgivet på maskinen delt med kontaktarealet mellem fliser og plade.

Eksempel:

Kraft opgivet på maskinen: 30 kN

Målt kontaktareal:  $0,4 \times 0,5 = 0,2 \text{ m}^2$

Kraft pr. areal:  $30/0,2 = 150 \text{ kN/m}^2$

### Geotekstiler

Geotekstiler, også kaldet fiberdug, benyttes i vejbygning for at adskille forskellige jordtyper, eksempelvis mellem afretningslaget og bærelaget. Hvis der benyttes et grovkornet bærelag, vil geotekstilet hindre afretningslaget i at forsvinde ned i bærelaget.

Geotekstiler giver ikke i sig selv en ekstra bæreevne i befæstelsen, men kan forhindre, at de enkelte lag blandes, hvorved styrken vil blive reduceret. Normalt er dette ikke noget problem.

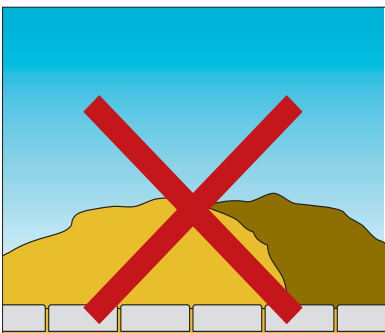
Geotekstiler bør imidlertid ikke benyttes direkte under stenene af flere grunde:

- ◆ Det hindrer afretningslaget i at blive presset op i fugen ved vibration, og det besværliggør også fugefyldningen ovenfra.
- ◆ Det hindrer belægningens overflade i at blive helt jævn da det bliver sværere at presse stenene ned i afretningslaget ved vibration af stenene.
- ◆ Risikoen for horisontale bevægelser af stenene forøges, da der er risiko for at stenene glider på geotekstilet.

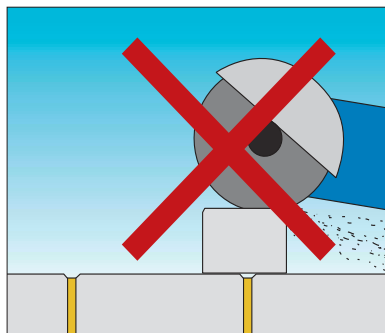
### Renholdelse under udførelsen

Det er vigtigt, at sørge for en god renholdelse af belægningen under udførelsen. Det skal undgås at belægningen bliver tilsmudset af sand og jord, der slæbes ind på belægningen af maskiner eller fodtøj. Sker det, skal belægningen renfejes og eventuelt rengøres med vand og kost. Det skyldes, at snavs kan binde af kalkudfældninger så de fremstår som mørke pletter, i stedet for blot et hvidt slør. Kommer der muld i fugerne medfører det også problemer med ukrudt, da der normalt er mange frø i muld.

Støv og smuds fra vibration af sten og skæring af betonsten, jernrør mv. skal også undgås, da det giver afsmitninger.



Figur 3.38. Undgå opbevaring af sand og jord på belægningen. Det holder på fugten og øger risikoen for kalkudfældninger.



Figur 3.39. Undgå skæring af sten, rør mv. på belægningen. Skærestøvet binder fast på belægningen.

Benyt ikke geotekstil under  
stenene



### 3.4.4.4 Kvalitetssikring af udførelsen

Der bør ydes stor opmærksomhed på kvalitetssikringen af udførelsen. Udover bundsikring og bærelag, er det for betonsten og fliser afretningslaget og fugerne der skal have stor opmærksomhed. Udover den sædvanlige kontrol af planhed, koter mv. er det tykkelsen af afretningslaget og fugebredden, samt materialerne hertil, der er vigtige at kontrollere. Disse punkter har vital betydning for trafikerede arealers levetid.

Danske Anlægsgartnere har udarbejdet en vejledning for kvalitetssikring, og i „Udbuds- og anlægfskrifter for brolægning“ og „Kvalitetsplan for brolægning- og belægningsarbejde“, er der udarbejdet kontrolplaner der kan benyttes til kvalitetssikringen.

I følgende skema er opstillet et forslag til kontrolplan. Planen tager udgangspunkt i „Udbuds- og anlægfskrifter for brolægning“ men planen er lavet specifikt for betonbelægninger og visse punkter er tilføjet og nogle er ændret.

KONTROLPLAN, trafikbelastede betonbelægningssten				
Emne	Kontrolmetode	Kontrolomfang	Prøvningsfrekvens/tidspunkt	Acceptkriterium
Alment				
Bærelag	Måling	(omfang)	Før udlægning af afretningslag	Maks. $\pm 10$ mm (s. 79)
Sten/fliser				
Type/farve mv.	Visuel	100 %	Før/ved levering	SAB
Mærkning	Modtagekontrol	100 %	Efter levering	jf. BVK/DBC/"DS/EN 1338"
Frostbestandighed	Modtagekontrol	100 %	Ved levering	"DS/EN 1338", kl. 3. (s. 50)
Jernudfældning	Visuel/måling	100 %	Aflevering/mangeleftersyn	SAB
Afretningslag				
Kornkurve	sigteanalyse jf. DS EN 933-1	1 prøve	pr. påbegyndt 25 m <sup>3</sup>	"NVA" (s. 85)
Renhed/knusning	Visuel	100 %	pr. leverance	"NVA"
Tykkelse	måling	(omfang)	Færdig kontrolafsnit	30 mm $\pm$ 10 mm (s. 83)
Fugegrus				
Kornkurve	sigteanalyse jf. DS EN 933-1	1 prøve	pr. leverance	"NVA" (s. 90)
Renhed/knusning	Visuel	100 %	pr. leverance	(som for afretning), samt s. 36
Belægningsstenslag				
Højde	Måling	(omfang)	Færdig kontrolafsnit	Maks. $\pm 10$ mm i terræn. Min. + 5 mm ved brønde mv. (s. 86)
Flugter	Visuel	100 %	Færdig kontrolafsnit	Lige flugter
Jævnhed	Måling	(omfang)	Færdig kontrolafsnit	Maks. 10 mm nedstik (s. 86)
Mønster	Visuelt	100 %	Færdig kontrolafsnit	Ingen fejl i læggemønsteret
Fugebredde	Måling/visuelt	1 prøve	pr. 200 m <sup>2</sup>	90 % 2-5 mm. Ingen under 1,5 mm eller over 6 mm. (s. 96)
Fugefyldning	Visuelt	100 %	Færdig kontrolafsnit, og efter 2, 4, og 6 mdr.	Helt fyldt
Tilpasninger	Visuelt	100 %	Færdig kontrolafsnit	min. 30/50% af hel sten. (s. 89)

Tabel 3.17. Forslag til kontrolplan.

BVK: Betonvarekontrollen, NVA: Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde, SAB: „Udbuds- og anlægfskrifter for brolægning - Særlig arbejdsbeskrivelse. 1998“. Sidehenvisninger er til denne bog.

### Forslag til kontrolplan

## Fremgangsmåde ved kontrol af fuger

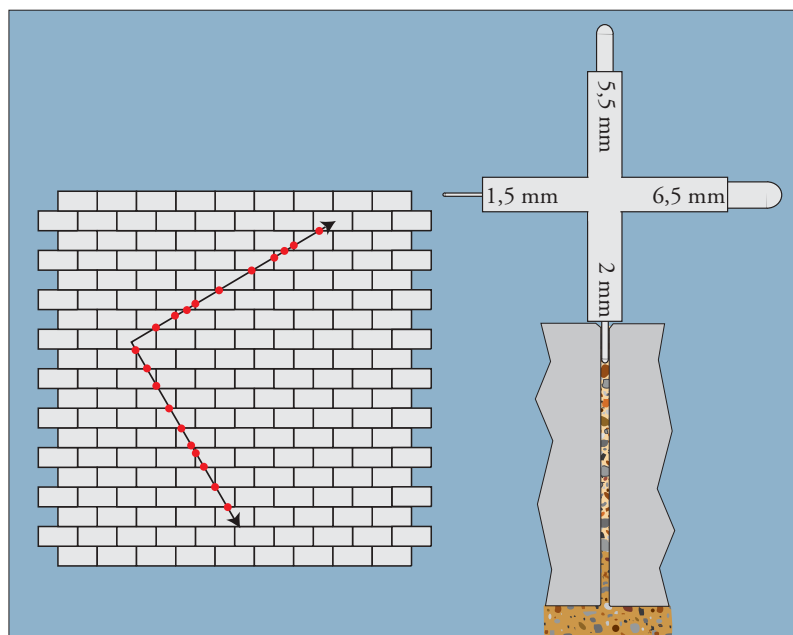
**Maks. 10% fugebreder mellem 1,5-2 mm og 5-6 mm**

## Kontrol af fugebredden

Kontrollen af fugerne bliver typisk blot foretaget visuelt, men nedenstående er der angivet et forslag til en mere håndgribelig kontrol, samt nogle acceptkriterier.

Fugebredden kontrolleres ved stikprøvekontrol. For hver 200 m<sup>2</sup> udføres der en stikprøve, som følger:

Der tages udgangspunkt i en tilfældig sten, hvorfra de 10 nærmeste fuger i 2 retninger vinkelret på hinanden kontrolleres. Retningerne skal ikke falde sammen med en gennemgående fuge. Fugebredden kontrolleres 10 mm under belægningsoverfladen, ved nedstik med søgerblad eller lign. Der skal ikke måles ud for fugeknaster og i hjørner.



Figur 3.40. Der foretages en kontrol pr. 200 m<sup>2</sup>. Der måles 10 fugebreder i 2 retninger vinkelret på hinanden, dvs. i alt måling af 20 fugebreder pr. 200 m<sup>2</sup>. Der kan evt. konstrueres et måleværktøj som vist i figuren. Med dette kontrolleres det, at 2 mm spidsen kan stikkes ned i fugen, og at 5,5 mm spidsen ikke kan. Kan dette ikke overholdes, kontrolleres det yderligere om hhv. 1,5 mm og 6,5 mm spidsen kan stikkes ned i fugen. Der skal ikke måles ud for fugeknaster og i hjørner.

Af de 20 målinger i hver stikprøve må maks. 2 være mindre end 2 mm eller større end 5 mm. Endvidere må de fuger der ikke overholder kravet ikke være mindre end 1,5 mm eller større end 6 mm. Dette svarer til at 90 % af arealet skal have fugebreder på 2-5 mm, og maks. 10% fugebreder mellem 1,5-2 mm eller 5-6 mm.

Desuden skal det ved en overordnet vurdering kontrolleres, at arealet fremstår med korrekte og ensartede fuger, og at der ikke generelt er gennemgående/lange fuger (længde > 0,7-0,8 m), eks. fuger omkring et maskinlagt felt, der ligger udover kravet på 2-5 mm. Overholdes kravene ikke indenfor et kontrolafsnit (200 m<sup>2</sup>), skal der gennemføres yderligere 3 stikprøver, for at vurdere om afsnittet generelt ikke overholder kravene.

### 3.4.5 Betonfliselag

Lægning af betonfliser følger stort set anvisningerne i det foregående, dog er der nogle vigtige undtagelser:

#### Afretninglaget

Laget skal have en let komprimering med pladevibrator inden afretningen. Ved afretningen løsnes laget en smule.

#### Lægning af fliser

Fliserne lægges i princippet som sten, dog skal man være opmærksom på den større vægt af hver enkelt emne, og sikre nogle gode arbejdsstillinger. Da afretningslaget er komprimeret skal overhøj-



Figur 3.41. Fliserne lader man som betonsten, skride skråt ned for at opnå den korrekte fugebredde på 2-5 mm.

den ved brønde, kanter sat i beton mv., kun være 10 - 15 mm inden vibreringen, således at overhøjden efter vibrering er 5 - 10 mm.

#### Egnede pladevibratoer

Flere forsøg har indikeret, at fliser kan vibreres med pladevibratoer modsat tidligere anbefalinger. De følgende anbefalinger gælder kun for fliser med dimensionerne 25 x 50 x 5 cm og 50 x 50 x 5 cm samt stærkere formater. Det vil sige større tykkelse og/eller mindre sidelængder og mindre forhold mellem sidelængderne. Det skal iagttages meget nøje om der forekommer skader ved vibreringen.



Figur 3.42. Kunststofsålen kan fremstilles af PEHD-plade.

Forudsætning for høj bæreevne og lang levetid

Krav til pladevibrator:

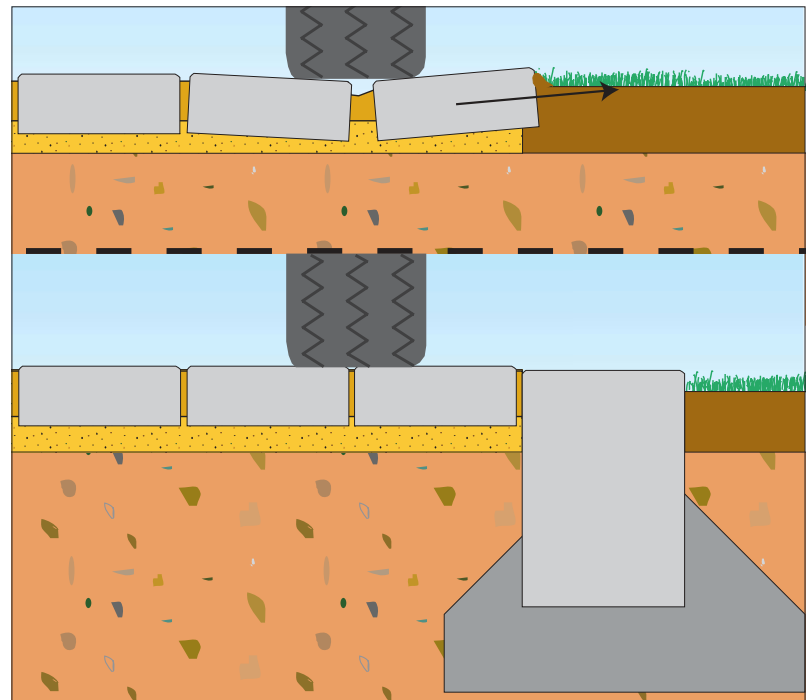
- ◆ vægt: max. 90 kg
- ◆ centrifugalkraft\*: max. 70 kN/m<sup>2</sup>
- ◆ frekvens: min. 90 Hz.
- ◆ kunststofsål.

Der køres én gang på langs, fugerne efterfyldes, og der køres én gang på tværs. Begge overkørsler med 50 % overlap.

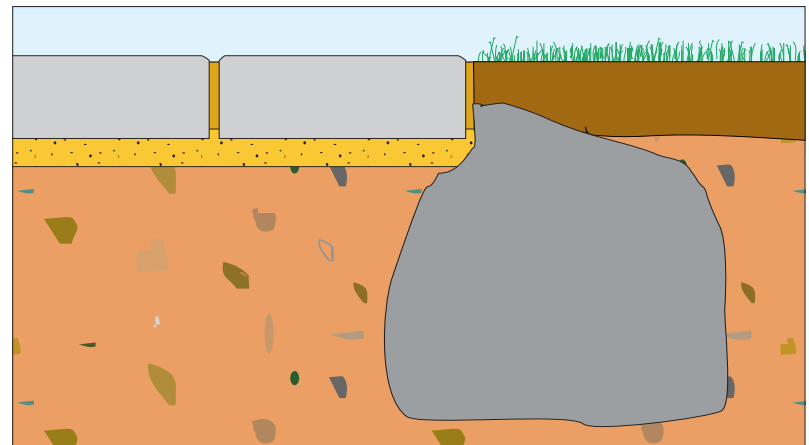
\* Se nærmere s. 92.

## 3.4.6 Kantsikring

En forudsætning for at befæstelser med betonsten har en lang levetid er, at der etableres en kantsikring. Kantsikringens opgave er at



Figur 3.43. En korrekt kantsikring bevirker, at stenene ikke skrider ud og bæreevnen ved kanten bevares. Her kantsikring med Albertslund kantsten.



Figur 3.44. Kantsikring med jordsfugt beton. Vækstforholdene over kantsikringen er begrænsede.



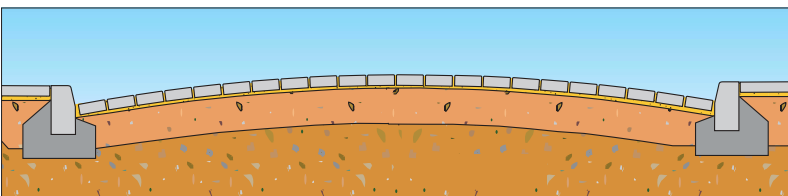
Figur 3.45. Resultatet af manglende kantsikring.

holde sammen på befæstelsen, således at trafikken ikke skubber stene fra hinanden, og befæstelsens bæreevne derved reduceres. Hvis belægningen grænser op til en bygning eller lignende, skal der ikke foretages yderligere. Hvor dette ikke er tilfældet kan kantsikringen eksempelvis bestå af en betonkantsten der sættes i jordfugtig beton, eller der kan udstøbes en rande med beton. Selv om belægningen afsluttes med en speciel randsten der griber ind i den øvrige belægning, er det stadig nødvendigt at etablere kantsikring.

### 3.4.6.1 Buede tværprofiler

Buede tværprofiler kan være hensigtsmæssige af hensyn til afvanding og udseende.

Tilskrives kantsikringen desuden en understøtningsvirkning i forbindelse med buede tværprofiler, skal man være opmærksom på, at det vil være nødvendigt med en kraftigere kantsikring end normalt, hvis den ønskede buevirkning skal etableres.



Figur 3.46. Buede tværprofiler kan være med til at forøge bæreevnen. Det kræver dog, at kantsikringen kan give en tilstrækkelig sidestøtte. Buede tværprofiler er også velegnede med hensyn til afvanding og det æstetiske indtryk.

### 3.4.6.2 Sætning af kantsten

Kantsten sættes i jordfugtig beton. Følgende figur viser, hvilke dimensioner der i henhold til „Udbud- og anlægsforskrifter for brolægning“ og „DS 1136“ kræves for under-, for- og bagstøbning af kantsten.

Når kantstenen sættes, udlægges først understøbningen. Derefter placeres kantstenen herpå, og rettes til efter de i forvejen udspændte rettesnore. Kantstenene sikres god kontakt med understøbningen ved brug af eksempelvis stødstænger. Det er vigtigt, at der etableres korrekt afstand mellem kantstenene for at undgå kantafskalninger. I følge „Udbuds- og anlægsforskrifter. Brolægning“ skal



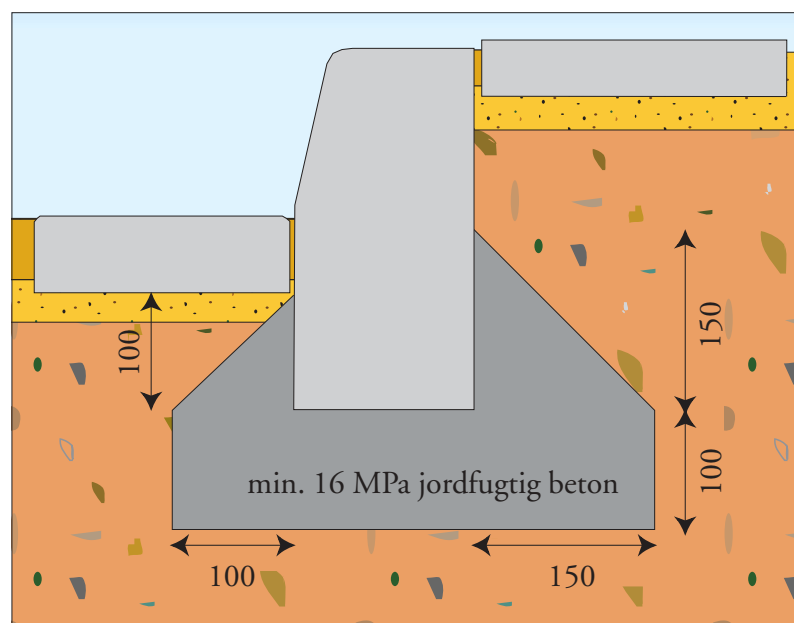
Fugebredde min. 2 mm

Tætning af fugen

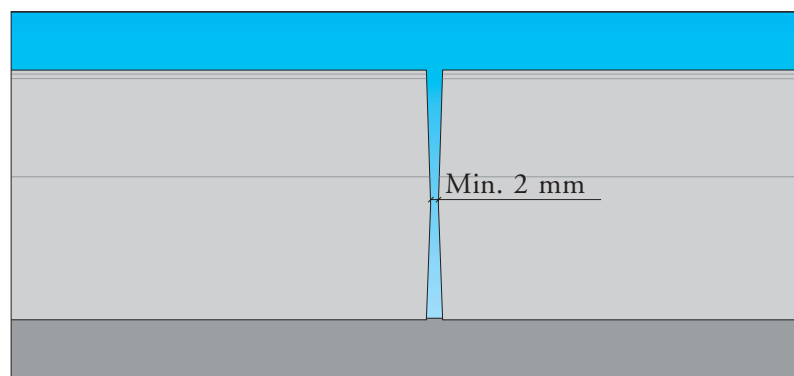
fugebredden være min. 2 mm.

Minimum-fugebredden skal være 2 mm for at kunne optage bevægelser pga. trafik, sætninger og temperaturudvidelser. Temperaturudvidelser kan være væsentlige, især hvis der ligger asfalt op ad kantstenen. Kantstenen vil fra en vinterdag (0 °C) til en varm sommerdag (60 °C, hvis der ligger asfalt op ad kantstenen) udvide sig ca. 1 mm. Da kantsten normalt støbes med „spidse“ ender er det vigtigt, at fugebredden kontrolleres det relevante sted, dvs. min. fugebredden midt på kantstenen.

Herefter etableres for- og bagstøbningen. Skal der etableres et for- eller lignende, kan det være en fordel at tætte fugen mellem kantstenene, for at undgå at der løber grus ud igennem fugen. Fugen kan tættes ved at sætte en filtstrimmel imellem kantstenene, eller kline fugen på bagsiden af kantstenen. Fugen skal ikke fyldes med mørtel. Når den jordfugtige beton har opnået den foreskrevne styrke, kan materialerne omkring kantstenen udlægges.



Figur 3.47. Ved sætning af kantsten skal der foretages såvel for-, under- og bagstøbning. Ved buslommer, svingbaner og lignende steder med stor belastning skal understøbningen være 150 mm. (mål i mm).



Figur 3.48. Ved sætning af kantsten er det vigtigt at fugebredden kontrolleres de rigtige steder. Minimum fugebredden på 2 mm kontrolleres midt i fugen



## 3.5 Projektering og udførelse af trapper

Der udføres trapper mange steder, både på offentlige og private arealer. Ved brug af betontrapper er mulighederne for at variere form, farver, faconer og overflader store. Dette skyldes at udvalget af såvel færdige trappeelementer som betonsten er meget stort. For at opnå en robust og komfortabel trappe med lang levetid, er det vigtigt at den anlægges korrekt. Trapper udføres normalt i henhold til „Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde“.

### 3.5.1 Projektering

Der kan være flere grunde til at lave en trappe. Som regel er det på grund af niveauforskelle i terrænet, men det kan også være for at dele store arealer op, indbygge siddepladser eller for at opnå en skulpturel virkning.

Der vil i det følgende blive omtalt to typer betontrapper: færdigdesignede trappetrinselementer som er kendetegnet ved at være en af de hurtigste trapper at opstille og betonstenstrappen som er kendetegnet ved at være meget fleksibel og nem at få passet ind i eksisterende omgivelser.

Ud over valg af trappetype og design skal man være opmærksom på følgende allerede i anlægsfasen:

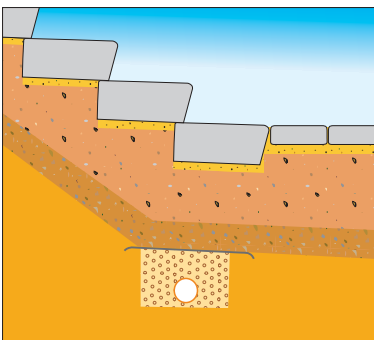
- ◆ Vand- og frostskafer
- ◆ Dårlig underbund.

Ovenstående kan ikke ses i starten af trappens levetid, men vil give alvorlige problemer på et senere tidspunkt.

#### 3.5.1.1 Vand og frostskafer

Vand kan generelt altid give problemer i forbindelse med belægninger, hvis ikke der tages de nødvendige forholdsregler. Vandet kan dels bløde bærelaget op, hvorved det mister styrken og dels forårsage et stort vandtryk inde i selve jordskråningen, som kan presse trinene ud. Problemer med vandtryk er dog værst for lerjorde og lignende.

Hvis der ophobes vand enten i råjorden eller i bærelaget kan vandet fryse til is, med frosthævninger til følge.



Figur 3.49. Elementtrappe med dræn under nederste trin.



Elementtrapper

Betonstenstrapper

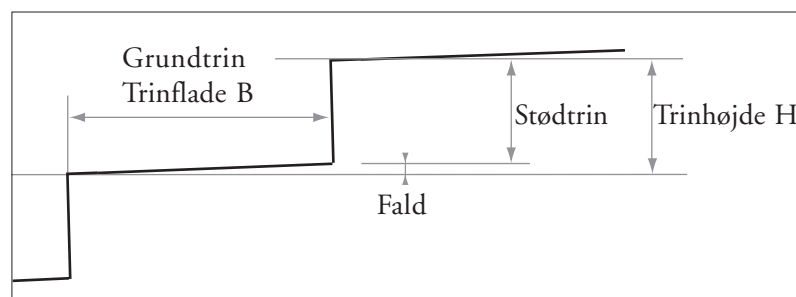
## Dræn

For at undgå frost- og vandskader skal det nøje overvejes, hvorvidt der er behov for et dræn. Drænet kan bestå af et drænende lag som f.eks. singels, 32-64 mm eller ved at indlægge drænrør i et lag med for eksempel filtergrus. Drænrøret og/eller drænlaget skal etableres med et fald på min. 3 ‰, jf. „Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde“. Drænmaterialet skal adskilles fra bundsikring og/eller stabilt gruslaget med en fiberdug.

Er trappen mere end 1 meter høj anbefales det altid at lave et dræn.

### 3.5.1.2 Trappens komponenter

En trappe består i princippet af et stødtrin som er den lodrette del og et grundtrin som er den vandrette del. Grundtrinene skal have et fald på minimum 15 ‰. Trinene skal altid være vandret på tværs af trappen.



Figur 3.50. Stødtrin er den lodrette del og grundtrin den vandrette del. Grundtrinene skal have et fald på minimum 15 ‰. Trinene skal altid være vandrette på tværs af trappen.

## Trappeformel

Forholdet mellem trindhøjden H og trinfladen B bør så vidt muligt tilpasses, således at der fås en god gangkomfort. Ved gangkomfort forstås, at den naturlige gangrytme der haves på fladt terræn, fortsætter når man går på trappen. Dette kan opnås ved at følge trappeformlen:  $B + 2H = 63 \text{ cm}$ .

Skal trappen etableres så den følger terrænet, som for eksempel ved en skråning, er forholdet mellem trindhøjden H og trinfladen B i en vis udstrækning fastlagt af terrænet. Opfyldes trappeformlen ikke skal man ikke forvente god gangkomfort.

Hvis trindhøjden og trinfladen af en eller anden årsag skal ændres, bør dette ske gradvist eller ved at indlægge en repos svarende til et helt antal ekstra skridtlængder undervejs.

Der findes også andre trappeformler der gælder ved lange, flade trapper. Her benyttes  $H=500/B + 1,2$  eller bare  $H=500/B$ .

### 3.5.1.3 Opbygning af underbunden

Der skelnes mellem elementtrappen og en trappe bygget af betonsten. Forskellen er at der ved betonstenstrappen anbefales understøbning af hele trappen med jordfugtig beton. Den jordfugtige beton erstatter stabilt grus og afretningslag. Efterfølgende gælder generelt for begge trappetyper.

Underbund	Frostsikker	Frosttvivlsom	Frostfarlig
Afretningslag	30	30	30
Stabilt grus / jordfugtig beton	120	120	120
Bundsikringslag	—	150	250

Tabel 3.18. Lagtykkelser under trappen. Benyttes der jordfugtig beton (16 MPa) skal der ikke laves et afretningslag. Afretningslaget er i „Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde“ beskrevet som maks. 50 mm, bør dog kun være 30 mm ± 10 mm.

## 3.5.2 Betonstenstrappe

Populært sagt kan man sige, at der anvendes „byggeklodser“ når man bruger betonsten og kantsten til trappen, og mulighederne for forskellige former er derfor næsten uendelige. Grundet trappens store fleksibilitet i forbindelse med formgivning og placering i terrænet er løsningen tiltalende og meget anvendt.

### 3.5.2.1 Sætning i beton

Alle trappens bestanddele der er i direkte kontakt med underbunden bør altid sættes i et lag jordfugtig beton (inkl. grundtrinet) til trods for, at der i normerne beskrives, at stabilt grus og bundsikring er tilstrækkelig. Dette er for at undgå sætninger af grundtrinet. Hvis der sker sætninger, vil der komme til at stå vand på selve trinnet, som bevirker, at det grus der ligger umiddelbart under grundtrinet vil blive blødt op og miste bæreevnen.

Når der udlægges beton er man fri for at sætte grundtrinene med overhøjde, idet der ikke forekommer sætninger. Det undgås endvidere, at der løber afretningsgrus og stabilt grus ud gennem fugerne. For at forhindre stødtrinene i at „tippe“ skal der for- og bagstøbes med jordfugtig beton.

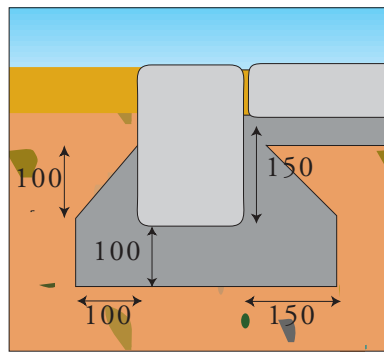


Figur 3.51. Sætning af trappe i jordfugtig beton.

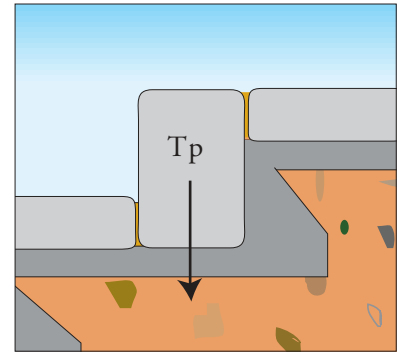
## Fastlæggelse af lagtykkelser

## 3.5.2.2 Kantsikring

De yderste sten langs trappens sider skal også kantsikres for at opnå en god sidestøtte. Dette kan gøres med jordfugtig beton, men det vælges ofte af æstetiske grunde at lave en vange af kantsten eller betonsten, der er for- og bagstøbt. Her er der igen mange muligheder. Vangen kan udføres af samme materiale som trappen, men andre materialer er også anvendelige. Det væsentlige er, at vangen opfylder funktionen som kantsikring.



Figur 3.52. Kantsikring af stødtrin og understøbning af grundtrinnet med jordfugtig beton. (mål i mm).



Figur 3.53. Få tyngdepunktet så langt ned og ind i trappen som muligt, det sikrer stabiliteten.

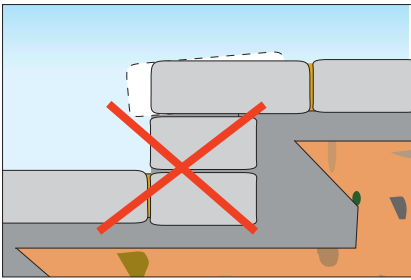
## 3.5.2.3 Placering af stenene

Rent teknisk er en løsning med betonsten mere krævende, idet der hele tiden haves flere valgmuligheder for at vende og dreje stenene og herved risikere at få placeret stenene uheldigt. Som udgangspunkt bør stenene placeres på en sådan måde at det ikke er nødvendigt at bruge mørtel/lim i fugerne, det vil sige at stødtrinene skal placeres med tyngdepunktet så langt inde og nede i trappen som muligt. Det opnås ved at anvende høje og tykke blokke.

Limning/fugning skal ses som en ekstra foranstaltning.

- ◆ Brug altid så store stentyper som muligt, det øger stabiliteten.
- ◆ Benyt radiussten hvis der skal laves buede trapper.
- ◆ Sørg for at tyngdepunktet af stødtrinnet ligger langt inde og nede i trappen.
- ◆ Undgå at lave vandnæser, de bliver let trådt af.
- ◆ Hvis der skal skæres er det vigtigt at tilskæringen ikke er synlig.
- ◆ Betonstenene er mest velegnet som grundtrin. Hvis de benyttes som stødtrin skal de sættes som rulleskifte.
- ◆ Stød stenene sammen med mørtel eller lim. Efterfyld med fugemateriale. Maksimalt 15 mm mørtelfuger.
- ◆ Undgå vandrette fuger, det stiller store krav til udførelse.

Undgå vandrette fuger



Figur 3.54. Undgå vandrette fuger - stenene går ofte løse og skrider ud.

### 3.5.3 Elementtrappe

Elementtrappen er en af de hurtigste trapper at opstille. Geometrien på trinene er givet fra fabrikken og har typisk en trindhøjde på 14 - 16 cm og en dybde på trinfladen på 35 - 50 cm.

Ud fra trindhøjden er det let at bestemme dybden på trinfladen ved trappeformlen og dermed hvor meget overlap trinene skal ligge med. Elementerne der har trindybder på 50 cm er velegnede når trappen drejer.

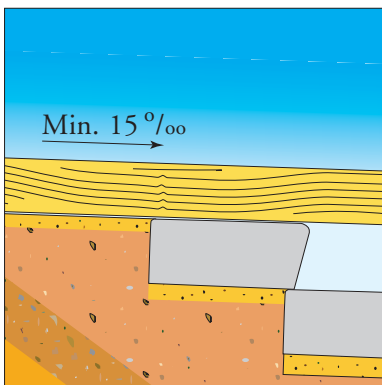
Trappeelementerne fås både med rektangulære tværsnit og med skrå forkant, hvilket giver en god gangkomfort på trappen.

Elementtrappens force er blandt andet vægten, der sikrer god stabilitet. Det skal dog bemærkes, at trinene typisk vejer mellem 100 og 140 kg pr. meter, hvilket gør dem tunge at håndtere. Det vil være nødvendigt at have løfteredskaber/maskiner. Trappetrins-elementerne kan dog fås ned til 40 cm lange, hvorved det er muligt at flytte disse med håndkraft. Hvis der benyttes elementer der er kortere end trappens bredde er det en god idé at udlægge jordfugtig beton under hele trinnet som ved trapper udført af betonsten.

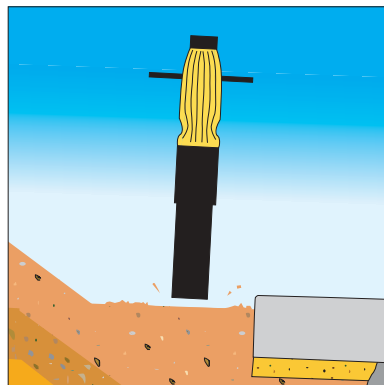
#### 3.5.3.1 Afretning og komprimering

Det væsentligste i opsætning af en elementtrappe er at få startet rigtigt. Trappen bygges op nedefra, hvor placering og fundering af det nederste trin danner grundlag for opbygning af resten af trappen. Idet understøbning ikke er strengt nødvendigt er det meget vigtigt at etablere en meget jævn afretning og en ensartet komprimering af

**Vigtigt at få startet rigtigt**



Figur 3.55. Jævn afretning med et bræt. Fremadrettet hældning på min. 15‰.



Figur 3.56. Komprimering af stabil bilt grus bag trinnet, eventuelt ved brug af brolæggerjomfru.

## Benyt brolæggerjomfru

såvel råjordsplanum, bundsikrings-, bære- og afretningslag for at undgå utilsigtede sætninger.

Lagene afrettes så der er en fremadrettet hældning til afvanding af såvel underbunden som trappetrinselementerne. Dette kan eventuelt gøres ved at anvende et bræt der lægges plant på nederste trin, så det er muligt at afrette gruset bag trinnet med passende hældning.

Hvis komprimering og afretning af lagene er for dårlig risikeres det at trinnet sætter sig, så der fås bagudrettet hældning på trinnet, idet trinets forkant hviler på underliggende element.

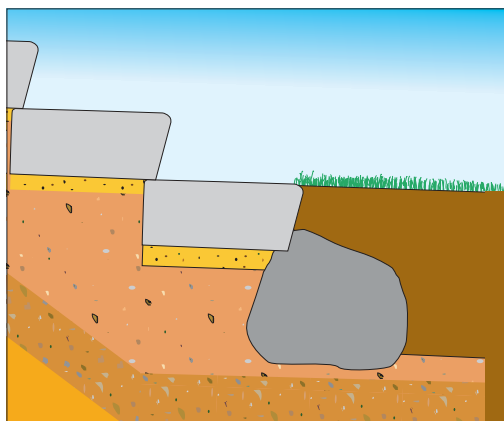
I forbindelse med den trinvis komprimering af lagene bag trinnet kan det allerede udlagte trin forskubbe sig ud ad underkomprimeringen. Valget af komprimeringsudstyr bør derfor vælges således, at dette ikke sker. En brolæggerjomfru og nedvanding af afretningsgruset er i mange tilfælde tilstrækkeligt.

For at forhindre afretningsgrus og bærelag i at løbe ud gennem eventuelle fuger kan trappetrinselementet bagklines med limmørtel.

### 3.5.3.2 Kantsikring

Trappens stabilitet kan sikres ved at lægge det nederste trin ned i terrænets niveau og etablere en kantsikring med jordfugtig beton. Hvis der haves en anden befæstelse kan denne som regel virke som kantsikring.

Trappen kantsikres til siderne med jordfugtig beton eller ved at udlægge grus langs siderne og komprimere dette. Det er naturligvis også muligt at etablere en vange for at lave en pæn afslutning mod siderne.



Figur 3.57. Eksempel på kantsikring af nederste trin.



## 3.6 Projektering og udførelse af støtte- og støjmure

På det danske marked findes der et rigt udvalg af betonprodukter til opbygning af støtte- og støjmure. Blokkene findes i mange forskellige udformninger, der har til formål at give en mur med lang levetid, men også med et æstetisk tilfredsstillende udtryk. Ligeegyldigt hvilket produkt der vælges er det dog altafgørende, at muren opbygges korrekt, hvis den skal have et tilfredsstillende udseende og en lang levetid. Støtte- og støjmure udføres normalt i henhold til „Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde“.

### 3.6.1 Støttemure og støjmure

Støttemure og støjmure er principielt forskellige. Støttemuren laves for at støtte en jordskråning (holde jorden tilbage), mens støjmuren typisk er en dobbelt mur, der laves for at dæmpe trafikstøj. Den dobbelte mur kan også anvendes i stedet for hegn og hække. Begge typer mure kan laves som enten lukket eller åben mur. Ved en lukket mur sættes blokkene med en fuge på 2-5 mm, mens de ved en åben mur sættes med et mellemrum på 10-20 cm.



Figur 3.58. Støttemur. Det er vigtigt ved dimensioneringen, at tage højde for belastningen oven for muren, f.eks. som her jordvolden.



Figur 3.59. Støjmur. Muren er lavet åben for at kunne beplante den og for at reducere den støj der reflekteres.



Støttemur

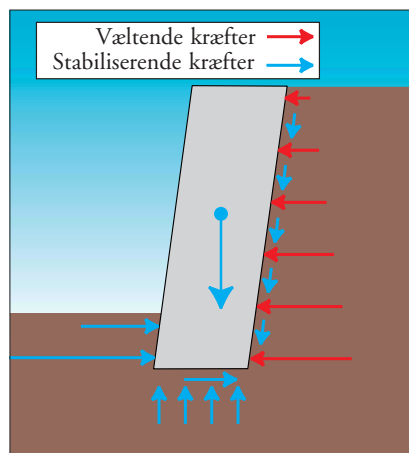
Støjmur



Større hældning - større bæreevne

## 3.6.1.1 Støttemures virkemåde

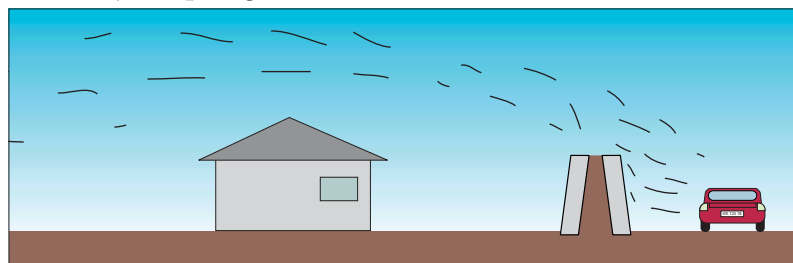
Hovedformålet med støttemure er at afstive jorden ved niveauforskelle i terrænet og således forhindre, at skråningen falder sammen og at vand eroderer den. Støttemuren støtter jorden ved hjælp af sin egenvægt og normalt en vis hældning. Jo større hældning og egenvægt jo større belastning kan muren bære. Belastningen stammer både fra jorden bagved, men også fra eventuel last ovenpå jordskråningen. Ved at anvende støttemure i stedet for at lade jorden stå med en naturlig hældning, kan man opnå en væsentlig bedre pladsudnyttelse såvel ovenfor som nedenfor muren.



Figur 3.60. Støttemurens virkemåde. Murens egenvægt, jordtrykket foran muren og friktion under og bag muren skal modsvarer det jordtryk der opstår bag muren.

## 3.6.1.2 Støjmurens virkemåde

Støjmur skal skærme for den støj trafikken udvikler. Støjmur skal enten opstilles tæt på trafikken eller tæt på den bebyggelse der skal beskyttes mod støj. I nogle tilfælde kan det være nødvendigt at forsyne overfladen med støjabsorberende materiale for at undgå forøgede støjgener på den modsatte side af vejen. Eventuelt kan muren udføres som åben for at tage højde for dette. Støjdæmpningen afhænger meget af murens højde, men kan med realistiske dimensioner komme op på 10-12 dB (8 dB svarer til en halvering) bagved muren. Jo længere væk fra muren man kommer jo mindre bliver støjdæmpningen.



Figur 3.61. Støjmur skaber „læ“ for lyden, nøjagtig som var det vinden der skulle skabes læ for. Muren skal placeres enten tæt ved lydkilden eller tæt på det sted der er støjplaget. Placeres muren ved lydkilden, kræver det at stedet der skal beskyttes mod støj ikke er længere væk end ca. 100 m, hvis der skal være en god effekt jf. „Veje til mindre støj“. Ved afstande over 300 m, er effekten næsten væk.

### 3.6.1.3 Bæreevnekurver

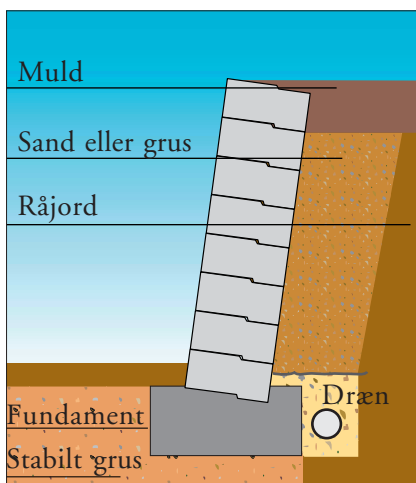
En korrekt opbygning af støttemuren er en forudsætning for et tilfredsstillende udseende og en lang levetid. Flere producenter leverer kurver der viser hvilken hældning en støttemur skal have, afhængig af dens højde. Det er vigtigt, at disse overholdes, da et kollaps af muren ellers risikeres. Vær opmærksom på, at sådanne kurver altid er baseret på diverse forudsætninger, og kontroller, at disse forudsætninger er opfyldt. Er sådanne kurver ikke tilgængelige, eller er forudsætningerne ikke opfyldt, anbefales det at få lavet en vurdering eller beregning af en sagkyndig person.

De i denne publikation viste højder og hældninger kan ikke overføres til aktuelle tilfælde.

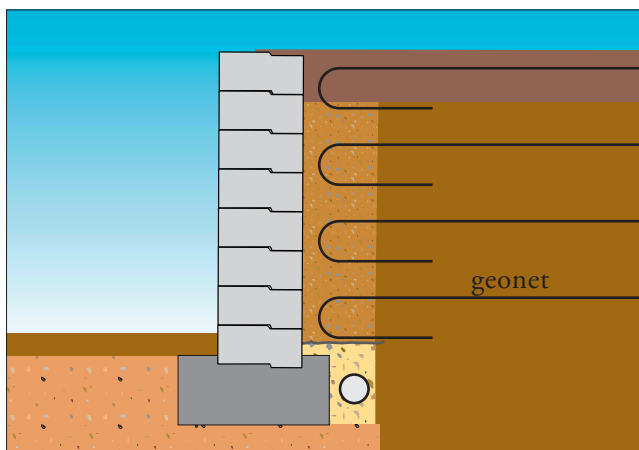
### 3.6.2 Opbygning af støttemure

Støttemure bør altid sættes på et fundament af jordfugtig beton, og derunder stabilt grus eller bundsikringsgrus.

Bag muren bør der placeres et dræn, samt et drænende lag, for at undgå, at der opstår vandtryk på muren, da det kan få muren til at kollapse. Det vil næsten altid være nødvendigt at muren hælder, for at opnå tilstrækkelig stabilitet. Det er kun meget lave mure der kan



Figur 3.62. Princip for opbygning af støttemur.



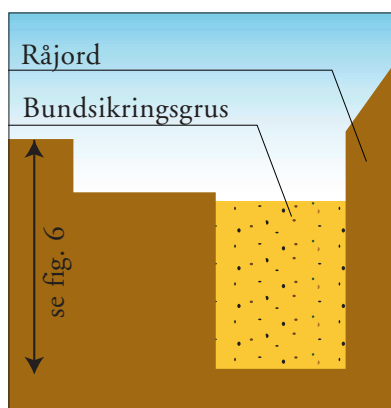
Figur 3.63. Armering med geonet. Figuren viser kun princippet, og armeringen skal altid udføres efter producentens anvisninger.

Armering med geo-net

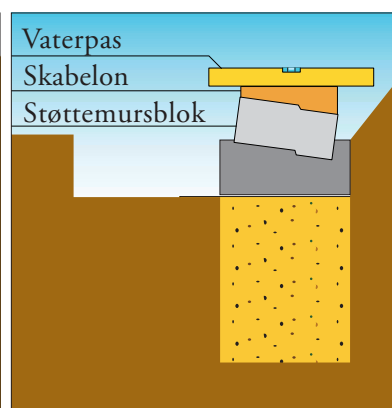
## Opbygning af støttemur

stå lodret uden at der foretages forankring ind i jorden, bagstøbning eller armering af jorden med geonet. Søg rådgivning før udførelse af sådanne forstærkninger. Benyttes der hule blokke, kan de med fordel fyldes med beton eller sand, for at forøge murens egenvægt og dermed bæreevnen.

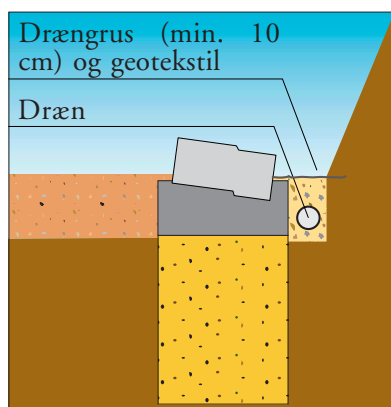
Nedenstående er opbygningen gennemgået trin for trin. Vejledningen er generaliseret og der vil derfor, for nogle blokke, kunne være afvigelser. Har producenten givet en anden vejledning skal den følges. Ved høje mure (> 1,5 m) bør sagkyndig rådgivning indhentes. Korrekt fundament og underbund er nødvendig, da der ellers vil opstå sætninger med tiden. Se endvidere „Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde“.



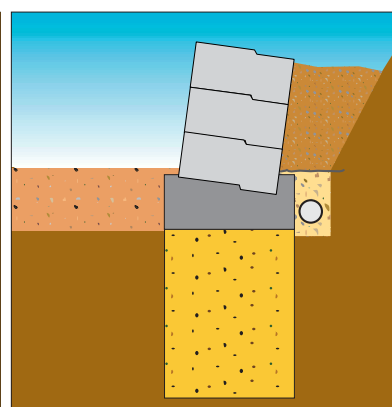
1. Al muld graves af, så man kommer ned til bæredygtig underbund. Overhold desuden min. dybden under terræn (figur 6). Der fyldes op med bundsikringsgrus i lag á 15 cm, og der komprimeres for hvert lag.



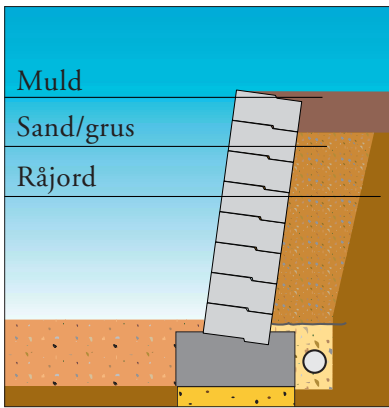
2. Der sluttes af med et fundament i jordfugtig beton, 5 cm under terræn og ca. 20 cm tykt og 15 cm bredere end blokken. Blokkene sættes med det samme i betonen. Benyt snore til at holde retningen, og benyt en skabelon til at give blokken den rette hældning. Nogle blokke giver en vis hældning når de sættes vandret.



3. Der graves en rende bag fundamentet og et drænrør lægges ned efter producentens forskrifter. Vær opmærksom på, at der foran fundamentet ofte er regnet med, at der også er komprimeret sand eller stabilt grus.



4. Efter normalt 1-2 dage har betonen fået tilstrækkelig styrke til at de ovenstående skifter kan laves. Der bagfyldes og komprimeres løbende for hvert 2. skifte. Normalt sættes blokkene med 1/2-stens forbandt.



Råjordens frostsikkerhed		
Frost-sikker	Frost-tvivlsom	Frost-farlig
-	70 cm	90 cm

5. Skal der plantes oven for muren afsluttes der med ca. 30 cm muld. Ved åbne mure er det, af hensyn til vedligeholdelsen og æstetikken, en fordel at også øverste skifte er lukket.

6. Funderingsdybde. De øverste 25 cm er jordfugtig beton placeret 5 cm under terræn. Derunder bundsikringsgrus til en dybde under terræn som angivet i tabellen.

Figur 3.64. Opbygning af støttemure trin for trin. Har producenten givet anden vejledning følges den.

En omhyggelig udførelse af 1. skifte er yderst vigtig. Nogle blokke giver automatisk en vis hældning når oversiden er vandret.

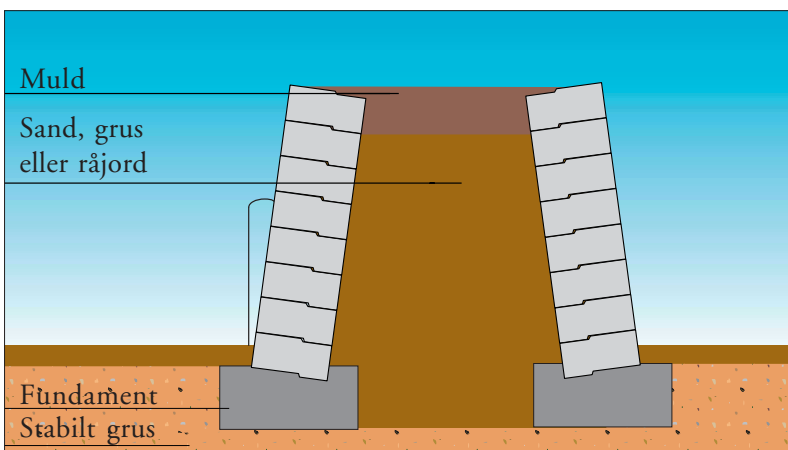
Der kan normalt ikke justeres på murens hældning i de overliggende skifter. Husk at ved åben mur skal 1. skifte være lukket.

Til flere støttemursblokke findes der forskelligt tilbehør, f.eks. hjørne-, halve- og afslutningsblokke til øverste skifte.

### 3.6.3 Opbygning af støjmure

Støjmure eller dobbeltmure opbygges som støttemure. De to sider opbygges sideløbende.

Kernen kan bestå af råjord, sand eller grus. Den øverste del kan med fordel bestå af muld, så det er muligt at få planter eller græs til at gro. Det er normalt ikke nødvendigt at dræne inderkernen, da der kun tilføres begrænsede mængder vand.



Figur 3.65. Princip for opbygning af støjmur.

#### Opbygges som støttemure



# 4 Drift og vedligeholdelse

Indhold:

- 4.1 Vejregler, normer, standarder og vejledninger
- 4.2 Renholdelse
  - 4.2.1 Alger og anden bevoksning
- 4.3 Kalkudfældninger
  - 4.3.1 Dannelse af kalkudfældninger
  - 4.3.2 Begrænsning af kalkudfældninger
  - 4.3.3 Kalkudfældninger forsvinder
- 4.4 Ukrudtsbekæmpelse
- 4.5 Vedligeholdelse af fuger og kanter
  - 4.5.1 Vedligeholdelse af fuger
  - 4.5.2 Vedligeholdelse af kanter
- 4.6 Reparationer og retablering
  - 4.6.1 Opgravning i belægningen
  - 4.6.2 Retablering af befæstelsen
  - 4.6.3 Fjern lunke og sporkøring
- 4.7 Vintervedligeholdelse

Betonfliser og -sten er robuste produkter fremstillet af velkendte naturmaterialer, og selve betonbelægningen er derfor stort set vedligeholdelsesfri. Betonbelægningens udseende vil forandre sig med tiden, bl.a. bliver flere af stenene i betonens overflade synlige pga. slid og farvede belægningers nuance vil ændres med tiden pga. vejrpåvirkningen og slid. Det er først efter 1-2 års brug, når det øverste betonslam er slidt af og tilslagsmaterialer kan skimtes, at belægningen får det rigtige udseende og fremstår som et naturprodukt. Øvrige forandringer er meget afhængig af om arbejdet er udført korrekt ved lægningen. Her tænkes specielt på opbygning af bærelag og fuger samt sikring af kanter. Korrekt udførte og vedligeholdte belægninger kan være meget flotte selv efter 25 års brug.



## 4.1 Vejregler, normer, standarder og vejledninger

Udvalget af anvisninger mv. indenfor drift- og vedligeholdelsesområdet begrænser sig stort set til „Vejregel for vedligehold af færdselsarealet“. Derudover eksisterer der bogen „Befæstelser i anlægsgartneriet“.

Der er i vejreglen opstillet et system til klassificering af skader, hvor en skade tildeles point alt efter dens størrelse og udbredelse på arealet.

Dette er et udmærket værktøj til at styre driften og vedligeholdelsen efter.

Desuden er der angivet reparationsmetoder til forskellige skader.



Parcel		Belægning		Eftersyn	
Lokalitet:		Type:		Foretaget	
Vejnavn/nr.:		Anlægsår:		Dato:	Kl.:
Stationering		Vurderet restlevetid:		Næste eftersyn	
Fra:	Til:			Dato:	Initialer:


BILAG 9.3

Observation	Alvorlighed	Bedømmelse					Bemærkninger
		Kategori			Omfang		
		0	A	B	C	%	Abs. mål
5.3.1 Kanter	Kant < 1 cm	1					
	Kant 1-2 cm	2					
	Kant > 2 cm	3					
5.3.2 Lunker og sætninger	Dybde < 2 cm	1					
	Dybde 2-4 cm	2					
	Dybde > 4 cm	3					
5.3.3 Sporkøring	Dybde < 2 cm	1					
	Dybde 2-4 cm	2					
	Dybde > 4 cm	3					
5.3.4 Knækkede fliser	<i>(alvorlighed beskrives under bemærkninger)</i>						
5.3.5 Afskalninger	<i>(alvorlighed beskrives under bemærkninger)</i>						
5.3.6 Manglende sten og fliser	<i>(alvorlighed beskrives under bemærkninger)</i>						
5.3.7 Manglende fugemateriale	Dybde < 1 cm	1					
	Dybde 1-2 cm	2					
	Dybde > 2 cm	3					
5.3.8 Defekte kantsten	<i>(alvorlighed beskrives under bemærkninger)</i>						
5.3.9 Ujævnt kantstensforløb	Forskydning < 1,5 cm	1					
	Forskyd./sætn. 1,5-5 cm	2					
	Forskyd./sætn. > 5 cm	3					
5.3.10 Skader ved riste, dæksler o.l.	<i>(alvorlighed beskrives under bemærkninger)</i>						
5.3.11 Manglefuldt længde- eller tværfald	Små < 0,5 m <sup>2</sup>	1					
	Middelstore 0,5-5 m <sup>2</sup>	2					
	Store > 5 m <sup>2</sup>	3					

Vedligehold af færdselsarealet

Figur 4.1. Skema til klassificering af skader. „Vejregel for vedligehold af færdselsarealet“.

## Systematisk registrering af skader

<b>Kanter</b>	
Beskrivelse	Kanter er vertikale forskydninger mellem belægningens fliser/sten indbyrdes og mellem belægningen og tilstødende kantsten/belægninger.
Inspektionsmetode	Kanter måles i cm.
Bedømmelseskriterier	Skadens alvorlighed vurderes efter følgende graduering af kantens højde: <ul style="list-style-type: none"> <li>1 kant &lt; 1 cm</li> <li>2 kant 1-3 cm</li> <li>3 kant &gt; 3 cm</li> </ul> <p>Skadens omfang vurderes i procent af parcellens areal efter følgende kriterier:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- intet observeret</li> <li>0 Ubetydeligt omfang &lt; 2 %</li> <li>A Ringe omfang 2- 10 %</li> <li>B Udbredt omfang 10-50 %</li> <li>C Betydeligt omfang &gt; 50 %</li> </ul>
Skadesårsager	Mangelfuld bæreevne Efterkomprimering Frost/tø Mangelfuld retablering efter opgravning For tung belastning Rødder eller anden vegetation.

Figur 4.2. Eksempel på definition af skader og bedømmelseskriterier, her for kanter. Fra „Vejregel for vedligehold af færdselsarealet“.

## 4.2 Renholdelse

På offentlige arealer benyttes typisk feje-/sugemaskiner til renholdelse. Benyttes de på belægninger med fuger, som betonsten og fliser, skal man være opmærksom på at der er risiko for at maskinerne



*Figur 4.3. Der skal udvises forsigtighed ved anvendelse af feje-/sugemaskiner på belægninger med fuger, da der er risiko for at fugematerialer suges op.*

fjerner fugematerialet. Specielt i det første år bør der køres med begrænset sug og tryk på børsterne. Det skal jævnligt kontrolleres, at fugematerialet ikke fjernes.

På pladser og veje vil flisers og betonstens farve ændres langsomt med tiden, pga. organiske og uorganiske urenheder fra luften, og fordi trafikken afsætter gummi mv. i overfladen. Overfladen vil blive en anelse mørkere med tiden. Jævnlig rengøring med vand og kost eller højtryksrensere kombineret med et rengøringsmiddel fjerner de fleste urenheder. Helt grundlæggende er det dog, at det er bedre at „holde rent“ fremfor at „gøre rent“, dvs. jævnligt feje belægningen fremfor at højtryksrense den en gang om året.

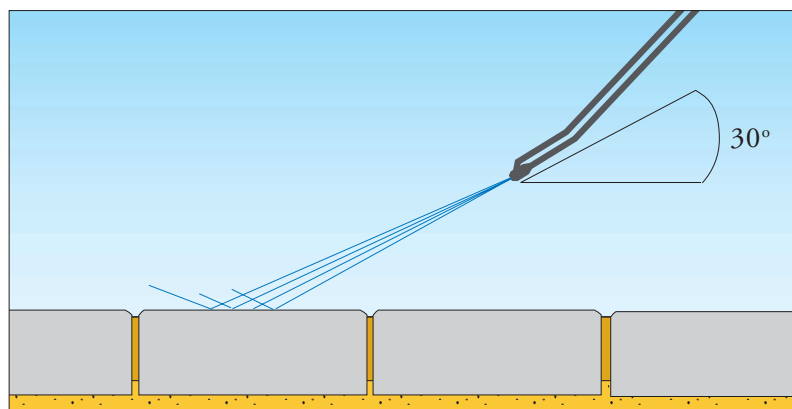
Ved højtryksrensning skal man undgå at beskadige betonen, dvs. lavt tryk og/eller stor afstand fra dyse til sten. Det er meget vigtigt at sikre, at betonens overfladeruhed ikke øges, evt. ved at prøve på et ikke synligt sted. Hvis betonens overfladeruhed øges, bliver den frem over mere modtagelig over for urenheder. Hvis højtryksrensere anvendes, må vandstråleretningen højst have en vinkel på 30 grader med fliseplanet, idet en større vinkel kan medføre, at fugegruset hvirvles op.

Nedenstående er en oversigt over hvordan forskellige urenheder kan fjernes. Gamle eller særligt store/massive pletter kan kræve udskiftning af sten. For at nye sten ikke skal skille sig ud fra de øvri-

Forsigtighed med feje-/  
sugemaskiner

Højtryksrensning

## Fjernelse af diverse pletter



Figur 4.4. Hvis der anvendes højtryksrenser skal strålens vinkel med vandret maks. være 30°.

Urenheder	Rengøringsmetode
Mos, alger mv.	Forsvinder når den fugtige tid er ovre. Om nødvendigt kan de fjernes med algefjerner eller klorin fortyndet 1:1. Mos kan skrubes op af fugerne - efterfyld med fugegrus.
Tyggegummi	Opblødes med rene benzin og skrubes af.
Olie	Frisk våd olie suges op med papir, savsmuld, kattegrus eller andet sugende produkt. Olie som er trykket ned i belægningen, vaskes med motorrens og dækkes med kattegrus eller lignende ét døgn. Olie skader ikke belægningen.
Træ-impregnering	Suges op med klud eller papir. Vædes herefter med terpentin og dækkes med klud eller papir i ét døgn.
Maling	Vandbaseret våd maling suges op med papir eller klud. Vaskes herefter af med vand. Våd maling på oliebasis suges op med papir eller klud og dækkes med savsmuld eller andet olieabsorberende produkt i ét døgn. Tør maling skrubbes af med sand og en belægningssten. Dybt indtrængt maling brændes forsigtigt af med en blæselampe.
Rust (afsmitninger fra biler mv.)	Fjernes med Borup Rustfjerner eller lignende. Dyb rust fjernes med en pasta af lige dele 15 % natriumcitrat og glycerol. Pastaen skal sidde på 2-3 dage før afskrabning og afvaskning.

Tabel 4.1. Fremgangsmåde for fjernelse af diverse urenheder.

ge kan de byttes ud med sten under en busk eller lignende. Er dette ikke muligt kan de nye sten evt. „vaskes“ i en blanding af vand og snavs fra eksempelvis tagrenden.

### 4.2.1 Alger og anden bevoksning

Alger forekommer typisk på arealer på nordsiden af bygninger om efteråret og vinteren, dvs. fugtige steder. Det betyder også, at de normalt forsvinder når den fugtige tid er ovre. Der forekommer normalt to former for alger på betonbelægning-

ger. Den ene er den grønne alge der er meget almindelig, men også forholdsvis let at fjerne.

Den anden type forekommer som pletter og er en lav-type, den er lidt vanskeligere at fjerne, men der findes forskellige midler der kan klare dette, nærmere oplysninger kan fås ved henvendelse til producenterne.



Alger

*Figur 4.5. Den grønne alge er meget almindelig, og er rimelig let at fjerne. Algen ses på mange forskellige overflader, mure, biler, plankværk, fliser, træer mv.*



Lav

*Figur 4.6. De hvide/grålige lavbevoksninger er sværere at fjerne end de grønne alger, men der findes midler der klarer dette. Her et kraftigt angreb på 25 år gamle betonsten.*



## 4.3 Kalkudfældninger

Kalkudfældninger kan opstå på nye betonbelægninger som betonsten, fliser og kantsten. Udfældningerne forsvinder normalt i løbet af 1-2 år. På visse belægninger opfattes det dog af og til som et kosmetisk problem. Kalkudfældninger kan ikke undgås, men hyppigheden, udbredelsen og den styrke de optræder med kan reduceres væsentligt ved at følge denne vejledning. Opstår der alligevel kalkudfældninger vil de være så svage, at de normalt kan fjernes igen. Det er dog vigtigt, at emner med kraftige udfældninger sorteres fra ved lægningen, efter aftale med leverandøren.

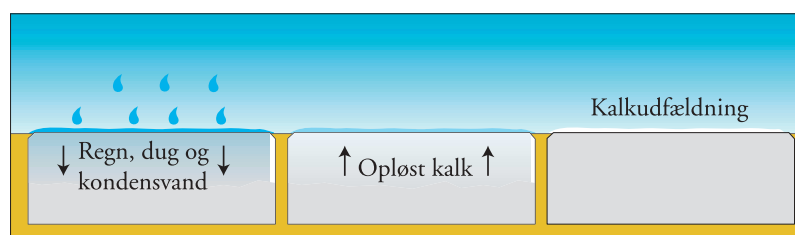
### 4.3.1 Dannelse af kalkudfældninger

Kalkudfældninger opstår når vand i form af regn, dug og lignende trænger ned og fylder porerne på nye sten. Derved får opløst kalk (kalcium) i stenen mulighed for at trænge op til overfladen af stenen.

På overfladen af stenen fordamper vandet og kalkudfældningen (kalciumkarbonat), der er et hvidt, tungtopløseligt mineral, bindes på betonens overflade og giver det hvide slør.

Processen er med til at lukke betonens porer, så kalken får sværere ved at trænge op til overfladen. Processen fortsætter, men er ikke synlig længere, fordi kalkudfældningen sker inde i betonen. Synlige kalkudfældninger opstår typisk indenfor det første halve år. Det er dog ikke alle sten hvor kalkudfældningen sker på overfladen af stenen, men derimod kun inde i stenen (ikke synlig).

Kalkudfældninger optræder med vekslende styrke, fordi betonen er underlagt visse variationer og fordi vejrforholdene ligeledes ændrer sig (regn, sne, blæst, kulde, varme).



Figur 4.7.

1. Fugt i form af regn, dug og kondensvand trænger ned i betonbelægningen og fylder porerne.
2. Opløst kalk transporteres med vandet op til overfladen af stenen.
3. Vandet fordamper og kalkudfældningen dannes. Kalkudfældningen kan også ske under overfladen af stenen og er i så fald ikke synlig.

Kalkudfældninger på stenens overflade vil blive nedbrudt af surregn og slid fra trafikken i løbet af 1-2 år. Kun i sjældne tilfælde er udfældningerne så kraftige, at de ikke forsvinder indenfor de første par år af belægningens levetid.

#### 4.3.1.1 Kalkudfældninger skader ikke beton

Beton tager på ingen måde skade af kalkudfældninger. Der er blot tale om et rent kosmetisk fænomen, der ikke forkorter betonens

**Kalkudfældninger kan være usynlige**



## Kalkutfældninger forsvinder af sig selv



Figur 4.8. Til venstre ses almindelige kalkutfældninger på farvede sten. Billedet til højre viser samme belægning 2 år senere. Det ses, at kalkutfældningerne er væk, hvilket skyldes almindeligt slid samt vind og vejr generelt.

levetid. Kalkutfældningerne er en helt naturlig proces i betonens hærdningsforløb, og medfører en tættere beton, da kalkutfældningen i betonen tætner porerne. Derfor fremgår det også af produktstandarderne for betonsten, fliser og kantsten, at produkterne kan få kalkutfældninger, ligesom det i „Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde“ fremgår, at kalkutfældninger forekommer og ikke har betydning for holdbarheden.

Det er primært på terrasser, torve mv., hvor udseendet er vigtigt, at fænomenet kan give anledning til diskussioner. På industripladser mv. hvor påvirkningerne er langt større, opfattes kalkutfældninger sjældent som et problem. Kalkutfældninger kendes også fra murværkskonstruktioner og andre betonkonstruktioner.

### 4.3.2 Begrænsning af kalkutfældninger

Der kan tages flere forholdsregler, som kan være med til at minimere kalkutfældningerne.

#### 4.3.2.1 Kalkutfældning kan opstå før levering

Kalkutfældninger kan opstå på produkterne før de leveres. Det er typisk på palletterede varer, at der kan være nogle lag, hvor der kan være fugtige forhold, der giver basis for at kalkutfældningerne kan opstå. Disse kalkutfældninger kan i sjældne tilfælde være meget tykke i forhold til almindelige kalkutfældninger. Sådanne kalkutfældninger vil ikke forsvinde de første mange år, og det er af æstetiske hensyn vigtigt, at de ikke indbygges i belægningen.

Da produkter med kalkutfældninger kan være placeret inde midt i en palle sten, er det umuligt for betonvarefabrikken at få disse sten sorteret fra.

#### 4.3.2.2 Modtagekontrol er vigtigt

Det er nødvendigt, at der er en effektiv modtagekontrol for at undgå, at produkter med meget kraftige kalkutfældninger indbygges i belægningen. Det er ved lægningen den udførendes ansvar, at sådanne

sten ikke indbygges. Konstateres kraftige udfældninger skal leverandøren kontaktes for at aftale det videre forløb. Man skal være opmærksom på, at lægges stenene i regnvej, er det sværere at se eventuelle kalkudfældninger på stenene.

Kalkudfældningerne opstår først når stenene er stablet på paller, og ofte også efter, at de er leveret. Det er derfor en fordel at lægge stenene umiddelbart efter de er leveret, og i hvert fald undgå at stenene står på paller i flere måneder inden de lægges. Sten der er leveret i efteråret og først lægges til foråret, har langt større risiko for at få nogle meget kraftige udfældninger. Kan længere tids opbevaring ikke undgås, bør stenene stå tørt så de ikke udsættes for fugt i form af regn, kondens osv.



*Figur 4.9. Kalkudfældninger opstår også ved oplagring på paller. Disse kalkudfældninger er almindelige og forsvinder i løbet af 1 - 2 år.*

#### 4.3.2.3 Korrekt udlægning og projektering

Som nævnt er fugten en vigtig faktor i udviklingen af kalkudfældninger. Det er derfor meget vigtigt, at der er en korrekt afvanding af belægningen. En utilstrækkelig afvanding af de forskellige lag i opbygningen vil øge fugtindholdet i stenene og dermed mængden af kalkudfældninger.

Vandfyldte lunger vil øge risikoen for kalkudfældninger i disse områder, hvorfor et fald på min. 25 ‰ bør tilstræbes hvor det er muligt. Laves mindre fald, skal udførelsen være meget omhyggelig hvis vandfyldte lunger, og dermed øget risiko for kalkudfældninger, skal undgås.

Skulle der efter lægningen opstå lunger skal disse rettes op.

Der skal endvidere sørges for, at vandet kan komme væk fra belægningen, dvs. der skal være et effektivt afvandingssystem.

#### 4.3.2.4 Renholdelse

Det er vigtigt, at sørge for en god renholdelse af belægningen under udførelsen. Det skal undgås, at belægningen bliver tilsmudset af sand og jord der slæbes ind på belægningen af maskiner eller fodtøj. Sker det, skal belægningen fejles ren og eventuelt rengøres med vand og

**Meget kraftige udfældninger  
sorteres fra.**

**Korrekt udførelse mindsker  
kalkudfældninger**

Sand, jord mv. kan forværre kalkudfældningerne

kost. Problemet er, at snavs kan bindes af kalkudfældninger så de fremstår som mørke pletter, i stedet for blot et hvidt slør.

Det samme forhold gør sig gældende med støv og smuds fra vibrering af sten og skæring af betonsten, jernrør mv. Derfor skal skæring undgås i nærheden af belægningen eller også skal belægningen tildækkes.

Inden vibreringen er det vigtigt, at belægningen fejes ren for at undgå at sand, jord og betonrester knuses og bindes til stenene eller eventuelle kalkudfældninger. Endvidere anbefales det at benytte en kunststofsål til pladevibratoren, for at skåne overfladen af stenene.

Skæring af sten på belægningen skal undgås, fordi der altid vil være noget uhardet cement i betonen, som frigives ved skæring af stenen, og dermed risikeres det, at slibestøvet bindes til overfladen. Slibestøvet vil altid have en anden farve end overfladen af belægningen.

### 4.3.2.5 Opbevar ikke materialer på belægningen

Opbevaring af jord, sand og grusmaterialer samt andet der kan holde på fugten på belægningen skal undgås, da det forøger mængden af kalkudfældninger.

Udover at materialerne vil holde på fugten, kan finstof/smuds fra materialerne bindes af kalkudfældninger. Dette giver nogle skæmmende mørke plamager.



*Figur 4.10. Disse skæmmende brunlige plamager er opstået fordi kalkudfældninger har bundet finstof fra fugegrus der har ligget på belægningen. Dette kunne være undgået ved at feje belægningen ren efter fugningen.*

### 4.3.2.6 Fej belægningen ren efter fugning

Det har været almindeligt, at man lod fugegruset ligge på belægningen efter fugefyldning, for at der var materiale til efterfyldning når fugerne blev efterkomprimeret af trafikken mv. Dette er dog ikke tilrådeligt (i hvert fald ikke på belægninger, hvor udseendet er vigtigt), da fugegruset også medvirker til at holde på fugten. Finstoffet i gruset kan også bindes af kalkudfældningerne. I stedet skal belægningens fuger efterfyldes ved at feje fugegrus ned og feje belægningen ren herefter. Dette vil også give en mere korrekt fugekonstruktion.

Brugen af stenmel med et stort indhold af finstof til fugemateriale

kan være problematisk, da støv herfra kan bindes i kalkudfældninger og fordi det har en svag puzzolansk virkning, der forøger bindingen til stenene.

### 4.3.3 Kalkudfældninger forsvinder

Det er typisk sten der er støbt/lagt i forårs- og efterårsmånederne, der får synlige kalkudfældninger pga. det mere fugtige vejr. Som nævnt vil disse almindelige kalkudfældninger forsvinde efter 1-2 år, afhængig af påvirkningen fra vejr og trafik. Jo mere slid der er på belægningen, jo hurtigere forsvinder udfældningerne. Er der meget fugtige forhold kan det forøge mængden af kalkudfældninger. Det kan eksempelvis være hvis der opstår sætninger så der kommer vandfyldte lunger, eller det kan være på nordsiden af bygninger. Som tidligere nævnt er det dog kun i det første halve år af belægningens levetid, at der opstår kalkudfældninger.

#### 4.3.3.1 Fjernelse af kalkudfældninger

Vil man ikke vente 1-2 år på at kalkudfældningerne forsvinder, er der flere måder at fjerne udfældningerne på. Svage udfældninger kan fjernes ved at feje belægningen nogle gange med skarpt sand, f.eks. groft kvartssand. Er dette ikke tilstrækkeligt kan man afsyre belægningen med en svag saltsyreopløsning. Der findes også flere specialmidler til formålet. Fælles for dem alle er, at de er baseret på en syre. Afsyring bør dog vente så længe som muligt, helst 1 år, ellers risikerer det at der opstår udfældninger igen.

Man skal ved afsyring passe på ikke at beskadige stenene eller eventuel beplantning omkring dem. Teoretisk set kan det lade sig gøre at lave en saltsyreopløsning der netop kan opløse kalksløret, og derefter er neutraliseret. I praksis er dette svært, men ved at starte med en svag opløsning, undgår man at stenene beskadiges eller at saltsyre løber ud i bede mv. Det er derfor bedre at afsyre to gange med en svag opløsning end én gang med en stærkere opløsning.



Figur 4.11. Ved afsyring af sten fjernes lidt af cementpastaen, så tilslaget bliver mere synligt, svarende til det slid der kommer i løbet af ca. ét år. Til venstre ses en ny sten, i midten en afsyret sten og til højre en ca. 1 år gammel sten.

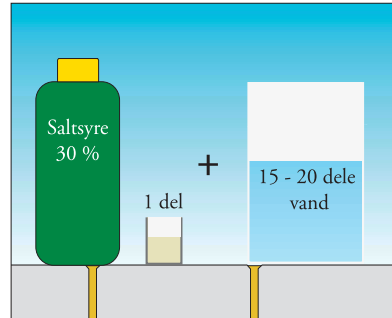
#### Fjernelse af kalkudfældninger med syre

Ved kraftige kalkudfældninger kan man afsyre belægningen, hvis man ikke kan vente 1 - 2 år på, at de forsvinder som følge af almin-

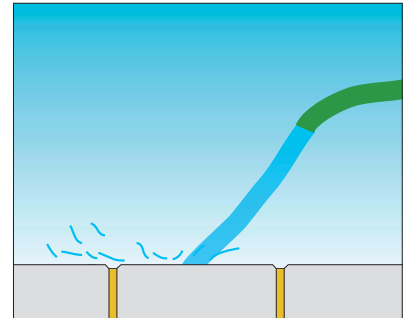
Afsyring fjerner  
kalkudfældningerne

## Fjernelse af kalkudblomstringer

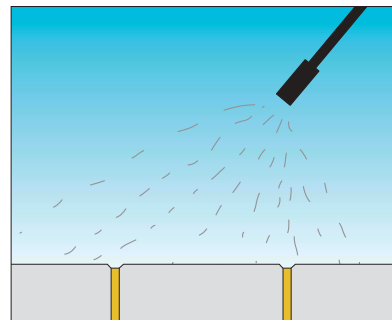
deligt slid. Det er meget vigtig ikke at benytte en for stærk syreopløsning, da det kan skade stenene. Det er en god ide at prøve på et mindre areal inden man behandler hele arealet for at vurdere opløsningens styrke samt den tid opløsningen skal henligge. Afsyringen kan ændre stenenes udseende en anelse fordi lidt af cementpastaen fjernes. Dette har ingen betydning for stenenes levetid.



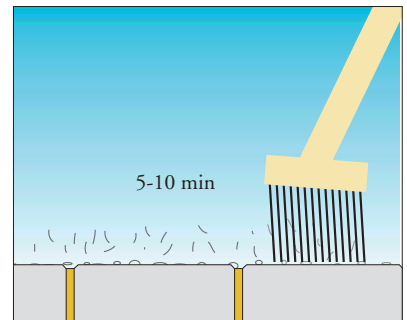
1. Der blandes 1 del 30 % saltsyreopløsning og 15 - 20 dele vand.



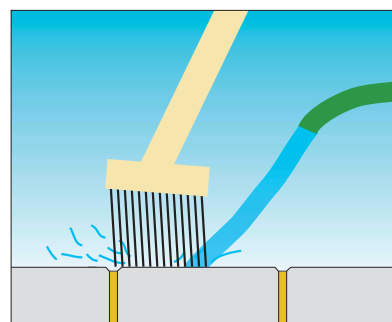
2. Belægningen skal forvandes før den afsyres, da der ellers er risiko for at skade stenene.



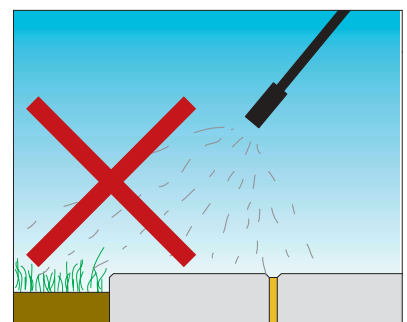
3. Opløsningen fordeles over arealet med en syrerestistent have/giftsprøjte eller en kalkkost. Stenene skal kun have en meget lille mængde, svarende til at overfladen bliver let fugtet.



4. Opløsningen skal henligge ca. 5-10 minutter. Belægningen fejes imens med en stiv kost. Undgå at udføre det i meget varmt vejr/direkte solskin.



5. Belægningen fejes med en stiv kost samtidig med at der skylles efter med vand.



6. Der skal under hele processen være opmærksomhed på, at omkringliggende beplantning mv. ikke beskadiges.

Figur 4.12. Fremgangsmåde ved afsyring af belægningen.



## 4.4 Ukrudtsbekæmpelse

Som med renholdelse er det også med ukrudtsbekæmpelse bedre at forebygge end „helbrede“. Der er flere tiltag der kan begrænse problemet:

- ◆ Der bør laves en god afgrænsning op til beplantning.
- ◆ Tilsudsning af belægning og fuger med muld skal undgås under såvel drift som udførelse fordi der er mange ukrudtsfrø i muldjorden.
- ◆ Fyldte og velkomprimerede fuger forringer ukrudtets mulighed for at etablere sig:
  - det er sværere for ukrudtsfrø at lægge sig i fugen
  - ukrudtet kan ikke vokse uforstyrret mellem stenene
  - der er god afvanding og dermed forholdsvis tørre fuger.
- ◆ Ved at feje belægningen ofte, stresses ukrudtet. Der hvor der er slid/trafik kommer der ikke ukrudt.
- ◆ Forsigtighed ved tilsåning af tilstødende arealer, så frø ikke spredes på belægningen.
- ◆ God afvanding medfører at flere frø skyller af belægningen, og at fugerne er forholdsvis tørre.
- ◆ Det ukrudt der kommer skal bekæmpes så ofte som muligt, så det ikke udvikler sig og spreder flere frø.



Figur 4.13. (1) Gamle fyldte fuger er meget modstandsdygtige over for ukrudt, hvorimod ikke-fyldte fuger (2) giver gode vækstbetingelser for ukrudtet. (3) Endvidere er det vigtigt at lave en ordenlig kantafgrænsning, således at eksempelvis græssets rodnet ikke vokser ind i befæstelsen. Hovedproblemet her er dog ikke-fyldte fuger.

**Fyldte fuger og jævnlig fejning mindsker ukrudtsvækst**

**Ikke-fyldte fuger giver ukrudtsproblemer**

## Børster- og flammebehandling



Figur 4.14. Øverst ses to udgaver af ukrudtsbrænderen, og nederst en stålbørste. Overdreven brug af stålbørsten frarådes, da den slider meget på belægningen.

Ældre helt fyldte fuger har stor resistens over for ukrudt. Den naturlige forsegling af fugerne giver en tæt og forholdsvis hård overflade i fugerne, hvilket gør det vanskeligt for ukrudtsfrø at spire. Er fugerne ikke helt fyldte samles ukrudtsfrø i fugerne og kan spire i fred mellem stenene. Dertil kommer, at det endvidere er svært at bekæmpe det ukrudt der kommer med såvel brænding og børster fordi det er godt beskyttet i fugen. Det er derfor meget vigtigt at sørge for at fugerne til stadighed er fyldte med et egnet fugemateriale.

Der findes grundlæggende flere forskellige metoder til ukrudtsbekæmpelse. Disse kan deles op i ikke-kontakt og kontaktmøder:

Ikke-kontakt metoder:

- ◆ Sprøjtning
- ◆ Brænding
- ◆ Dampning
- ◆ Frysning
- ◆ Infrarød-beståling

Kontaktmøder:

- ◆ Børstning
- ◆ Spuling
- ◆ Manuel bekæmpelse
- ◆ Sandblæsning

## Termisk ukrudtsbekæmpelse

Tidligere blev ukrudtet normalt bekæmpet med en plantegift, men pga. miljøproblemer med sprøjtegifte, er kommuner, stat, amter og private delvis gået over til at benytte alternativer til plantegiften, hovedsaglig termisk ukrudtsbekæmpelse (brænding) og børst-



ning med stålbørster monteret på traktor.

Princippet i den termiske ukrudtsbekæmpelse er at en gasflamme, infrarød stråling eller damp bringer ukrudtsplantens temperatur op til ca. kogepunktet. Cellestrukturen sprænges herved, og planteroden, som forsøger at forsyne planten med vand, tørrer ud og dør på grund af den kraftige fordampning, der sker fra den ødelagte cellevæg.

Brug af stålbørster monteret på en traktor bør benyttes med forsigtighed, da de slider belægningen og derfor ændrer dens udseende. Det er vigtigt løbende at kontrollere stålbørstens effekt på belægningens overflade. For stort tryk på børsten foranlediger et unødigt stort slid på belægningen.

Flere udviklingsprojekter, som skal lette ukrudtsbekæmpelsen på arealer med betonsten og fliser, er i gang.

### **Forsigtighed ved anvendelse af ukrudtsbørster**



## 4.5 Vedligeholdelse af fuger og kanter

Intakte fuger og kantsikring er en forudsætning for en lang levetid af betonbelægninger. Dette stiller selvfølgelig krav til selve udførelsen, men det er også nødvendigt med en vis vedligeholdelse af fugerne og evt. reparation af kantsikringen, hvis den beskadiges.

### 4.5.1 Vedligeholdelse af fuger

Det er vigtigt, at fugerne altid er helt fyldte med en velgraderet fugegrus, jf. afsnit „3.4.4.3 Fuger“. På pladser, hvor der ved rengøringen anvendes feje-/sugemaskiner, skal det kontrolleres, at maskinen ikke suger fugematerialet op. Specielt i det første år bør der køres med begrænset sug og tryk på børsterne. Det skal jævnligt kontrolleres, at fugematerialet ikke fjernes. Derefter er fugerne som regel rimeligt forsejlet og kan klare et større sug fra feje-/sugemaskinerne. Mangler der fugegrus efterfyldes straks med korrekt fugemateriale.



Figur 4.15. Belægninger efterfyldes med nyt fugegrus, straks der mangler noget. Det kan typisk være nødvendigt om foråret.

### 4.5.2 Vedligeholdelse af kanter

Hvis køretøjer kommer tæt på kanten af en belægningsoverflade, der ikke er sikret tilstrækkeligt med kantsten, beton eller stabilt grus, kan trafiklasten forårsage, at stenene skrider. Det ser ikke pænt ud, og befæstelsens bæreevne falder betydeligt. Den manglende bæreevne kan forårsage, at der fremkommer sætninger. Det er derfor vigtigt, at retablere kanten hurtigt efter en skade og eventuelt forstærke denne.

Foregår afvandingen af en vej eller plads udover kanten af belægningen er det vigtigt at sørge for, at rabatten ikke „vokser“ over belægningen. Sand, grus og ukrudt medfører at rabatten bliver højere, hvorved afstrømningen fra belægningen hindres.

**Forsigtighed med feje/sugemaskiner**

**Vigtigt med god kantsikring**



## 4.6 Reparationer og retablering

Opgravninger i arealer med betonsten eller fliser kan retableres uden synlige ar og senere sætninger, hvis arbejdet udføres korrekt og omhyggeligt. Det forudsætter dog, at belægningen er lagt med korrekte fugebredder. Er fugerne for smalle, er det næsten umuligt at få stenene på plads igen.

Ved retablering af en betonstens- eller flisebelægning efter f.eks. en ledningsfornyelse, skal der ydes speciel opmærksomhed på:

- ◆ at belægningen får samme udseende som før opgravningen
- ◆ at risikoen for fremtidige sætninger/lunker er begrænset så meget som mulig.



Figur 4.16. I denne belægning har der været gravet op for at reparere telekabler.

### 4.6.1 Opgravning i belægningen

For at få hul på belægningen er det oftest nemmest at slå en sten i stykker, hvorefter de resterende kan tages op (specialværktøj findes dog til optagning af sten). Det skal undgås at beskadige stenene ved optagningen.

Stenene skal være rene for, at de kan lægges med samme fugebredde som oprindeligt. Rengøring med børste eller vand er derfor normalt nødvendigt.

Ved udgravningen noteres de aktuelle tykkelser af afretningslag, bærelag og eventuel bundsikring. De forskellige materialer lægges hver for sig ved udgravningen. Materialer skal beskyttes mod regn og frost.

Undgå underminerende udskridninger i udgravningens sider. Hvis der uheldigvis sker en udskridning er det vigtigt at tage stenene op i et passende stort område, således at bærelaget kan retableres i hele den skadede zone. Der bør altid før retableringen optages et vist antal sten rundt om udgravningen så der er sikkerhed for, at der ikke er en svag zone om hele det retablerede område.

### Retablering uden ar

### Undgå udskridninger ved udgravninger



Figur 4.17. Der findes forskelligt specialværktøj til betonstensarbejde, bl.a. til optagning af sten.

## 4.6.2 Retablering af befæstelsen

Den bedst mulige retablering opnås, hvis de opgravede materialer kan indbygges til deres oprindelige placering og tæthed. Opgravede materialer bør altid genbruges, hvis det er muligt. Derved opnås, at ledningsgraven efter en retablering har de samme funktionsegenskaber som den eksisterende jord og befæstelse med hensyn til bæreevne, deformationsegenskaber, drænevne og frostfærlighed. (Jævnfør DS 475, Norm for etablering af ledningsanlæg i jord).

For at genbrug kan praktiseres skal den opgravede jord være tilstrækkelig komprimerbar.

### ◆ Korrekt komprimering er vigtig

Lagene komprimeres omhyggeligt og til den komprimeringsgrad, der er beskrevet.

Som håndregel kan det nævnes, at hvis den opgravede jord er indbygget på ny er der opnået en tilstrækkelig komprimering. Jævnfør f.eks. „Vejregel for etablering af ledningsanlæg i jord“. Ved komprimeringen er det vigtigt, at materialerne har en passende fugtighed. Vandtilsætning vil i de tørre perioder være nødvendigt.

### ◆ Stenene skal vendes med samme opside som før

Herved undgås farveforskelle i den retablerede belægning. Der er normalt stor forskel i farve og overfladeruheden på stenens opside og undersiden.

### ◆ Stenene skal ligge med en passende overhøjde

Afretningslaget skal ligge lidt højere end bunden af de omkringliggende betonsten, ca. 10-15 mm.

Ved den efterfølgende komprimering af betonstenene, vil stenene blive vibreret næsten ned i niveau med de omkring-



10-15 mm overhøjde

liggende sten. Ved komprimeringen presses der lidt grus fra afretningslaget op mellem fugerne på de nylagte sten. I praksis opnås de bedste resultater, hvis de nylagte sten ligger 3-5 mm højere end de tilstødende sten. De 3-5 mm skal kompensere for de små sætninger, der fremover vil opstå i belægningen på trods af omhyggelig vibrering af bærelag og sten.

#### ◆ **Omhyggelig fugefyldning og vibrering**

Korrekt fugegrus fejes ned i fugerne i flere omgange. Fugegruset kan alternativt vandes forsigtigt ned i fugerne. Stenene vibreres på plads. Det er ofte nødvendigt at efterfylde fugerne med fugegrus ved vibreringen. Vibreringen af stenene pakker fugematerialet sammen.

#### ◆ **Punktreparationer**

Hvis det af en eller anden grund bliver nødvendigt at udskifte enkelte betonsten i en ældre belægning, er det en god idé at tage de nødvendige sten fra et ikke så iøjnefaldende område og udlægge dem til erstatning for de optagne. De nye sten lægges på det sekundære område. Denne fremgangsmåde anbefales for at bevare et uændret udseende af belægningen. Er dette ikke muligt kan de nye sten evt. „vaskes“ med en blanding af vand og smuds (evt. snavs fra en tagrende).



### 4.6.3 Fjern lunker og sporkøring

Større lunker og sporkøring kan med tiden blandt andet opstå af følgende årsager:

- ◆ Betonbelægningen sætter sig på grund af et for svagt bærelag
- ◆ Betonbelægningen udsættes for større belastninger end forudsat
- ◆ Trærødder løfter belægningen op
- ◆ Islinser løfter belægningen pga. frostfarlig underbund
- ◆ Nedsivende vand pga. dårlige fuger.

Større lunker og sporkøring er uønskede, idet det ændrer på overfladens planhed og udseende og giver generende vandsamlinger efter regnvejr, og om vinteren isglatte områder.

Udviklingen af lunker og sporkøring vil typisk accelerere når først der står vand i dem. Det skyldes, at en del af dette vand vil sive ned gennem fugerne og svække afretningslaget og bærelaget således, at lunken/sporkøringen bliver større hvis belægningen belastes.

På belægninger med begrænset trafik vil der aflejres urenheder i lunkerne. Der vil desuden ofte dannes alger, svampe og mos.

Lunker og sporkøring udbedres ved at tage fliserne eller betonstenene op og justere på bærelag og/eller afretningslaget og eventuelt fjerne trærødder.

**Lunker accelererer**



## Opretning af lunger



*Figur 4.18. Ved brønddæksler og lignende opstår der ofte lunger pga. for dårlig komprimering, eller manglende overhøjde ved lægningen. Oprettningen udføres dog let.*

## 4.7 Vintervedligeholdelse

Saltning kan have en nedbrydende virkning på betonen og miljøet. Derfor bør snebelagte betonbelægninger som udgangspunkt fejes rene og gruses. Eventuel is kan fjernes ved saltning. Ved korrekt dosering af saltmængden vil selv saltning igennem mange vintre dog kun have ubetydelig indflydelse på levetiden af belægningen. Anvend altid natriumklorid (NaCl), »køkkensalt«. Jf. „Udbuds- og anlægsskrifter. Brolægning“ bør nye betonbelægninger ikke saltes inden de har opnået deres fulde hærdealder.

Ved spredning af en saltopløsning/saltlage med egnet doseringsudstyr kan man komme ned på meget lave doseringsmængder af salt. Minimering af saltforbruget kræver indsigt i de forskellige spredningsmetoder. Nedenstående er nogle af de forskellige saltspredere vist. Valsesprederen benyttes ofte på stier og fortove, og dermed på betonbelægningen. Den har den ulempe, at saltet ofte ligger i små klatter, der er længe om at blive fordelt på belægningen.



Figur 4.19. Salt kan principielt spredes på tre måder, som tørt salt, fugtet salt eller saltopløsning. Øverst til højre ses en mindre valespredere (tørt salt), øverst til venstre en kombispredere der kan spredde fugtet salt og saltopløsning, og nederst en traditionel tallerkenspredere til tørt salt og fugtet salt.

Private husstande og mindre firmaer, som selv spredde, kan begrænse forbruget ved at anvende en væskeopløsning (1 del salt til 4 dele vand) og f.eks. en vandkande med spredebom. Anbefalet forbrug er 5 gram tørstof pr. m<sup>2</sup> (svarende til 2-2,5 l pr. 100 m<sup>2</sup>) ved præventiv saltning og 2-3 gange mere når der ligger is og sne. Det er en meget mindre mængde, end når man spredde håndfulde af salt ud på belægningen.

### Spredning af salt

### Spredning på små arealer







# Ordforklaringer

Indenfor betonbelægninger og vejbygning i det hele taget, er der en del fagudtryk. Denne liste er ment som en hjælp, hvis man støder på ukendte ord, men giver ikke nødvendigvis den fulde forklaring til alle ord.

## Afretningslag

umiddelbart under betonsten og fliser, udlægges der et afretningsslag i ca. 30 mm tykkelse. Laget skal være så tyndt som muligt, da bæreevnen er begrænset. Laget består normalt af 0-8 mm grus.

## Asfaltbærelag

bærelag af sten og grus med bitumen som bindemiddel. Benyttes det under betonsten anvendes normalt grusasfaltbeton (GAB I).

## Befæstelse

er de lag der lægges oven på underbunden, for at gøre den bæredygtig. Befæstelsen består normalt af bundsikringslag, bærelag, afretningslag og betonstenslag.

## Bitumen

er bindemidlet i asfalt. Det laves i forskellige hårdheder, som angives ved en nåls penetration i materialet ved en given påvirkning.

## Bundsikringslag

er det nederste lag i befæstelsen. Det skal modvirke frostskafer og reducere trafikens påvirkning på underbunden.

## Bundne materialer

sten og grusmaterialer kan bindes sammen med et bindemiddel, normalt bitumen eller cement, og derved forøge materialets bæreevne (E-værdi).

## Bærelag

laget under afretningsslaget. Dets primære funktion er at bære trafikken, dvs. fordele belastningerne ud på et større areal så bundsikring og underbund ikke overbelastes.

## Cementbundet grus

stabilt grus kan blandes med cement. Cementen binder gruset sammen, og giver derved materialet en større stivhed/bæreevne. Benyttes som bærelag.

## Cementklinker

ved cementfremstilling opvarmes råmaterialerne (hovedsagelig sand og kridt) i lange roterovne, hvorved der fremkommer portlandklinker eller cementklinker, der i størrelse og form minder om letklinker, som f.eks. Leca-nødder.

### **E-værdi (E-modul)**

mål for et materiales stivhed. Jo større E-værdi jo stivere er materialet, og i vejbygning betyder det større bæreevne. Angives normalt som mega-pascal (MPa).

### **Flyveaske**

tilsættes til cement og beton. Flyveasken er et puzzolan, dvs. det reagerer med calciumhydroxid og danner et bindemiddel. Calciumhydroxid fraspaltes ved cementens reaktion med vand. Flyveaske er et restprodukt fra kulfyrede kraft-/varmeværker.

### **Friktionskoefficient**

angiver forholdet mellem en lodret last, og den maksimale vandrette last. Er friktionskoefficienten f.eks. 0,4 mellem et dæk og en belægning, kan der opstå en friktionskraft på 40 % af den lodrette last på hjulet.

### **Fugeknaster**

de fleste betonsten og -fliser er støbt med ca. 1,5 mm høje fugeknaster. Fugeknasterne blev oprindeligt udviklet så det var muligt at maskinlægge sten.

### **Heavy vehicle simulator (HVS)**

benyttes til at lave accelererede test på belægninger. Midt i køretøjet er der monteret et hjul der kører frem og tilbage. Hjulet belastes, og der kan således hurtigt simuleres mange lastbiler sammenlignet med den tid det ville tage hvis den almindelige trafik skulle benyttes. Endvidere kan test foregå af sides, hvor måling af sporkøring med videre ikke generer trafikken.

### **Isotopmetoden**

kontrollen af komprimeringen foretages for det meste ved at undersøge komprimeringsgraden, dvs. det udlagte materiales tørdensitet målt i forhold til den tørdensitet, der kan opnås ved et standardiseret forsøg (eks. standard proctor). Tørdensiteten i bærelag mv. fastlægges for det meste ved hjælp af isotopmetoden. Ved isotopmetoden fastlægges det udlagte materiales våddensitet samt vandindhold. Herefter udregnes tørdensiteten. Denne densitet sammenlignes med den tørdensitet, der opnås i laboratoriet ved en standardiseret komprimering af det samme materiale.

### **Kapillaritet**

udtryk for et materiales hårrørsvirkning, dvs. evne til at suge væske op. Finkornede materialer har høj kapillaritet, men lav permeabilitet (gennemtrængelighed).

### **Knasfuge**

hvis betonsten og fliser stødes helt sammen når de lægges, kaldes den fuge der opstår for knasfuge. Betonsten og fliser må ikke lægges med knasfuge.



## Lysrefleksion

angiver en belægnings evne til at kaste lys tilbage, og dermed hvor meget lys der skal til for at lyse arealet op til et givet niveau. Belægninger med høj lysrefleksion kræver færre/mindre lyskilder.

## Luminansfaktor

lysrefleksionen angives ved luminansfaktoren, der er forholdet mellem det reflekterede lys fra hhv. det undersøgte materiale og fra en perfekt diffuserende reflektor, belyst og observeret under de samme forhold.

## Modulmål

skære- og tilpasningsarbejdet kan minimeres, hvis hoveddimensionerne for et byggeri og tilhørende færdselsarealer projekteres på modulmål. Modulsystemet giver mulighed for at standardisere byggemål. For vandrette mål anvendes et planlægningsmodul på  $3M = 300$  mm. Det tilstræbes, at enkelte bygningsdele strækker sig over et helt antal planlægningsmoduler. Ved at vælge betonsten eller fliser, der er tilpasset dette planlægningsmodul, reduceres tilpasningsarbejdet.

## Permeabilitet

et materiales permeabilitet angiver dets gennemtrængelighed. Et groft enskornet materiale har stor permeabilitet og lav kapillaritet (hårrørvirkning).

## Standard proctor

referenceværdi der benyttes ved komprimeringskontrol. I marken måles det aktuelle materiales vådrumvægt og vandindhold med isotopmetoden. Her ud fra beregnes tørrumvægt som sammenlignes med den tørrumvægt, der opnås ved en standardiseret komprimering af materialet i laboratoriet. 98 %-standard proctor betyder således, at rumvægten i marken er 98 % af den rumvægt der opnås i laboratoriet.

## Stenmel

knust stenmateriale i sorteringer op til 4 mm.

## Ubundne materialer

sten- og grusmaterialer der ikke er bundet sammen af bindemiddel, eks. stabilt grus.

## Vibrationsindstampning

Referenceværdi der benyttes ved komprimeringskontrol. I marken måles det aktuelle materiales vådrumvægt og vandindhold med isotopmetoden. Her ud fra beregnes tørrumvægt som sammenlignes med den tørrumvægt der opnås ved en standardiseret komprime-

ring (vibrationsindstampning) af materialet i laboratoriet. 98 %-vibration betyder således, at rumvægten i marken er 98 % af den rumvægt der opnås i laboratoriet. Metoden benyttes bl.a. ved grove materialer, hvor proctorforsøget giver upålidelige resultater.

### **Æ10-belastning**

Æ10 er en forkortelse for ækvivalent 10 ton akseltryk. Betegnelsen benyttes i forbindelse med trafiktællinger og dimensionering. Belastningen på en vej vil være en blanding af personbiler, varebiler, lastbiler, busser mv. Belastningen fra disse køretøjer kan omregnes til et vist antal 10 ton aksler. Eksempelvis svarer påvirkningen fra ca. 16 stk. 5 ton aksler til én 10 ton aksel. På denne måde kan den samlede trafikbelastning omregnes til et vist antal 10 ton aksler, som vejen dimensioneres til at kunne bære.





# Litteraturliste

## **Afløbskomponenter af PVC, HDPE, PP og beton**

Miljømæssig screening. Arbejdsrapport nr. 3. Kan kun ses på [www.mst.dk](http://www.mst.dk).

## **Befæstelser i anlægsgartneriet**

Søren Holgersen & Torben Dam. 2. udgave. 2002

## **Byernes trafikarealer**

Hæfte 0-10. Vejdirektoratet - Vejreglerådet. Oktober 2000.

## **Design and construction of concrete block pavements**

Brian Shackel. 1990.

## **DS 401**

Dansk Ingeniørforenings norm for sand- grus- og stenmaterialer. 1984. Udgået og erstattet af en række CEN standarder, bl.a. DS/EN 13242.

## **DS 1136**

Brolægning og belægningsarbejder. 2003.

## **DS/EN1338**

Betonbelægningssten. Krav og prøvning.

## **DS/EN1339**

Betonfliser. Krav og prøvning.

## **DS/EN1340**

Betonkantsten. Krav og prøvning.

## **DS/EN13242**

Tilslag til ubundne og hydraulisk bundne materialer til vejbygning og andre anlægsarbejder.

## **Gatan för människor**

Svensk Markbetong. 1998.

## **Gatan som livsrum - om mänsklig trafikmiljö i tätorter**

Anita Stenler. Særtryk af Cementa nr. 2-1995.

## **Håndbog i miljørigtig projektering**

Bind 2, Miljødata, publikation 121, BPS- centeret, DTI-byggeri. 1999.

## **Kvalitetsplan for brolægnings- og belægningsarbejde**

Brolæggerlauget.

## **Livscykelanalyse av marksten**

Chalmers Industriteknik. 1998.

### **Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde**

Danske Anlægsgartnere. 2005.

### **Udbuds- og anlægskrav. Brolægning**

Vejdirektoratet. Marts 1998.

### **Udbuds- og anlægskrav. Bundsikringslag af sand og grus.**

Vejdirektoratet. 2003.

### **Udbuds- og anlægskrav. Ubundne bærelag af stabilt grus.**

Vejdirektoratet. 2003.

### **Udbuds- og anlægskrav for varmblandet asfalt**

Vejdirektoratet. November 1998.

### **Vejbygning - materialer, befæstelser, belægninger.**

A/S Phønix Contractors. 1995.

### **Veje til mindre støj**

Rapport nr. 80. Christian Sauer m.fl. Vejdirektoratet. 1999.

### **Vejregel for dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger**

Konstruktion og vedligehold af veje og stier. Hæfte 3.3. Dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger. Vejdirektoratet. Marts 2007.

### **Vejregel for vedligehold af færdselsarealet**

Konstruktion og vedligehold af veje og stier. Hæfte 4. Vedligehold af færdselsarealet. Vejdirektoratet. 2004.

### **Vejregel for afvandingskonstruktioner**

Konstruktion og vedligehold af veje og stier. Hæfte 2. Afvandingskonstruktioner. Vejregelforslag. Vejdirektoratet. 2003.

### **Ubundne bærelag af knust beton**

Vejledning, leveringsbetingelse, almindelig arbejdsbeskrivelse. Vejteknisk Institut. Rapport 130. 2004.

### **Ubundne bærelag af knust tegl**

Vejledning, leveringsbetingelse, almindelig arbejdsbeskrivelse. Vejteknisk Institut. Rapport 131. 2004.

### **Ubundne bærelag af knust asfalt**

Vejledning, leveringsbetingelse, almindelig arbejdsbeskrivelse. Vejteknisk Institut. Rapport 132. 2004.

# Stikordsregister

## A

Affasning 31  
Afretning 86  
Afretningsgrus 85  
Afretningslag 83  
Afslutningssten 23  
Afvanding 63  
Afvigelser i planhed 50, 51  
Afvigelser mellem to diagonal mål 51  
Akseltryk 19  
Alger 118  
Aquaplaning 63  
Asfaltbærelag 80

## B

Bagstøbning 100  
Befæstelser uden trafikbelastning 65  
Befæstelsestykkelse 70  
Belysning 29  
Belægningsgruppen 9, 54  
Betonsten 9  
Betonstenslag 83  
Belægningssystemer 23, 25  
Betonoverflade 21  
Betonvareproduktion 55  
Bitumen 80  
Blokforbandt 23, 71  
Boligveje 16  
Brudlast 52  
Buede tværprofiler 99  
Bundne bærelag 79  
Bundne fugematerialer 37  
Bundsikringsdræn 63  
Bundsikringslag 76  
Byggemål 53  
Bæreevne 79  
Bøjningstrækstyrke 51, 53

## C

Cement 39  
Cementbundet grus 79  
Cementbundet sand 37  
Cementbundne lag 79

## D

Dimensionering 65



## **E**

E-modul 68  
E-værdier 68, 71, 76  
Emissioner 46  
Energiforbrug 29, 46

## **F**

Fabrikker 10  
Fald 63  
Fartdæmpning 16  
Farvenuancer 41  
Farver 21  
Feje-/sugemaskiner 117  
Fiberdug 92  
Fliser 9, 21  
Formvariationer 38  
Fremstilling 55  
Friktion 31  
Friktionskoefficient 31  
Frilagte sten 21  
Frost/tø bestandighed 51  
Fugebredde 31, 86, 98  
Fugefyldning 91  
Fugeknaster 53  
Fugemateriale 90  
Fugens tæthed 36  
Fuger 33, 90  
Fugeretning 31

## **G**

Genbrugsmaterialer 80  
Geotekstiler 92  
Grundvandsdræn 63  
Grusasfaltbeton 80  
Græsarmeringssten 24

## **H**

Haveflise 41  
Horisontale forskydninger 37  
Hærdealder 82  
Højtryksrensning 117  
Håndnedlægning 87

## **I**

Ikke-låsende sten 66  
Indkørsler 19  
Industriarealer 18, 43

## **J**

Jernoxider 41  
Jævnhed 83  
Jævnhed og profil 76, 78, 79

## K

Kalkudfældninger 121  
Kantafskalning 34, 86  
Kantsikring 98  
Kantsten med hvid overflade 26  
Kantstenstyper 26  
Karbonatiseringen 36  
Knasfuge 35  
Knust asfalt 80  
Knust beton 80  
Knust tegl 80  
Komprimeringskrav til underbunden 75  
Komprimeringskrav til bundsikringslaget 77  
Komprimeringskrav til stabilt grus 79, 81, 82  
Koncentrerede laster 19  
Kontrol 9  
Kontrol af fugebredde 95  
Kontrolplan 93  
Kraftoverførsel 37  
Krav til betonsten 50  
Krav til fliser 51  
Krav til kantsten 52  
Krav til styrke 51  
Kugleblæst overflade 21  
Kurver 89  
Kvalitet 9, 43  
Kvalitetssikring 93

## L

Lastoverføring 33  
Lav 119  
Lerholdig fugesand 36  
Levetid 43  
Linieafvanding 63  
Livscyklusanalyser 45  
Lock-up 68  
Lydegenskaber 30  
Lydniveauet 30  
Lysegenskaber 29  
Lysrefleksion 29  
Lysstyrke 29  
Læggemønster 22, 67, 71  
Lægning 86  
Løberforbandt 23, 71  
Låsende sten 66  
Låsevirkning 89

## M

Maskinnedlægning 88  
Miljøbelastning 47  
Miljødata 45  
Miljøprojekter 47

Miljøpåvirkninger 45  
Miljøskadelige stoffer 26  
Målafvigelser 50, 51, 52

## **N**

Normer 61, 115

## **O**

Opblødning 44  
Opbygning af befæstelser 72  
Opbygninger 65  
Overbygningstykkelse 70  
Overfladebehandling 21  
Overfladestruktur 21

## **P**

Parkanlæg 19  
Parkeringsarealer 24  
Parkeringspladser 18  
Passten 89  
Patineret 41  
Penetrationsdybde 80  
Pladevibrator 91  
Pladser 17  
Produktmærkning 53  
Produktstandarder 49  
Projektering 75, 101, 107  
Punktafvanding 63

## **R**

Radiuskantsten 26  
Randsten 23  
Regnvand 35  
Rektangulære 21  
Rengøring 117  
Renholdelse 117  
Rettesnore 99  
Rumbling 21

## **S**

Sand 39  
Sildebensmønster 23, 72, 86  
Slebet overflade 21  
Slidpåvirkning 41  
Spaltestyrke 50  
Specialelementer 23  
Specialkantsten 26  
Sporkøring 23  
Standardbefæstelser 72  
Standarder 61, 115  
Stenform 21  
Stenmateriale 29  
Stenmel 37

Stentykkelse 67  
Stentype 31, 71  
Støbeform 55  
Støbeplade 55  
Støbning 9  
Støttemure 26, 107  
Støttemursblok 26, 27  
Sætning af kantsten 99  
Sætninger 44

## **T**

Temperaturudvidelser 100  
Terrasse 19, 23  
Terrænhøjde 27  
Tilpasning 88  
Torve 17, 23  
Trafikbelastede arealer 23, 70  
Trafikklasse 70  
Trafikregulering 5, 15  
Trafiksikkerhed 29, 31  
Trapper 27, 101  
Trasskalkmørtel 37  
Tværfald 63  
Tykkelse 83

## **U**

Ubundne lag 78  
Underbunden 75  
Understøbning 100  
Urenheder 118

## **V**

Vandabsorption 51  
Vandgennemtrængelig 26  
Vandindvindingszoner 26  
Vandtæt 35  
Veje 15  
Vejgrøfter 63  
Vejledninger 61  
Vejrbestandighed 50, 52, 53  
Vejregler 61, 115  
Vinkelforbandt 23, 72, 86  
Voksholdig sand 37  
Vridende påvirkninger 19

## **Æ**

Æstetiske levetid 44

## **Ø**

Øko-sten 25







Belægningsgruppen, Dansk Beton  
Nørrevoldgade 106, Postboks 2125  
1015 København K. tlf. 72 16 00 00  
[www.betonsten.dk](http://www.betonsten.dk) e-mail: [info@danskbyggeri.dk](mailto:info@danskbyggeri.dk)