

«Best praksis» for belegninger av stein

René Kierstein

Rådgiver





«Autobahn» fra 1934 med Basalt- smågatestein

Storgatestein i bærelaget under smågatesteinsdekke i trafikkert hovedvei! Kun ulike sandfraksjoner i overbygning.



Forventninger

- Høy estetisk
- Gjenspeile «byen», møtested
- Brukervennlighet
- Skal tåle mye
- Varighet
- Drifts- og vedlikeholdsvennlighet



Utfordringer



Det skulle ikke kjøres på ...

Det skulle av og til brukes av lette kjøretøy ...

B

DIMENSJONERINGSTABELL FOR VEGOVERBYGNING MED BELEGNINGSSTEIN
(lagtykkelser i cm)

Trafikkgruppe	A	B	C	D	Parkeringsplasser	
Antall ekvivalente 10-tonns aksler pr. felt i dimensjoneringsperioden (N, mill.)	< 0,5	0,5 - 1	1 - 2	2 - 3,5	lett trafikk ⁴⁾	tung trafikk
DEKKE						
Belegningsstein	8	8	8	8	6	8
Settelag	3	3	3	3	3	3
BÆRELAG						
Typiske materialer:	Tykkelse (cm)					
Ag ⁵⁾	5	6	8	9	5	8
Ap	6	9	12	15	6	12
Ag over Fk	-	3 over 10	4 over 10	4 over 10	-	4 over 10
Fk	10	15	-	-	10	15
FORSTERKNINGSLAG PÅ						
Materialtype i grunnen:	Bæreevne-gruppe	Tykkelse (cm)				
Fjellskjæring, steinfylling, T1	1	Avretting				
Fjellskjæring, steinfylling, T1	1	30	30	30	30	30
Grus Cu ≥ 15, T1	2	30	30	30	30	30
Grus, Cu < 15, T1	3	30	30	30	40	30
Sand Cu ≥ 15, T1						
Fjellskjæring, steinfylling T2	4	40	40	50	60	30
Sand Cu < 15 ³⁾ og grus, sand, morene, T2						
Grus, sand, morene, T3	5	50	60	70	70	40
Silt, leire, T4, c _u ≥ 50 kPa	6	60	70	70	80	50
Silt, leire, T4, c _u 37,5-50 kPa	6	60	70	70	80	50+10 ¹⁾
Silt, leire, T4, c _u 25-37,5 kPa	6	60+20 ¹⁾	70+10 ¹⁾	80	80	50+30 ¹⁾
Silt, leire, T4, c _u < 25 kPa ²⁾	6	60+50 ¹⁾	70+40 ¹⁾	80+30 ¹⁾	80+30 ¹⁾	50+60 ¹⁾

514.1

For velgraderte og/eller grove masser brukes graderingstall (C_u eller Cu, fra engelsk: *Coefficient of uniformity*) som er definert som d₆₀/d₁₀, se vedlegg 13.

For leire brukes begrepet *udrenert skjærfasthet* (c_u, engelsk: *cohesion, undrained*).

- 1) Tall med pluss foran er knyttet til anleggstekniske forhold, se pkt 510.6.
- 2) For undergrunn av leire med c_u < 25 kPa skal forsterkningslagstykkelse og sikkerhet mot grunnbrudd vurderes spesielt.
- 3) Sand med Cu < 5 skal vurderes særskilt.
- 4) Gjelder også gang/sykkelveg og innkjøringer.
- 5) Tradisjonell Ag er for tett til å kunne benyttes under settelag for belegningsstein, massen må ha et åpent steinskjelett.

Figur 514.1 Dimensjonering av overbygning med belegningsstein av betong, typiske materialer med lagtykkelser i cm

Gågate, torg etc.

- Lav trafikkmengde og manglende oversikt over kjøre- bruksmønster
- Delvis tøre belastninger som f.eks. punktlaster, vridningskrefter i ganghastighet
- Spesielle drift- og vedlikeholdsrutiner
- Brukervennlighet og universell utforming



Varighet ...

Idefasen

Utviklingsfasen



Bruksfasen

Gjennomføringsfasen

Naturstein, nordmannens yndling

- Fokus på god geologisk kvalitet, som kan variere veldig mye, uansett opprinnelse
- Fokus på detaljerte beskrivelser og krav
- Fokus på oppfølging av krav og dokumentasjon



Oppfølging av krav!

Samme produkt men ulike lokasjoner i samme området



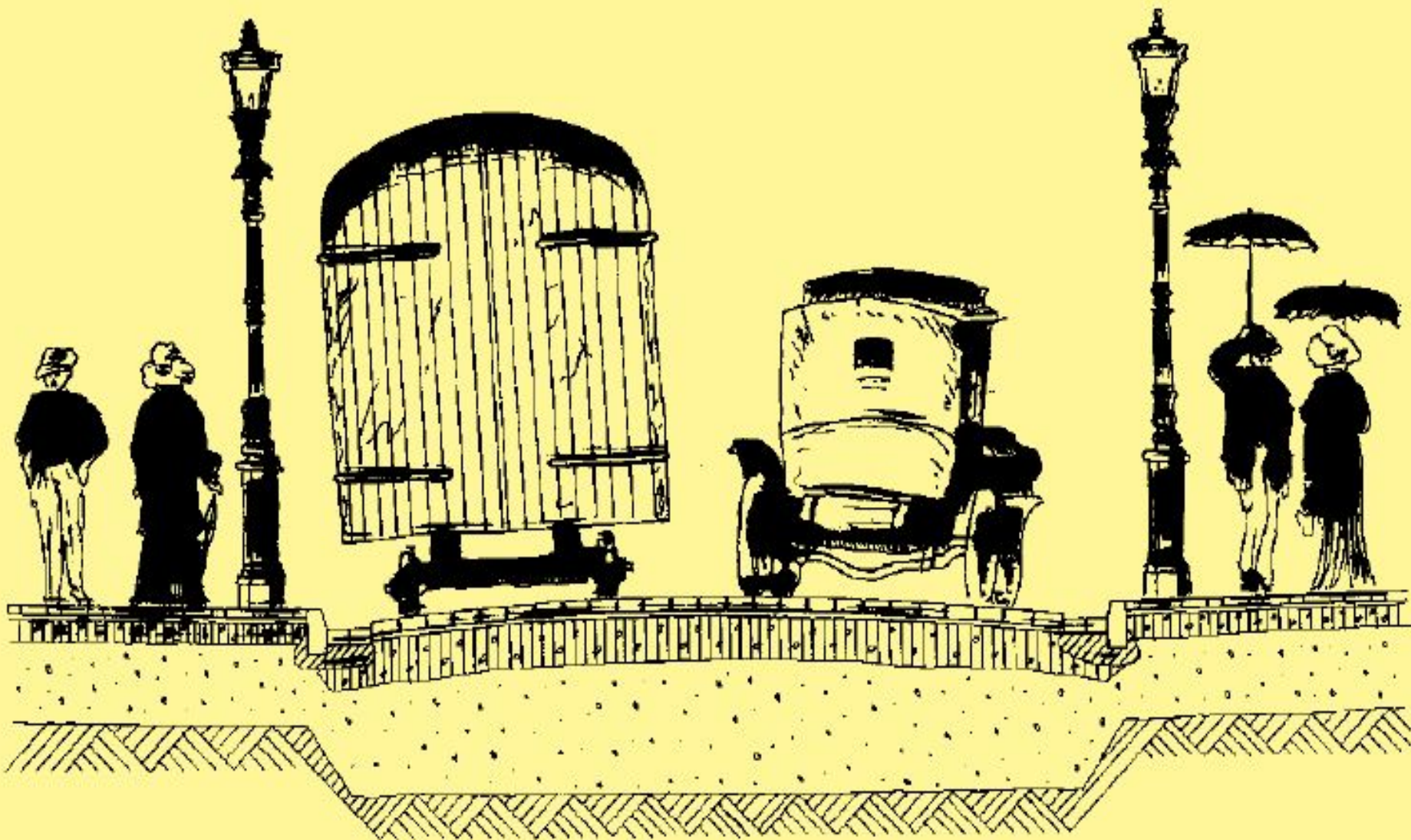
SI No.	Property	ASTM Test Standard	Average test value
1	Density, Kg/m ³	C-97	2672
2	Water Absorption, %	C-97	0.19
3	Compressive strength, MPa	C-170	292
4	Flexural strength, MPa	C-880	18
5	Modulus of rupture, MPa	C-99	22
6	Abrasion resistance	C-241	99

- som to forskjellige varer-



Sl.No	Property	ASTM Test Standard	Test Value
1.	Density, Kg/m ³	C-97	2568
2.	Water Absorption, %	C-97	0.36
3.	Compressive Strength, MPa	C-170	166.42
4.	Modulus of rupture, MPa	C-99	16.14
5.	Abrasion Resistance, mm	C-214	0.92
6.	Flexural Strength, MPa	C-880	8.82

Overbygning



Dimensjoneringsprinsipper for dekker av stein

- **Ubunden** (dynamisk, mekanisk stabiliserte løsmasser)
 - Uten bruk av bindemidler i fugene og settelaget
 - Bærelaget kan bestå enten av løsmasser eller bundne materialer, i avhengighet av bruksformål og belastning
- **Bunden** (stiv, kompakt)
 - Bruk av bindemidler i form av sement eller bitumen i fugene, settelaget og bærelaget
 - Bærelaget kan, i avhengighet av bruksformål og belastning, bestå av bundne og ubundne materialer

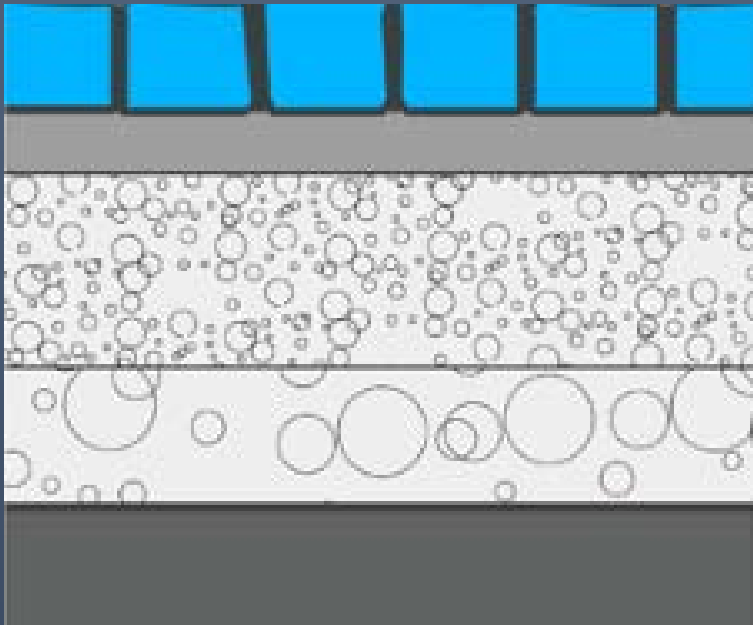
! Kombinasjon av faste fuger og ubunden settelag er ikke fagmessig og anses som unntak med nedsatt garanti!

Forutsetning steinmaterialer av god kvalitet og rett fraksjon



Filterstabilitet

Stor betydning for dekker av stein i ubunden utførelse!



- Forskjellige materialer fra forskjellige lag skal ikke trenge inn i hverandre
- Det skal ikke bli massetransport gjennom overbygningen
- Fraksjonene må tilpasses
- Manglende filterstabilitet fører til ukontrollert overmetning i underliggende lag, mindre permeabilitet og økt frostømfintlighet, setninger

Fokus bærelag

1. Komprimeringskontroll+ dokumentasjon
2. Geometrisk kontroll/ jevnhet
3. «Delovertakelse» av bærelaget



Toleranse for		Hoved- og samleveger (H, S)		Andre veger (A, G/S)		Veger med belegningsstein og gatestein	
		Enkelt-verdi	Middel-verdi	Enkelt-verdi	Middel-verdi	Enkelt-verdi	Middel-verdi
Traubunn/ planum på løsmasse ¹⁾	maks.	+40	+20	+60	+30	+40	+20
	min.	-40	-30	-60	-50	-40	-30
Traubunn/planum på steinfylling/fjellskjæring ¹⁾	maks.	+100	+30	+100	+30	+100	+30
	min.	-100	-30	-100	-50	-100	-30
Frostsikringslag/ drengslag ²⁾	maks.	+30	+10	+50	+25	+30	+10
	min.	-30	-10	-50	-25	-30	-10
Forsterkningslag (ferdig avrettet)	maks.	+30	+7	+50	+20	+20	+7
	min.	-30	-7	-50	-25	-20	-7
Jevnhet 3 m rettholt når overliggende lag er: bituminøst bærelag	maks.	15		15		15	
mekanisk stab. bærelag	maks.	25		30		15	
Bærelag ⁵⁾	maks.	+20	+5	+30	+10	+10	+5
	min.	-20	-5	-30	-15	-10	-5
Jevnhet 3 m rettholt ³⁾	maks.	10		15		10	
Bredde – alle lag ⁴⁾	maks.	+100		+100		+100	
	min.	± 0		± 0		± 0	

Kilde: Utkast forslag revidert N200

Obligatorisk!

- Dokumentasjon av komprimeringskontroll **må** foreligge **før** utførelse av steinarbeider!



Lag	E_2 / E_1	E_2 (MPa)
Bærelag og forsterkningslag	$\leq 2,5$	> 150
Frostsikringslag av sand, grus og stein	$\leq 3,5$	> 120

Figur 520.8 Krav til komprimering målt ved statisk platebelastning, 300 mm platediameter

Lag	Dimensjonerende krav	5 prøver eller flere		Mindre enn 5 prøver
		Middelverdi	Enkeltverdi	Enkeltverdi
Bærelag	98 %	99 %	94 %	97 %
Forsterkningslag og frostsikringslag	95 %	96 %	91 %	94 %

Figur 520.9 Krav og toleranser for komprimering (Modifisert Proctor)



Riktig profil skaper trygghet

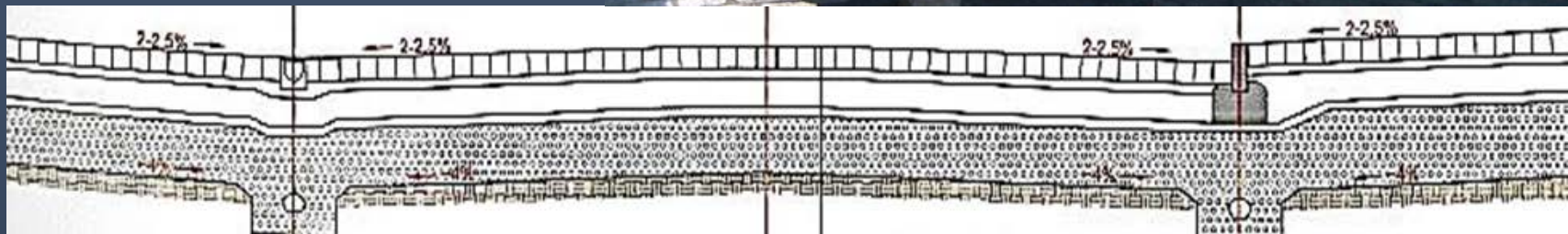
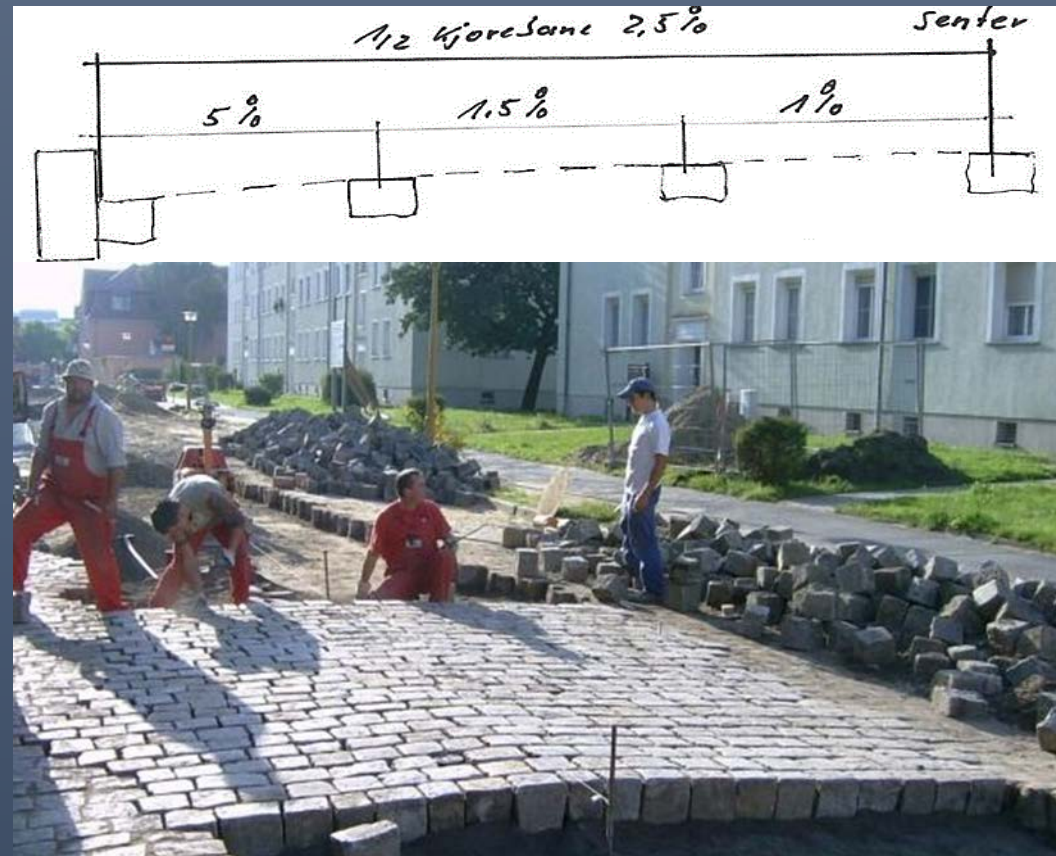
- Belegninger av stein trenger spenning

Overhøyde

= Brueffekt

= Spenning

➔ motstandsdyktig belegget!

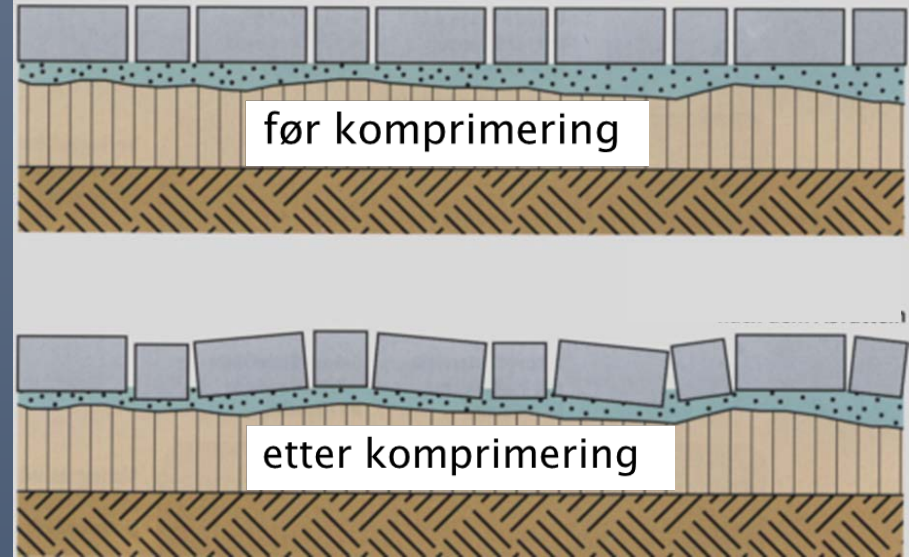




Riktig mønster riktig utført for optimal overføring og nedbryting av dynamiske krefter!

Ubunden settelag

- Jevnt tykkelse iht. steinstørrelse
- Tillatt avvik topp bærelagt **+/- 10 mm!**
- **30 mm belegningsstein/plater/heller**
- **40- 60 mm for gatestein**



Problem ensgradert settelagsmaterial under gatestein

Settelagsmaterial iht. NS 3420-K, korning 2-8 mm

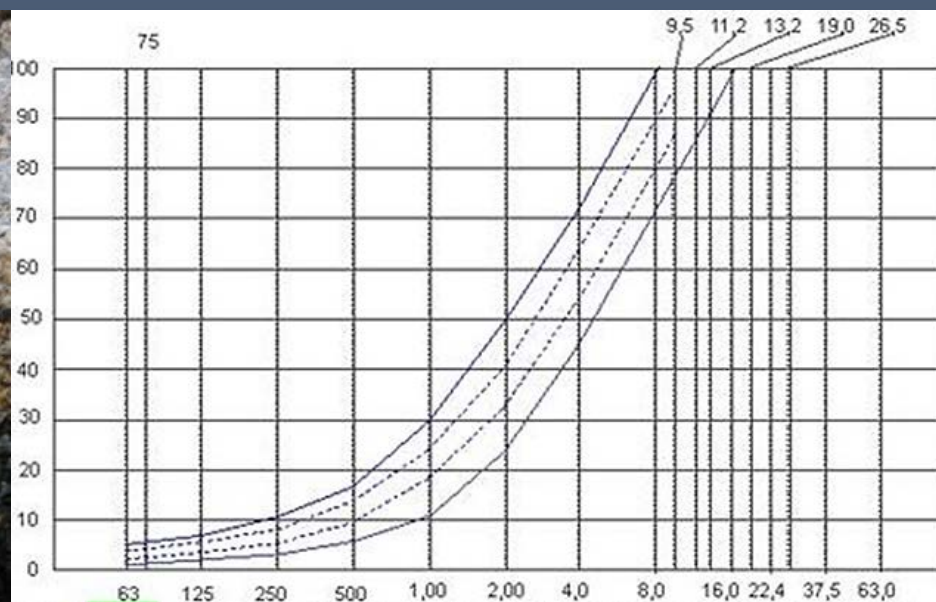


Back to the Roots...

- ✓ I trafikkerte arealer med gatestein tillates ikke bruk av ensgraderte settelagsmaterialer (2/4mm)
 - ✓ Velgraderte fraksjoner av Fk 0/8mm – 0/11 mm (storgatestein)
 - ✓ Stein står mer stødig, «metting» med fugesand utebli
- Viktig! Kontroll over siktekurven og steinkvalitet



Knust fjell 0/8mm velgradert



Grensekurve = Kontroll + dokumentasjon

Hovedregler setting av gatestein i ubunden utførelse

KNAS = tett inntil



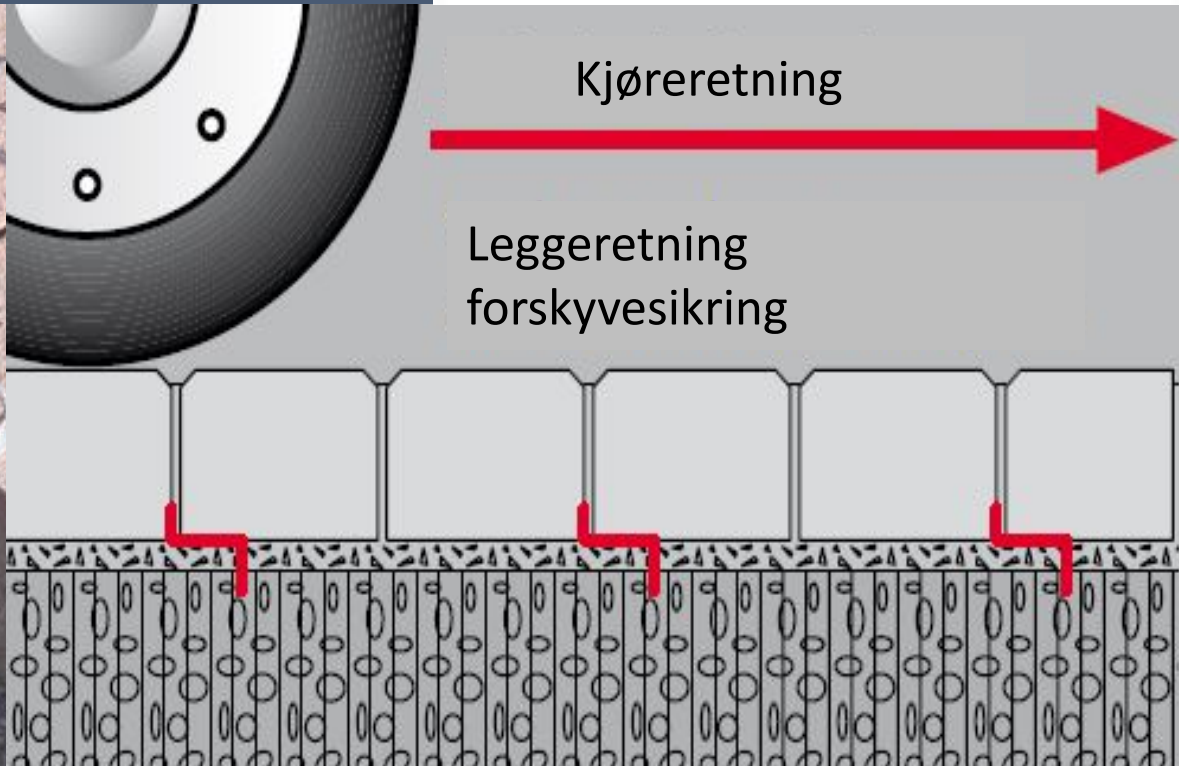
Hammerfast



Fugeinnlegg neoprenskiver



Plater av stein i trafikkerte arealer med forskyvesikring



A close-up photograph of a cobblestone pavement. The stones are rectangular and arranged in a regular grid pattern, separated by light-colored mortar. The stones have a rough, weathered texture and vary in shades of grey and brown. A semi-transparent white rectangular box is centered over the middle of the image, containing the text "Bunden utførelse" in a black, sans-serif font.

Bunden utførelse

A high-speed photograph of a water droplet suspended in mid-air above a pool of water. The droplet is perfectly spherical and reflects the light. Below it, the water surface is disturbed, creating concentric ripples and a central column of water that is still rising. The background is a blurred landscape with a body of water and a distant shoreline under a bright sky.

Største problem



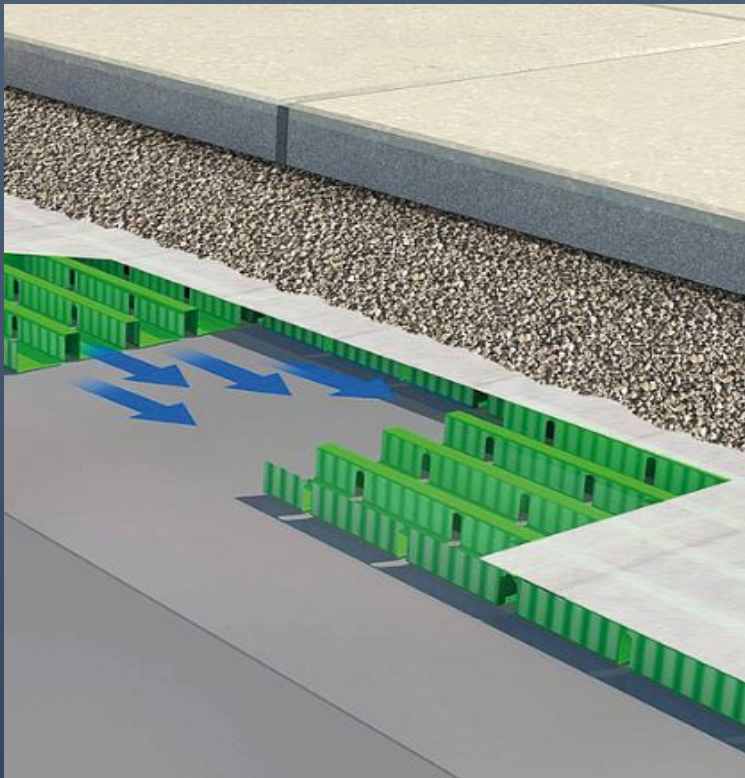
Termiske spenninger, inntrengende vann og manglende permeabilitet har ført til store skader som ikke la seg reparere uten videre!



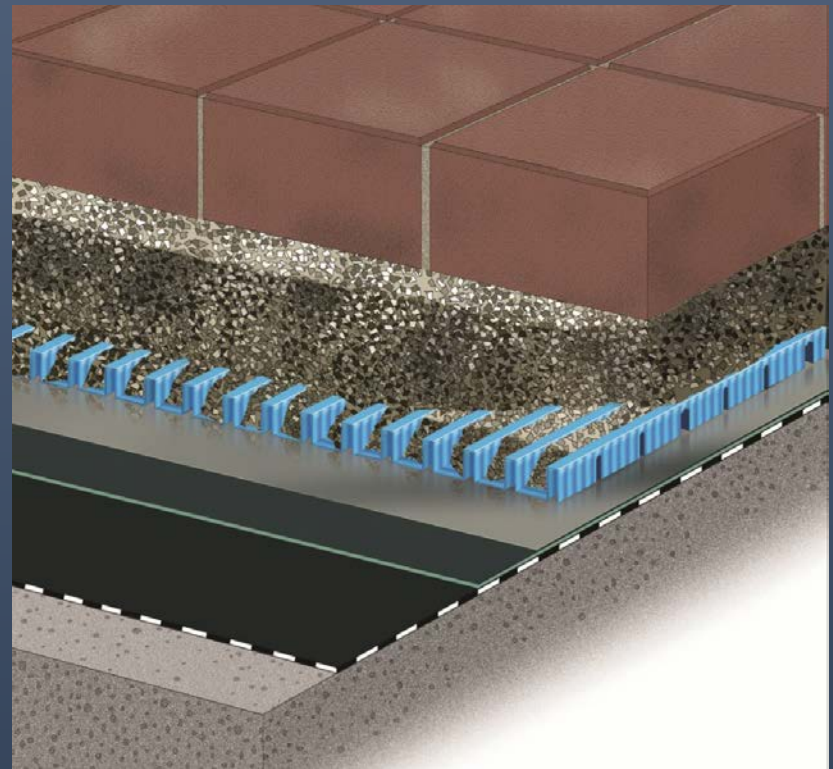
Belegg på vanntette underlag

- Krav til vannføring- underliggende drenslag -

Drensmatte med duk ved ubunden utførelse

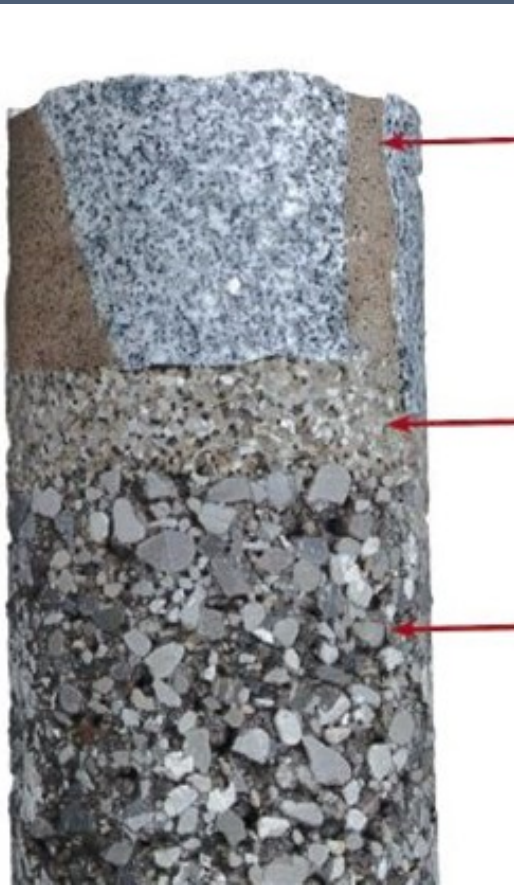


Drensmatte med netting ved bunden utførelse



Prinsipp bunden utførelse

- Bundne dekker av stein utføreres prinsipielt «vanntett» på overflaten!
- **MEN !** Det må tas høyde for inntrengende vann, kondensvann etc. !
- **Settelaget og bærelaget skal være permeabel**



Fugemørtel vanntett

Settemørtel permeabel = Drensmørtel!

Bærelaget permeabel = Drensasfalt / drensbetong

Drensmørtel

- Underligger strenge kvalitetskrav som skal stilles til produktet i beskrivelsen
- Veldig lite krymp og svin = mindre fare for spenninger
- «Hulrom» gir mer trygghet ved fryse/tineveksel



Parameter	Testmetode	Krav
Øvre siktstørrelse for tilslaget		8,0 mm
Trykkstyrke etter 7 døgns lagring	NS-EN 12390-3	Min. 16/20 MPa
Trykkstyrke etter 28 døgns lagring	NS-EN 12390-3	Min. 25/30 MPa
Permeabilitet		$K_f \geq 10^{-5} \text{ m/s}$
Hefstyrke, ved fabrikk	NS-EN 1015-12	Min $\geq 1,5 \text{ Mpa}$
Hefstyrke, utført	NS-EN 1015-12	Alle enkeltverdier $\geq 1,2 \text{ MPa}$
Bestandighetsklasse		Enkeltverdier $\geq 0,8 \text{ MPa}$
		SV standard

Krav settemørtel / drensmørtel

Riktig konsistens



Vedheft

- Essensiell viktig: Vedheft mellom stein - settelaget - fugene

- Homogenitet

= optimal kraftoverføring

= mindre fare for skader ved termiske og dynamiske påkjenninger



Limes/ settes/ legges med 100% dekning



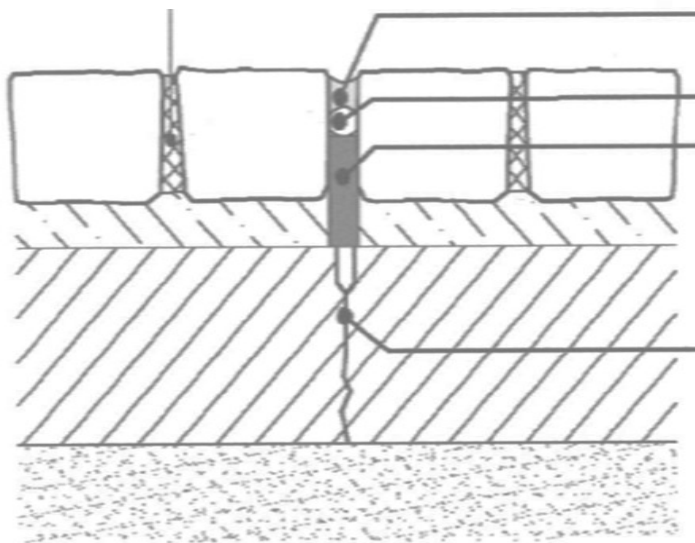


Termiske spenninger

Bevegelsesfuger

- Avstand/ feltstørrelse i avhengighet av material og arealets form
- Anbefalt feltstørrelse mellom 25-30 kvm (ved smale felt kortere avstand)
- Langsmed/ rundt faste elementer som bygg, kum, sluk overganger til andre materialer

Faste fuge



Permanent elastisk og bestandig fugemasse

Bunnfyllingslist

Fugeinnlegg/ fugebånd av gummigranulat

Sagkutt i sement-stabilisert bærelag



Hjertesak forstøp

- Er i veien for andre lag

HUSK! Alle lag legges ut og komprimeres så jevnt som mulig. Strengt sett også inntil kanter og tilslutninger!

- Har ingen statisk betydning ved dekker av stein, asfalt og betong foran



Made in Germany

- «Rett ned» for å sikre jevne lag og komprimering inntil kant
- Bevegelsesfuger på strekning og foran og bak sluk

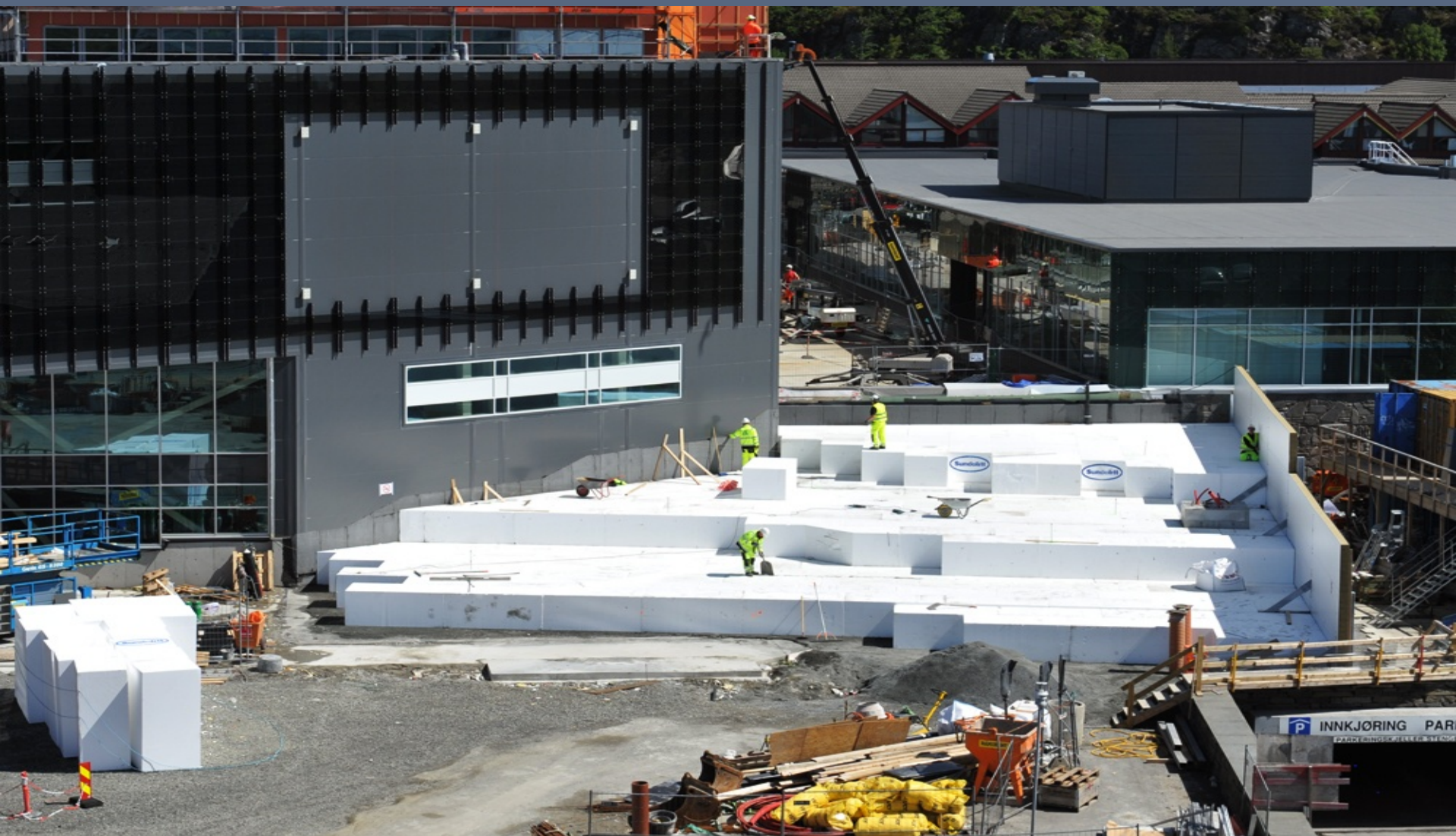


Bergen Sotraplassen



Kilde: Wikholm AS

Opptil 4m EPS



Dekket med sement -
stabilisert leca

(tilsvarende løsning er
sement stabilisert
skumglass)



Kilde: Wikholm AS



Kilde: Wikholm AS



Stein & Veg
Consult

Olaf Helsets vei 5, 0694 Oslo
T: 46824588

E: post@steinogveg.no
W: www.steinogveg.no