

Luftkyld masugnsslagg – hyttsten – i vägkonstruktioner



Upphovsman (författare, utgivare)

Samhälle och Trafik

Teknik

Vägteknik

Kontaktpersoner: Klas Hermelin & Peter Dittlau

Dokumentets titel

Luftkyld masugnsslagg – hyttsten – i vägkonstruktioner

Huvudinnehåll

Denna publikation omfattar projekteringsförutsättningar, utförande och kontroll av masugnsslagg i vägkonstruktioner.

ISSN

ISBN

1401 - 9612

Nyckelord

Masugnsslagg, Hyttsten, Projekteringsförutsättningar, Utförande, Kontroll

Distributör (namn, postadress, telefon, telefax, e-postadress)

Vägverket, Butiken, 781 87 Borlänge

telefon: 0771-119 119, e-post: vagverket.butiken@vv.se**Samhälle och trafik**

Postadress	Besöksadress	Telefon	Telefax	E-postadress
781 87 BORLÄNGE	Röda vägen 1	0771-119 119	0243 - 758 25	vagverket@vv.se

Förord

Luftkyld masugnsslagg – hyttsten – i vägkonstruktioner är en teknisk beskrivning av användandet av hyttsten i vägkonstruktion.

Denna publikation behandlar hyttsten, d.v.s. luftkyld masugnsslagg från järnframställning.

Masugnsslagg i vägkonstruktioner omfattar följande delar:

1. Allmänt
2. Projekteringsförutsättningar
3. Utförande
4. Redovisning i bygghandling
5. Kontroll

Borlänge i september 2005



Per Andersson
cStev

Läsanvisning till Masugnsslagg i vägkonstruktioner

Kravtext är vänsterställd rak.

Exempel från kapitel 2.2:

Kornstorleksfördelning skall bestämmas enligt SS-EN 933-1. Kornstorleksfördelningen skall för sortering 0/31,5 uppfylla kraven för kategori G_C enligt SS-EN 13285, se även tabell 2.2-1 och figur 2.2-1.

Rådtext är kursiv och indragen. Rådtext beskriver rekommenderat utförande.

Exempel från kapitel 2.7:

Hyttsten bör ej läggas ovanpå rörgravar o dyl eftersom efterbindningen hos hyttsten gör att hyttstenslagret med tiden kan bli svårbearbetat. Schaktning kan t ex bli svår att utföra.

Informationstext är rak text inom en gråmarkerad ruta. Informationstexten utgör förtydliganden till kravtexter eller rådtexter. Informationstexterna kan innehålla förslag till tänkbara lösningar.

Exempel från kapitel 2.6:

Vid dimensionering av överbyggnadstjocklek med hänsyn till tjäldjup krävs kännedom om värmeledningsförmågan på fruset och ofruset material. För beräkning av tjäldjup krävs även kännedom om vattenkvoten och torrdensiteten alternativt vattenmättnadsgrad och porositet.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

DEFINITIONER

1	ALLMÄNT	6
1.1	MATERIALBESKRIVNING.....	6
1.2	SPECIELLA EGENSKAPER HOS HYTTSTEN	7
2	PROJEKTERINGSFÖRUTSÄTTNINGAR	8
2.1	MILJÖPÅVERKAN	8
2.2	MATERIAL TILL BÄRLAGER.....	8
2.3	MATERIAL TILL FÖRSTÄRKNINGSLAGER.....	10
2.4	MATERIAL TILL SKYDDSLAGER	12
2.5	MATERIAL TILL UNDERBYGGNAD OCH ÖVRIGA FYLLNINGAR	12
2.6	DIMENSIONERINGSFÖRUTSÄTTNINGAR.....	12
2.7	KONSTRUKTIV UTFORMNING	14
3	UTFÖRANDE	15
3.1	BÄRLAGER.....	15
3.2	FÖRSTÄRKNINGSLAGER OCH SKYDDSLAGER	15
3.3	UNDERBYGGNAD	16
4	REDOVISNING I BYGGHANDLING	17
5	KONTROLL	18
5.1	ALLMÄNT	18
5.2	KRAV PÅ DEKLARERADE EGENSKAPER	19
5.3	MATERIALEGENSKAPER SOM SKALL DEKLARERAS	20
5.4	KONTROLL PÅ FÄRDIGT LAGER.....	21
5.5	KONTROLL AV UTFÖRANDE	21
6	REFERENSER	22
6.1	LAGAR OCH FÖRESKRIFTER	22
6.2	METODBESKRIVNINGAR	22
6.3	STANDARDER	22
6.4	ÖVRIGA SKRIFTER	23

BILAGOR

Hyttstens miljöegenskaper

DEFINITIONER

Beteckningar

ATB VÄG	Allmän teknisk beskrivning (ATB) som innehåller Vägverkets krav vid upphandling av vägobjekt.
ISO	Internationell standard. Standardens beteckning består av en kombination av bokstäver och siffror. Exempel: ISO 8301:1991
LF_x	Lower Fines, d.v.s. minimalt finmaterialinnehåll (i standard SS-EN 13285). Anger ett minimum-innehåll av finmaterial, d.v.s. material som passerar en 0,063 mm sikt.
OC_{xx}	Klassificering av överkorn i standard SS-EN 13285, d.v.s. anger hur stor vikts-% som passerar D.
SP	Provningsmetod angiven av Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. Provningsmetodens beteckning består av en kombination av bokstäver och siffror. Exempel: SP 2670
SS	Svensk Standard, d.v.s. en standard utgiven av SIS. Standardens beteckning består av en kombination av bokstäver och siffror. Exempel: SS 02 71 27
SS-EN	Europastandard utgiven av SIS. Exempel: SS-EN 933-1
UF_x	Upper Fines, d.v.s. maximalt finmaterialinnehåll (i standard SS-EN 13285). Anger ett maximum-innehåll av finmaterial, d.v.s. material som passerar en 0,063 mm sikt.
VVMB	Vägverkets metodbeskrivningar

Benämningar

Akrediterat organ			Organ godkänt av Styrelsen för akreditering och teknisk kontroll, SWEDAC.
Alternativ ballast			Ballast som inte är naturgrus eller inte har direkt ursprung ur krossat berg
Bärighet			Högsta last, enstaka eller ackumulerad, som kan accepteras med hänsyn till uppkomst av sprickor eller deformationer.
Certifierad produkt			Produkt certifierad av organ som ackrediterats av Styrelsen för akreditering och teknisk kontroll, SWEDAC, eller av SWEDAC:s avtalspart. Certifieringen utförs på basis av provning/besiktning enligt krav som anges för respektive produkt.
Efterbindning			Hållfasthetsökning som beror på cementliknande (puzzolana) reaktioner.
Egenkontroll			En kontroll som utförs av entreprenören för att styra sitt eget arbete.
Hyttssand			Snabb avkylning av masugnsslagg bildar amorf slagg, s.k. hyttssand.
Hyttsten			Långsam avkylning av masugnsslagg bildar kristallin slagg, s.k. hyttsten.
Korndensitet	ρ_{korn}	kg/m^3	Förhållandet mellan kornens massa, m_k , och volym, V_k . I V_k ingår även volymen för porerna som är inneslutna i kornen. I m_k ingår massan hos kornens fasta massa och massan hos vattnet i kornen.
Lagertjocklek		m	Mäktigheten på ett lager som läggs ut och därefter packas på ytan med vält. Tjockleken bestäms av det packade lagrets mäktighet.

Masugnsslagg			Slagg som uppkommer vid tillverkning av råjärn i en masugn från de tre råvarorna järnmalm, kol/koks och kalksten.
Naturlig ballast Obundna överbyggnadslager			Naturgrus eller krossat berg. Bärlager, förstärkningslager samt eventuellt skyddslager.
Optimal vattenkvot		vikts-%	Den vattenkvot vid vilken ett material får maximal torrdensitet vid laboratoriepackning. Optimal vattenkvot bestäms i viktsprocent.
Packningsgrad			Kvot av torrdensitet som uppnås i fält vid packning och maximal torrdensitet som uppnås med standardiserad metod.
Porositet	n	%	Förhållandet mellan porvolymen och totala volymen. Porositeten kan uttryckas som en funktion av torrdensitet, ρ_d , och kompaktdensitet, ρ_s . $n = \left(1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}\right) \times 100$
Skrymdensitet	ρ	kg/m ³	Förhållandet mellan ett materials totala massa och totala volym. $\rho = \frac{m}{V}$
Styvhetsmodul	M_s	MPa	Styvhetsmodul som används vid dimensionering av överbyggnad.
Torrdensitet	ρ_d	kg/m ³	Skrymdensitet för torrt material. Anger förhållandet mellan de fasta kornens massa (m_k) och den totala volymen (V). $\rho_d = \frac{m_k}{V}$
Vattenkvot			Kvoten av det ingående vattnets vikt och den vattenfria massans vikt (i en viss materialmängd)
Vattenmättnadsgrad	S_r	%	Förhållandet mellan porvattnets volym och porvolymen, d.v.s. andelen av porvolymen som är fylld av vatten. Uttryckt som en funktion av vattenkvot,

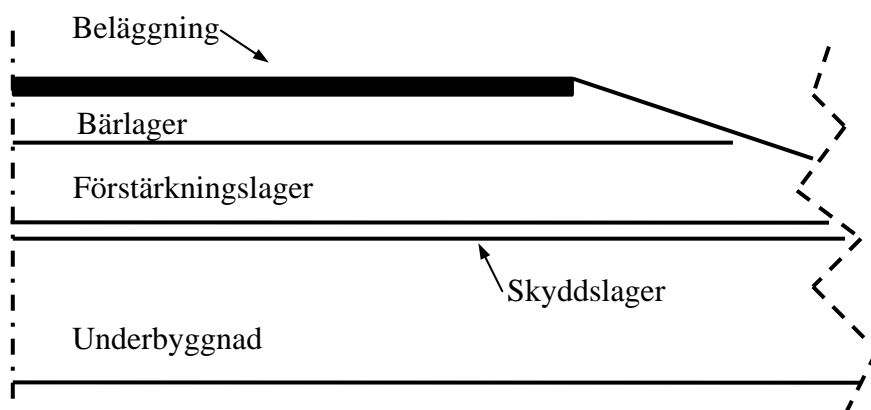
			<p>w, torrdensitet, ρ_d och kompaktensitet, ρ_s kan det skrivas som:</p> $S_r = \left(1 - \frac{(w \cdot \rho_d)}{\left(1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} \right)} \right) \times 100$
Värmeledningstal	λ	W/mK (eller W/m °C)	Värmeledningsförmåga (värme-konduktivitet). Den värmemängd som vid en temperaturdifferens av 1° passerar per ytenhet av ett material.
Överbyggnad			Den del av vägkonstruktionen som ligger ovanför terrassytan och som normalt består av slitlager, bärlager, förstärkningslager och skyddslager.
Överkorn			Den del av ballasten som ligger kvar på sikten för den övre kornstorleksgränsen
Övre kornstorleksgräns	D	mm	Det mått som anger den grövre siktens maskvidd i en viss sortering

1 ALLMÄNT

Masugnsslagg har med goda erfarenheter och under lång tid använts som ett ballastmaterial till väg- och anläggningskonstruktion både inom Sverige och utomlands. Ett ökat användande av ett sådant alternativt ballastmaterial ligger väl i linje med Vägverkets miljöpolicy i vilken det bl.a. anges att Vägverket skall hushålla med naturresurser. Även ett av regeringens miljömål, ”God bebyggd miljö”, har samma målsättning. Användande av masugnsslagg sparar naturresurserna grus och krossat berg samtidigt som onödigt deponiutrymme inte tas i anspråk.

Syftet med denna publikation för masugnsslagg är att materialet skall användas på ett sådant sätt att dess positiva egenskaper nyttjas maximalt. I likhet med andra s.k. alternativa material är det extra viktigt att ha bra kontroll på materialet och att det används på rätt sätt, för att uppnå ett gott slutresultat.

I en vägkonstruktion (även gång- och cykelvägar) kan masugnsslagg – hyttsten – användas som material till obundna överbyggnadslager, underbyggnad och andra fyllningsmassor (t.ex. bullervallar), se figur 1-1.



Figur 1-1 Principiell uppbyggnad av vägkonstruktion. Genomsnitt av vägens ena halva.

1.1 Materialbeskrivning

Hyttstenens kemiska sammansättning kan skilja sig något mellan olika producenter. De geometriska och fysikaliska egenskaperna är dock väldigt lika vilket medför att de tekniska egenskaperna är ungefär lika.

Masugnsslagg uppkommer vid tillverkning av råjärn i masugn från de tre råvarorna järnmalm, kol/koks (som bränsle) och kalksten (som slaggbildare). Under processens gång bildas två material, råjärn och slagg, s.k. masugnsslagg. Båda tappas ur ugnen för att tas om hand för vidare separat förädling.

Slaggen kyls på två olika sätt vilket ger två olika material:

Långsam avkylning i luft ger en kristallin slagg – som krossas och siktas till olika fraktioner, s.k. ”hyttsten” – vilket denna publikation behandlar. Termen hyttsten kommer följaktligen att användas vidare i dokumentet.

Snabb avkylning i vatten ger en amorf slagg – s.k. ”hyttsand” – som kan användas för viss typ av vägbyggnad eller efter bearbetning som ett komplement till cement. Hyttsand behandlas inte i denna publikation.

1.2 Speciella egenskaper hos hyttsten

Hyttsten liknar naturgrus och krossat berg, men har några egenskaper som avviker:

- Hyttsten har lägre värmekonduktivitet (d.v.s. högre isoleringsförmåga) än naturlig ballast.
- Hyttsten har porösare korn än naturlig ballast. Hyttstenskornen har en stor mängd slutna porer, vilket gör att korndensiteten blir lägre för hyttsten än för naturlig ballast. De porösa kornen bidrar även till den låga värmekonduktiviteten.
- Finmaterialet i hyttsten har en självbindande effekt (p.g.a. cementliknande reaktioner) som kan bidra till att höja skiktets bärighet. Finmaterialet i naturlig ballast har motsatt effekt.

2 PROJEKTERINGSFÖRUTSÄTTNINGAR

I detta kapitel beskrivs hur olika materialparametrar skall hanteras vid dimensionering av vägkonstruktioner med hyttsten.

2.1 Miljöpåverkan

Hyttsten skall ej användas i känsliga områden, t ex inom skyddsområden för vattentäkter, mindre vattendrag eller begränsade vattenområden. Orsaken till detta är osäkerheter av långtidseffekter av hyttsten samt att utlakning av t.ex. svavelföreningar kan leda till oönskade effekter på recipienten.

Sammansättningen av hyttsten är beroende av råvarorna (järnmalm, kol/koks och kalksten) och påminner till stor del om sammansättningen av krossat berg (kiseloxid, kalciumoxid, magnesiumoxid och aluminiumoxid) förutom att svavelhalten är högre (drygt 1 %).

Användningen av hyttsten som vägbyggnadsmaterial har hittills inte givit någon mätbar negativ inverkan på omgivande miljö. De fåtal jämförelser i laboratorium som utförts mot naturmaterial visar att utlakningen av de flesta föreningar är i samma storleksordning som från dessa.

Den högre svavelhalten kan inledningsvis medföra utlakning av svavel i form av svavelföreningar, bl.a. sulfat. Samtidigt som svavel oxideras till sulfat produceras en viss mängd syra på grund av att vätejoner frigörs. Dessa neutraliseras dock av hyttstens höga buffertkapacitet och ger därför ingen försurande effekt.

Svavellukt från hyttsten kan förekomma.

Hyttsten kan, ur miljöpåverkanssynpunkt, i stort sett användas som naturlig ballast.

Ytterligare information om hyttstens miljöegenskaper anges i bilaga 1.

Hyttsten bör inte lagras på annat område än för ändamålet avsedda hyttstensupplag, eftersom okontrollerbar urlakning av bl.a. svavel inte är önskvärd.

2.2 Material till bärlager

Som bärlager får hyttsten endast användas till gång och cykelvägar.

Hyttsten skall undvikas i bärlager eftersom hyttsten har för låg värmekonduktivitet för att placeras så högt upp i väggkroppen. Dessutom kan de höga påkänningarna i bärlagret medföra en oacceptabelt stor nedkrossning av hyttstenskornen.

Hyttsten av sortering 0/31,5 skall användas för detta ändamål.

2.2.1 Motstånd mot nötning

Material till bärlager i gång- och cykelvägar skall uppfylla kategorin $M_{DE}20$ enligt SS-EN 13242, d.v.s. ha ett micro-Devalvärde på högst 20.

Om materialet inte trafikeras av mer än enstaka tunga fordon (totalvikt över 3,5 ton) under byggskedet kan micro-Devalvärdet uppgå till 25.

2.2.2 Kornstorleksfördelning

Finmaterialhalt skall uppfylla kategori LF_2 och UF_7 enligt SS-EN 13285, vilket framgår av tabell 2.2-1.

För överkorn skall kategori OC_{80} tillämpas enligt SS-EN 13285. Övre kornstorleksgräns D får inte överstiga halva lagertjockleken.

Kornstorleksfördelning skall bestämmas enligt SS-EN 933-1. Kornstorleksfördelningen skall för sortering 0/31,5 uppfylla kraven för kategori G_C enligt SS-EN 13285, se även tabell 2.2-1.

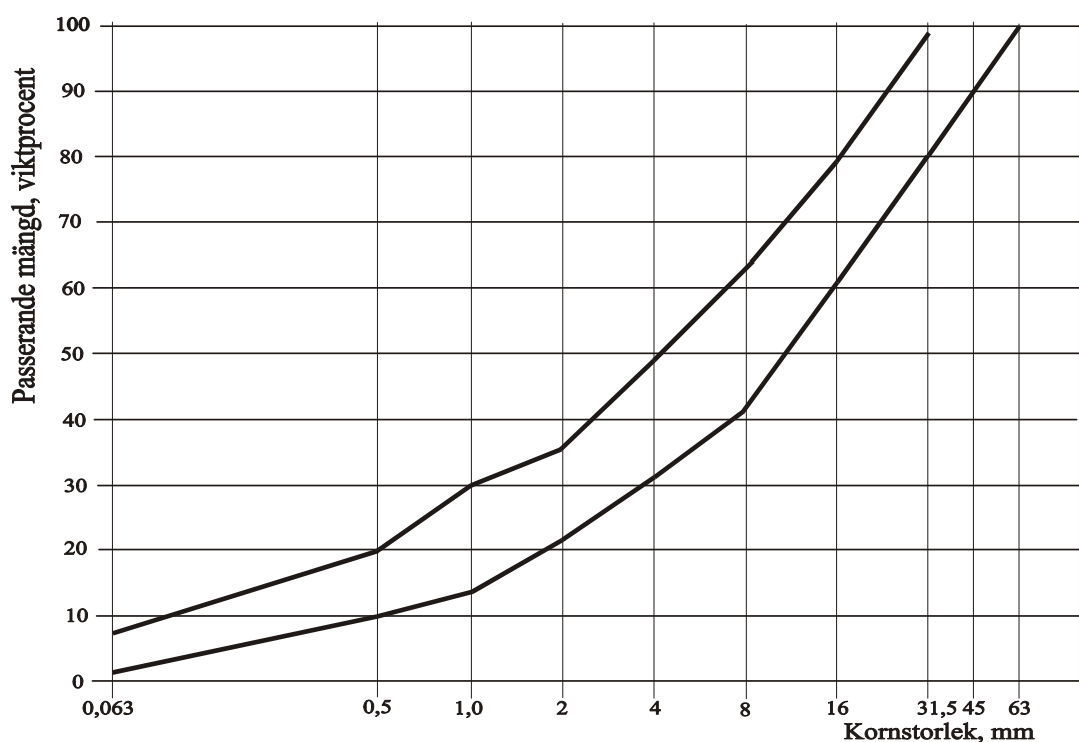
Det producerade materialet skall uppfylla kraven för kategori G_C enligt SS-EN 13285, avseende maximal tillåten variation hos enskilda satser.

Tabell 2.2-1 Krav på gränser för deklarerat värde på kornstorleksfördelning för hyttsten 0/31,5 i bärlager för gång- och cykelvägar.

Sikt – mm	0,063	0,5	1	2	4	8	16	31,5	63
Sikt – beteckning		G	F	E	C	B	A	-	-
Övre värde på producentens deklarerade kurva (S) ¹ , %	7	20	30	36	49	64	79	99	-
Nedre värde på producentens deklarerade kurva (S) ¹ , %	2	10	13	22	31	41	61	80	100
Tillåten variation ² , % -enheter	-	±5	±5	±9	±11	±11	±11	-	-

1) se tabell 6 i SS-EN 13285

2) se tabell 7 i SS-EN 13285



Figur 2.2-1 Illustration av krav på gränser för deklarerat värde på kornstorleksfördelning för hyttsten 0/31,5 i bärlager för gång- och cykelvägar.

2.3 Material till förstärkningslager

För hyttsten till förstärkningslager skall en av följande två sorteringar användas, 0/63 eller 0/125.

2.3.1 Material till förstärkningslager sortering 0/63

2.3.1.1 Motstånd mot nötning

Material till förstärkningslager skall uppfylla kategorin M_{DE20} enligt SS-EN 13242, d.v.s. ha ett micro-Devalvärde på högst 20.

Om materialet inte trafikerats av mer än enstaka tunga fordon (totalvikt över 3,5 ton) under byggskedet kan micro-Devalvärdet uppgå till 25.

2.3.1.2 Kornstorleksfördelning

Finmaterialhalt skall uppfylla kategorierna LF_2 och UF_7 enligt SS-EN 13285, vilket framgår av tabell 2.3-1.

För överkorn skall kategori OC_{80} tillämpas enligt SS-EN 13285. Övre kornstorleksgräns D får inte överstiga halva lagertjockleken.

Kornstorleksfördelning skall bestämmas enligt SS-EN 933-1. Kornstorleksfördelningen skall för sortering 0/63 uppfylla kraven för kategori G_C enligt SS-EN 13285, se även tabell 2.3-1.

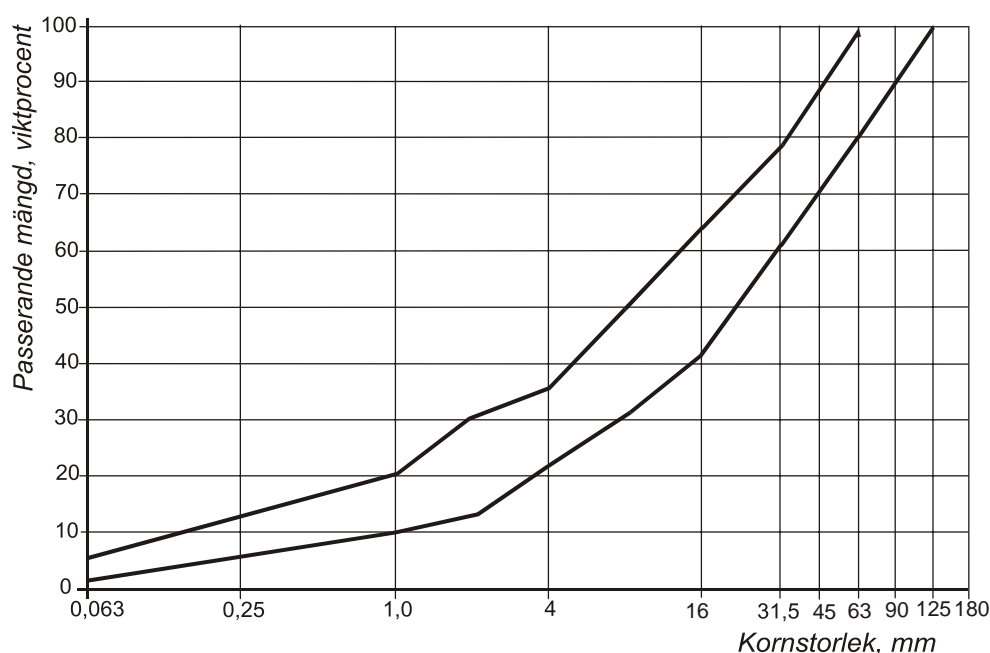
Det producerade materialet skall uppfylla kraven för kategori G_C enligt SS-EN 13285, avseende maximal tillåten variation hos enskilda satser.

Tabell 2.3-1 Krav på gränser för deklarerat värde på kornstorleksfördelning för hyttsten 0/63 i förstärkningslager.

Sikt - mm	0,063	1	2	4	8	16	31,5	63	125
Sikt - beteckning		G	F	E	C	B	A	-	-
Övre värde på producentens deklarerade kurva (S) ¹ , %	7	20	30	36	49	64	79	99	-
Nedre värde på producentens deklarerade kurva (S) ¹ , %	2	10	13	22	31	41	61	80	100
Tillåten variation ² , % -enheter	-	±5	±5	±9	±11	±11	±11	-	-

1) se tabell 6 i SS-EN 13285

2) se tabell 7 i SS-EN 13285



Figur 2.3-1 Illustration av krav på gränser för deklarerat värde på kornstorleksfördelning för hyttsten 0/63 i förstärkningslager.

2.3.2 Material till förstärkningslager sortering 0/125

Detta material är för grovt för att omfattas av SS-EN standarder, egenskaper enligt 2.3.2.1 samt 2.3.2.2 skall uppfyllas.

2.3.2.1 Motstånd mot nötning

Material till förstärkningslager skall provas enligt SS-EN 1097-1 och skall ha ett micro-Devalvärde på högst 20.

Om materialet inte trafikeras av mer än enstaka tunga fordon (totalvikt över 3,5 ton) under byggskedet kan micro-Devalvärdet uppgå till 25.

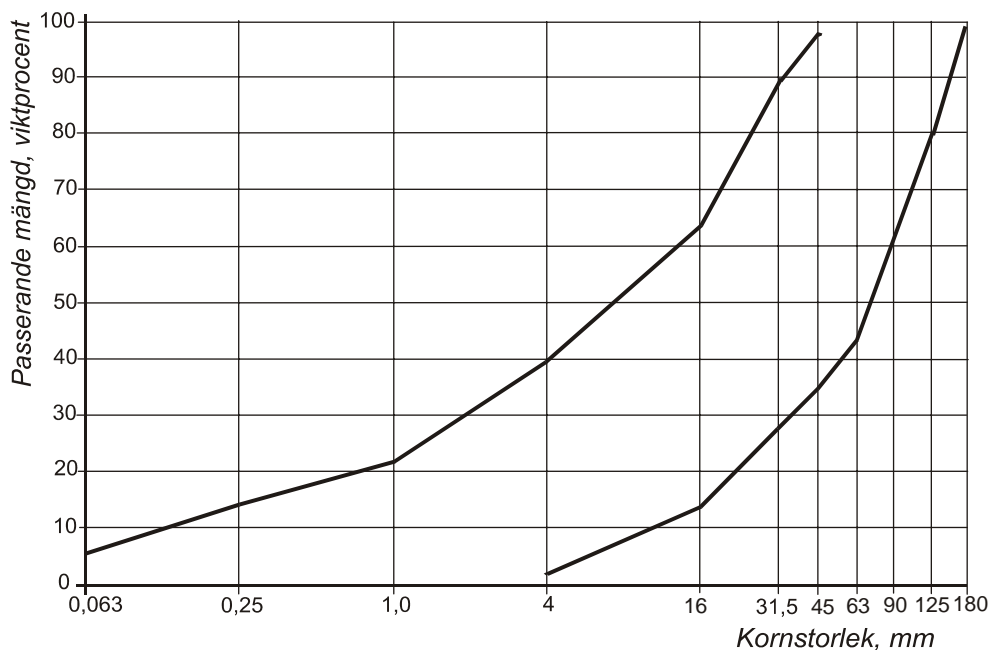
2.3.2.2 Kornstorleksfördelning

Kornstorleksfördelningen skall för sortering 0/125 uppfylla kraven i tabell 2.3-2.

Högst 20 % av materialet får ha en kornstorlek som överstiger halva lagertjockleken. Kornstorleksfördelning skall bestämmas enligt SS-EN 933-1. För korn större än 125 används tolkar.

Tabell 2.3-2 Krav på kornstorleksfördelning för hyttsten 0/125 i förstärkningslager.

Sikt mm	0,063	0,25	1	4	16	31,5	45	63	125	180
Högsta övre värde, %	7	14	22	40	64	90	98	-	-	-
Lägsta undre värde, %	-	-	-	2	14	28	35	43	80	100



Figur 2.3-2 Illustration av krav på kornstorleksfördelning för hyttsten 0/125 i förstärkningslager.

2.4 Material till skyddslager

Vid bestämning av kornstorleksfördelningen enligt SS-EN 933-1, får finmaterialhalten inte överstiga 9 viktprocent.

Högst 20 % av materialet får ha en kornstorlek som överstiger halva lagertjockleken.

2.5 Material till underbyggnad och övriga fyllningar

Största kornstorlek i underbyggnad framgår av ATB VÄG, avsnitt E7.

2.6 Dimensioneringsförutsättningar

Vid dimensionering skall indata enligt avsnitt 2.6.1 Bärighet och 2.6.2 Tjäle användas. Om andra egenskaper än de där angivna används skall dessa redovisas och godkännas av beställaren, och dessutom kontrolleras i den färdiga konstruktionen.

2.6.1 Bärighet

Ur bärighetssynpunkt skall man skilja på hyttsten sortering 0/31,5, hyttsten sortering 0/63 och hyttsten sortering 0/125. För dimensionering av bärighet skall värden som anges i tabell 2.6-1 användas.

Tabell 2.6-1 Styvhetsmodul, M_s , för obundna material i vägkonstruktionen (MPa)

Sortering	Vinter	Tjällossnings vinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
Hyttsten 0/31,5	450	450	450	450	450	450
Hyttsten 0/63	450	450	450	450	450	450
Hyttsten 0/125	450	300	300	300	300	300

Om en högre styvhetsmodul skall ansättas måste hållfasthetstillväxten för materialet påvisas och hänsyn skall tas till tillväxthastigheten vid dimensioneringen.

2.6.2 Tjäle

Hyttsten är i de angivna sorteringarna, enligt tabell 2.6-2, inte tjällyftande och tillhör således tjälfarlighetsklass 1.

Vid dimensionering av överbyggnadstjocklek med hänsyn till tjäldjup krävs kännedom om värmeledningsförmågan på fruset och ofruset material. För beräkning av tjäldjup krävs även kännedom om vattenkvoten och torrdensiteten alternativt vattenmättnadsgrad och porositet.

För tjäldimensionering skall värden ur tabell 2.6-2 användas.

Tabell 2.6-2 Rekommenderade parametrar för tjäldimensionering.

Sortering	Vattenkvot [%]	Torrdensitet [kg/m^3]	Tjälfarlighetsklass	Max lyfthastighet	Värmeledningsförmåga ofruset [$\text{W/m}^2\text{K}$]	Värmeledningsförmåga fruset [$\text{W/m}^2\text{K}$]
Hyttsten 0/31,5	6 %	1,8	1	0	0,65	0,65
Hyttsten 0/63	6 %	1,8	1	0	0,65	0,65
Hyttsten 0/125	6 %	1,7	1	0	0,65	0,65

Hyttsten har lägre värmekonduktivitet än naturgrus och krossat berg, vilket kan vara både positivt och negativt ur vägbyggnadssynpunkt. Material nära slitlagret måste ha tillräckligt hög värmekonduktivitet för att minska risken för oväntad frosthalka (ATB VÄG 2004, A6.4). På större avstånd från slitlagret är det positivt med låg värmekonduktivitet eftersom det ger ett förbättrat tjälskydd.

Värmekonduktiviteten hos hyttsten har uppmätts från 0,38 W/mK (torrt material) till 0,67 W/mK (6 % fukt) för en 0/18-sortering. Jämförbara värden för naturlig ballast (sandigt grus) är 0,55 - 1,8 W/mK.

Packningsarbetet medför att andelen finmaterial ökar. Även om finhalten ökar något är hyttsten normalt så väl-dränerat och öppet även efter packning att tjälfarligheten ej påverkas av packningsarbetet.

2.6.3 Mekanisk beständighet

Hyttsten har tillräcklig mekanisk beständighet för användning (till de i denna publikation anvisade lagren) om alla krav enligt denna publikation uppfylls.

Angående krav på micro-Devalvärde, se avsnitt 2.2 och 2.3.

2.6.4 Frostbeständighet

Frostbeständigheten hos hyttsten motsvarar frostbeständigheten hos naturlig ballast. Kornstrukturen hos hyttsten är uppbyggd av en stor mängd slutna porer. Hyttsten suger därför upp vatten enbart på ytan och inte in i kornet, varför påverkan av frost blir av samma storleksordning som för naturlig ballast.

2.6.5 Densitet

Då materialet används till underbyggnad och övriga fyllningar kan de densiteter som anges i tabell 2.6-2 användas för dimensionering.

2.7 Konstruktiv utformning

Om hyttsten sortering 0/125 används i förstärkningslager skall tjockleken på bärlagret vara minst 120 mm.

Angående hyttstens användning och miljöpåverkan – se avsnitt 2.1.

Hyttsten bör ej läggas ovanpå rörgravar o dyl eftersom efterbindningen hos hyttsten gör att hyttstenslagret med tiden kan bli svårbehandlat. Schaktning kan t ex bli svår att utföra.

3 UTFÖRANDE

Packningsmekanismen för hyttsten skiljer sig från naturliga material. T ex är det positivt att en viss nötning av hyttstenen sker vid packningen eftersom det öppnar upp nya ytor på kornen där hyttstenen kan efterbinda. Målet med packningsarbetet är att det skall vara så dimensionerat att högsta möjliga bärighet uppnås utan att kornen nöts och krossas onödigt mycket.

Bärigheten för ett hyttstenslager påverkas både av en viss efterbindning som uppstår vid själva packningsarbetet och höjer bärigheten, samt en långsammare bärighetsökning tiden efter packningen. Det är oklart vilken av dessa processer som är av störst betydelse för den slutgiltiga bärigheten. Efterbindningens variation i djupled för varje packat lager är heller inte helt utredd.

Erfarenhet har visat att de packningsrekommendationer som gäller för naturligt material också fungerar bra för packning av hyttsten. Omfattningen av packningsarbetet skall minst motsvara det för naturliga material. Den maximala linjelasten bör dock begränsas och istället kan antalet överfarer ökas.

Hyttsten kan packas med gott resultat i naturfuktigt tillstånd. Skillnaden mellan packningsresultat vid naturfuktigt tillstånd och packning under bevattning är ej helt utredd, men bevattning bör medföra viss ökning av efterbindningen.

3.1 Bärlager

Bärlager skall packas med vibrerande eller oscillerande envälvält enligt tabell 3.1-1 eller med likvärdig packningsinsats. Välten skall framföras med en konstant hastighet inom intervallet 2,5 – 4,0 km/h. Vältens linjelast får ej överstiga 45 kN/m.

Tabell 3.1-1 Största tillåtna lagertjocklek (m) efter packning av bärlager beroende på vattenkvot, packningsredskap och antal överfarer.

Vält linjelast	Vattenkvot > 4,5 % *		Vattenkvot < 4,5 % eller ej bestämd *
	6 överf.	8 överf	
>15 kN/m	0,08	0,15	-
>25 kN/m	0,20	0,25	0,10
>35 kN/m	0,25	0,30	0,12

* Om optimal vattenkvot är känd ersätts 4,5 % med optimal vattenkvot -2 %.

3.2 Förstärkningslager och skyddslager

Förstärkningslager och skyddslager skall packas med vibrerande eller oscillerande envälvält enligt tabell 3.2-1 eller med likvärdig packningsinsats. Välten skall framföras med konstant hastighet inom intervallet 2,5 - 4,0 km/h. Vältens linjelast får inte överstiga 45 kN/m.

Tabell 3.2-1 Största tillåtna lagertjocklek (m) efter packning av förstärknings- och skyddslager beroende på vattenkvot, packningsredskap och antal överfarer.

Vält linjelast	Vattenkvot > 4,5 % *		Vattenkvot < 4,5 % eller ej bestämd *
	6 överf.	8 överf	
> 15 kN/m	0,25	0,30	-
> 25 kN/m	0,40	0,45	0,20
> 35 kN/m	0,50	0,55	0,25

* Om optimal vattenkvot är känd ersätts 4,5 % med optimal vattenkvot -2 %.

Hyttsten av sortering 0/125 skall packas med 8 överfarer.

Hyttsten av sortering 0/125 skall läggas traktorutbredd, d.v.s. hyttstenen tippas minst 5 m in på en redan traktorutbredd yta.

3.3 Underbyggnad

Fyllning och packning av underbyggnad skall utföras enligt ATB VÄG, avsnitt E5.4.1. Hyttsten klassas som materialtyp 2 vid bestämning av största tillåtna lagertjocklek efter packning av underbyggnad.

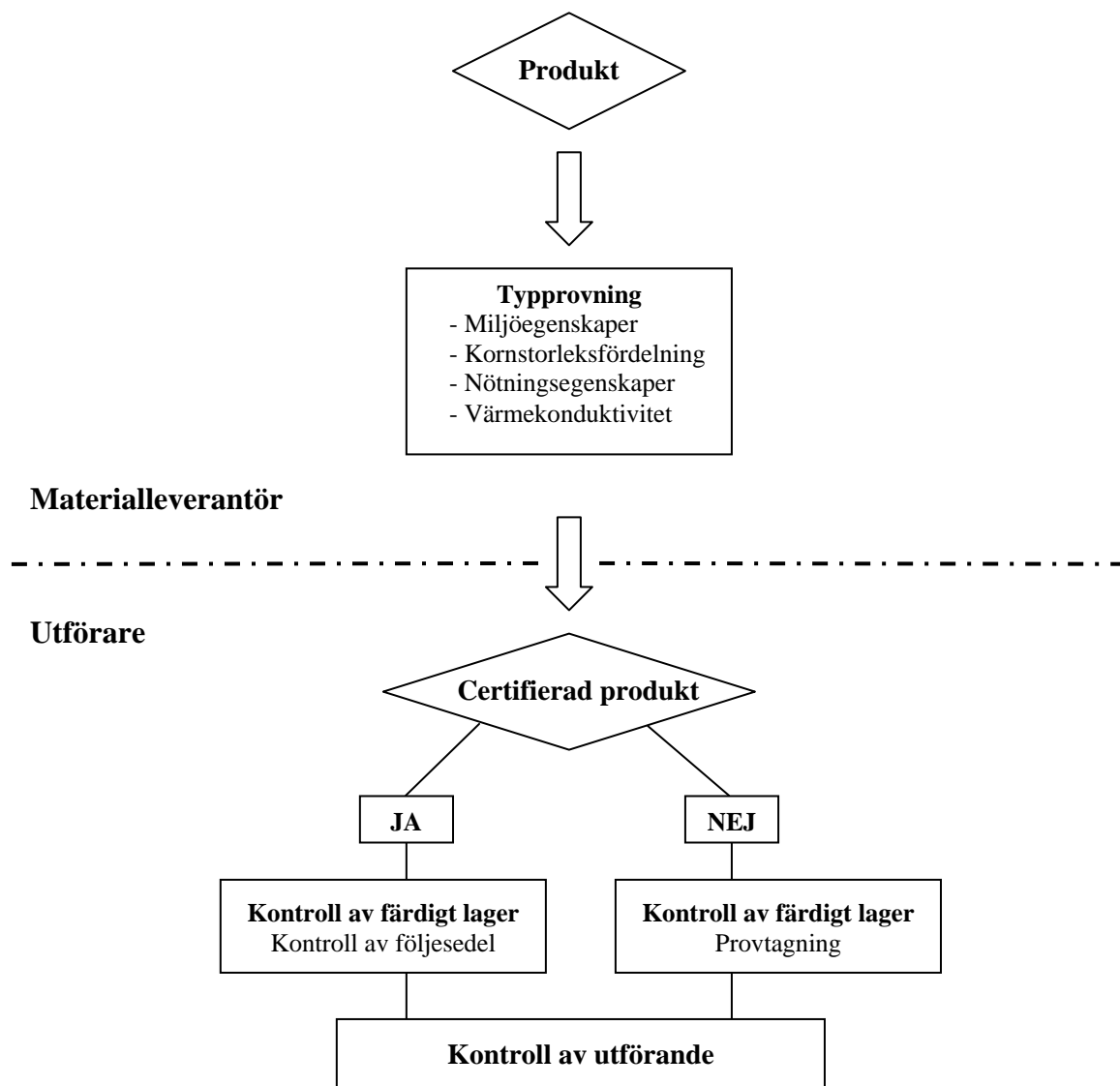
4 REDOVISNING I BYGGHANDLING

På arbetsritning för vägkonstruktioner med hyttsten skall, utöver normal redovisning, en hänvisning göras till denna beskrivning.

5 KONTROLL

5.1 Allmänt

Hyttsten som används i vägkonstruktioner skall ha deklarerade egenskaper enligt avsnitt 5.2 och 5.3 vilket kompletteras med kontroll av färdigt lager enligt avsnitt 5.4.



Figur 5.1-1 Schematisk skiss över krav på kontroll av hyttsten i vägkonstruktion.

5.2 Krav på deklarerade egenskaper

5.2.1 Bärlager till gång- och cykelvägar (sortering 0/31,5)

Hyttsten som används i bärlager till gång- och cykelvägar skall vara deklarerade enligt SS-EN 13242 med tillverkarförsäkran enligt avsnitt A8.1.2.3 (system 4) i ATB VÄG och enligt SS-EN 13285.

Materialegenskaper beskrivna i avsnitt 5.3 skall vara deklarerade.

5.2.2 Förstärkningslager (sortering 0/63)

Hyttsten (sortering 0/63) som används i förstärkningslager skall vara deklarerade enligt SS-EN 13242 med tillverkarförsäkran enligt avsnitt A8.1.2.3 (system 4) i ATB VÄG och enligt SS-EN 13285.

Materialegenskaper beskrivna i avsnitt 5.3 skall vara deklarerade.

5.2.3 Förstärkningslager (sortering 0/125)

Materialegenskaper beskrivna i avsnitt 5.3 skall vara deklarerade.

5.2.4 Skyddslager

Hyttsten med $D < 90$ mm som används i skyddslager skall vara deklarerade enligt SS-EN 13242 med tillverkarförsäkran enligt avsnitt A8.1.2.3 (system 4) i ATB VÄG och enligt SS-EN 13285.

Materialegenskaper beskrivna i avsnitt 5.3.1 och 5.3.2 skall vara deklarerade.

Grövre material, $D > 90$ mm, deklarerar enligt avsnitt 5.3.1 och 5.3.2.

5.2.5 Certifiering av produkter

För att bestyrka egenskaperna avses här att produkten har certifierats av ett organ som ackrediterats av Styrelsen för ackreditering och tekniskt kontroll, SWEDAC, eller av annat ackrediteringsorgan som kan visa att de uppfyller och tillämpar kraven i SS-EN 45010.

Certifierad produkt, se avsnitt A8.1.1 i ATB VÄG.

5.3 Materialegenskaper som skall deklarerars

Nedan angivna materialegenskaper skall typprovras och deklarerars av producenten av hyttstenen.

För icke certifierad produkt skall leverantören följa produktstandard alternativt uppvisa en deklARATION på egenkontroll för nedan nämnda typprovade egenskaper.

5.3.1 Kemisk sammansättning

Totalhaltstest enligt ASTM D3682 alternativt SP 0510 eller motsvarande lämplig metod skall utföras årligen och resultatet deklarerars.

Total svavelhalt enligt ISO 4935 alternativt SP 0658 eller motsvarande lämplig metod skall utföras årligen och resultatet deklarerars. Den totala halten svavel får inte överstiga 2%.

Lakttest enligt kolonntest SIS-CEN/TS 14405 skall utföras årligen och resultatet deklarerars.

Lakttest enligt skakttest SS-EN 12457-3 skall utföras årligen och resultatet deklarerars.

5.3.2 Kornstorleksfördelning

Kornstorleksfördelningen för vald sortering skall uppfylla kraven enligt avsnitt 2 i detta dokument.

För material som ej deklarerars enligt SS-EN 13285 skall kornstorleksfördelningen bestämmas enligt SS-EN 933-1. Prov skall uttas minst en gång per 15 000 ton producerat material. Provningsfrekvensen skall vara minst 2 ggr per år.

5.3.3 Nötningsegenskaper

Micro-Devalvärdet skall uppfylla kraven enligt avsnitt 2 i detta dokument.

Nötningsegenskaper skall bestämmas och deklarerars enligt SS-EN 13242. Provningsfrekvensen skall vara minst 2 ggr per år.

5.3.4 Värmekonduktivitet

Värmekonduktiviteten skall fastställas och deklarerars i naturfuktigt tillstånd enligt ISO 8301 eller ISO 8302. Vattenkvoten hos materialet vid provning skall anges. Provningsfrekvensen skall vara minst 1 gång per 2 år.

5.4 Kontroll på färdigt lager

Provtagning efter utförandet skall utföras på färdig lageryta enligt VVMB 611. Efter provtagning får inte lagerytan justeras eller packas. Proven skall tas på hela lagertjockleken.

Beställare kan, i den omfattning denne önskar, låta föranstalta om ytterligare kontroll än vad som anges nedan.

5.4.1 Icke certifierad produkt

En produktdeklaration enligt avsnitt 5.3 skall redovisas.

Om en icke certifierad produkt används skall mottagningskontroll utföras som innebär kontroll av micro-Devalvärde och kornstorleksfördelning på levererat material.

Micro-Devalvärdet bestäms genom att en viss mängd hyttsten tas ut för analys. Provtagning skall ske enligt provningsmetod VVMB 610. Material till bär- och förstärkningslager skall ha ett micro-Devalvärde på högst 20. Prov skall tas en gång per 2 500 m³ dock minst två per objekt.

Kornstorleksfördelningen skall bestämmas enligt SS-EN 933-1 och skall uppfylla kraven enligt tabell 5.4-1; 5.4-2 respektive 2.3-2, för hyttsten 0/31,5; 0/63 respektive 0/125. Prov skall tas en gång per 2 500 m³ dock minst två per objekt.

Tabell 5.4-1 Krav på kornstorleksfördelning på färdigt lager för hyttsten 0/31,5 i bärlager för gång- och cykelvägar.

<i>Acceptansintervall enskilt värde</i>									
G _C 0/31,5 (D=31,5)									
Sikt mm	0,063	0,5	1	2	4	8	16	31,5	63
Övre, %	7	25	35	45	60	75	90	99	-
Undre, %	2	5	8	13	20	30	50	75	100

Tabell 5.4-2 Krav på kornstorleksfördelning på färdigt lager för hyttsten 0/63 i förstärkningslager.

<i>Acceptansintervall enskilt värde</i>									
G _C 0/63 (D=63)									
Sikt mm	0,063	1	2	4	8	16	31,5	63	125
Övre, %	7	25	35	45	60	75	90	99	-
Undre, %	2	5	8	13	20	30	50	75	100

5.4.2 Certifierad produkt

För hyttsten som är certifierad enligt avsnitt 5.2.5 och 5.3 innebär kontroll på färdigt lager att produkten verifieras vid leverans till arbetsplatsen genom kontroll av följesedel.

5.5 Kontroll av utförande

Kontroll av utförande av färdig lageryta skall alltid göras avseende nivå och bärighet/packning enligt ATB VÄG. Hyttsten indelas i egna kontrollobjekt.

6 REFERENSER

6.1 Lagar och föreskrifter

<i>Titel</i>	<i>Identifikation</i>
Miljöbalken	SFS 1998:808

6.2 Metodbeskrivningar

<i>Titel</i>	<i>Identifikation</i>
Provberedning vid bestämning av nötningsegenskaper för obundna material.	VVMB 610
Provtagning av obundna material	VVMB 611

6.3 Standarder

<i>Titel</i>	<i>Identifikation</i>
Ballast – Geometriska egenskaper – Del 1: Bestämning av kornstorleksfördelning – Siktning	SS-EN 933-1
Ballast - Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 1: Bestämning av nötningsmotstånd (micro-Deval)	SS-EN 1097-1
Karaktärisering av avfall – Bestämning av lakegenskaper – Uppströms perkolationstest (under bestämda förhållanden)	SIS-CEN/TS 14405
Karaktärisering av avfall - Lakttest - Kontrolltest för utlakning från granulära material och slam - Del 3: Tvåstegs skaktest vid L/S 2 l/kg och L/S 8 l/kg för material med hög fastfashalt och med partikelstorlek mindre än 4 mm (utan eller med nedkrossning)	SS-EN 12457-3
Byggmaterials och byggprodukters termiska egenskaper – Bestämning av värmemotstånd med hjälp av plattapparat med skyddzon och värmeflödesapparat – Torra och fuktiga produkter med medelstort och litet värmemotstånd	SS-EN 12664
Ballast för obundna och hydrauliskt bundna material till väg- och anläggningsbyggande	SS-EN 13242

Obundna material – specifikation	SS-EN 13285
Allmänna krav för bedömning och ackreditering av certifieringsorgan (ISO/IEC Guide 61:1996)	SS-EN 45010
Thermal insulation -- Determination of steady-state thermal resistance and related properties -- Heat flow meter apparatus	ISO 8301
Thermal insulation -- Determination of steady-state thermal resistance and related properties -- Guarded hot plate apparatus	ISO 8302
Steel and iron -- Determination of sulphur content -- Infrared absorption method after combustion in an induction furnace	ISO 4935
Standard Test Method for Major and Minor Elements in Combustion Residues from Coal Utilization Processes	ASTM D3682
Fasta bränslen och askor - bestämning av Al, Si, Fe, Mn, Ti, Mg, Ca, Ba, P, Na och K.	SP 0510
Cement, oxidiska material mm - bestämning av svavel.	SP 0658

6.4 Övriga skrifter

Titel

Arm M, Egenskaper hos alternativa ballastmaterial, - speciellt slaggrus, krossad betong och hyttsten, Lic-rapport KTH, Avdelningen för mark- och vattenresurslära, Stockholm 2000

Arvidsson H, Treaxiell provning av hyttsten och granulerad hyttand, Väg- och banteknik, projektnummer 60636, VTI notat 53 - 2001

Carlsson T, Miljöväg 94, Arboga, MEROX Oxelösund 1997.

Ewertson C, Schouenborg B, Aurstad J, Provningsmetoder anpassade för återvinningsmaterial, Sprödhet, NORDTEST Projekt nr 1393-97, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Byggnadsteknik. SP-rapport 2000:14

Höbeda P, Ydrevik K, Arvidsson H, Bedömning av hyttsten som förstärkningslager genom dynamiskt treaxialförsök, projektnummer 60289, VTI notat 9 - 1995

Lind L, Sorption of Phosphorus and Heavy metals on blast furnace slag. SSAB Merox, 2001 (?)

Lindgren Å, Road Construction Materials as a Source of Pollutants, Department of Environmental Engineering, Division of Traffic Engineering, Doctoral Thesis 1998:05, Luleå University of Technology 1998

Lindmark Å, Ullberg J, Inriktning för användning av hyttsten vid vägbyggnad inom region norr, Dnr AL10 2003:613, 2003-03-03

Mårtensson B, Hyttsten som förstärkningslager, analys av fallviktsdata, VV konsult, KBB, 2003-09-22

Provningsmetoder för alternativa material till vägunderbyggnad, Vägverket, ISSN 1401, VV publ 2001:34

Rogbeck, Elander 1995, VÄG E4 Nyköpingsbro-Jönåker. Miljökonsekvenser vid användning av hyttsten, 1995-01-17, SGI, Linköping

Schouenborg B., Aurstad J., Hagnestål L., Petursson P., och Winblad J. Test methods adapted for alternative and recycled, porous aggregate materials, Part 3 – Water absorption, NORDTEST Project No. 1531-01, SP Swedish National Testing and Research Institute, Building Technology, SP-rapport 2003:24

Schouenborg B, Andersson H, Arm M, Carling M, Provningsmetoder för alternativa material till vägunderbyggnad. Denna rapport finns också i en bearbetad och avkortad version utgiven av vägverket (se ovan), SP-rapport 1999:44

Stenberg F, Schouenborg B, Provningsmetoder anpassade för återvinningsmaterial, Kornstorleksfördelning, NORDTEST Projekt nr 1292-96, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Byggnadsteknik, SP-rapport 1997:08

Tossavainen M, Leaching Behaviour of Rock Materials and a Comparison with Slag Used in Road Construction, Lic-avhandling 2000:23 Luleå tekniska universitet

Ullberg, J, Sundberg S, Provsträckor med alternativa material, Väg 597/597.01 Björnsbyvägen, Resultat av fältundersökningar 1997-2001, VV konsult KBB, VV region norr, januari 2002

Ydrevik K, Utlåtande angående några sekundära mineraliska materials mekaniska egenskaper - Järnsand, masugnsslagg samt gråberg, 1998, VTI-utlåtande nr 652, 1998-03-05

HYTTSTENS MILJÖEGENSKAPER

Alla material har en miljöpåverkan

Alla vägbyggnadsmaterial har en viss påverkan på sin omgivande miljö, så även naturmaterial, vars miljöpåverkan hittills inte kvantifierats. Den centrala frågan då hyttstenens omgivningspåverkan skall bedömas blir då om denna påverkan är större eller mindre än för naturliga material.

Utförda laboratorieanalyser

De analyser som utförts där hyttsten jämförs med naturmaterial är till antalet få. Undersökningar har utförts av Tossavainen där tillgänglighetstest (NT ENVIR 003 som visar utlakningen på mycket lång sikt) utförts på hyttsten samt ett antal naturliga material. Analysen visade att totalhalten av spårämnen ofta är lägre eller lika hos hyttsten jämfört med naturliga material (halten vanadin är högre i hyttsten). Den procentuella utlakningen av dessa spårämnen från hyttsten var högre än hos naturmaterial, men detta kompenseras av de lägre totalhalterna, varför den totala utlakningen var lägre från hyttsten än från naturliga material.

För att få en bättre bild av hyttstenens miljöpåverkan jämfört med naturmaterialen bör ovanstående tillgänglighetstest kompletteras med laktester i form av kolonntester och skaktester, som skall simulera utlakningen under ett kortare tidsperspektiv än för tillgänglighetstesterna. Sådana analysresultat finns ej för närvarande men kommer förmodligen att framkomma i framtiden, varvid kunskapen om hyttstenens miljöpåverkan ökar, speciellt i förhållande till naturliga material och moräner.

Buffrande förmåga

Hyttsten har vissa tekniska egenskaper och miljöegenskaper som skiljer den från naturliga material. En sådan miljöegenskap är dess pH-buffrande förmåga, d.v.s. den kan motstå pH-förändringar och uppkomst av surt lakvatten. Då hyttsten utsätts för atmosfärens påverkan och vatten reagerar en del av de ingående sulfiderna varvid det ingående svavlet oxideras till sulfatjoner och vätejoner. Vätejoner ger i regel upphov till ett surt lakvatten men neutraliseras här av hyttstenens basiska oxider, bl.a. CaO (kalk). Hyttsten kan också p.g.a. dessa egenskaper användas i bearbetad form som filtermaterial för att absorbera fosfor och metaller.

Som jämförelse kan nämnas att samma kemiska reaktion som beskrivs ovan sker då schaktningsarbeten av sulfidjordar utförs, dock utan den neutraliserande effekten, varvid det sura lakvattnet kan lösa ut metaller ur sulfidjordarna. Detta motiverar i vissa fall speciella skyddsåtgärder och kontrollprogram vid arbete med sulfidjordar för att undvika höga metallhalter i lakvattnet.