



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT  
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE



## Handbok

Slaggrus i väg- och anläggningsarbeten



Information 18:5

LINKÖPING 2006

LULEÅ  
TEKNISKA  
UNIVERSITET





STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT  
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

# Information 18:5

## Handbok

### Slaggrus i väg- och anläggningsarbeten

MARIA ARM

Denna rapport är även RVF rapport 2006:08.

<b>Information</b>	Statens geotekniska institut (SGI) 581 93 Linköping
Beställning	SGI Informationstjänsten Tel: 013-20 18 04 Fax: 013-20 19 09 E-post: <a href="mailto:info@swedgeo.se">info@swedgeo.se</a> Internet: <a href="http://www.sgi.swedgeo.se">www.sgi.swedgeo.se</a>
ISSN	0281-7578
ISRN	SGI-INF--06/18--SE
Projektnummer SGI	I2077
Dnr SGI	I-0404-0318
Upplaga	I300
Pris	300 SEK, exkl moms (6 %)

# Förord

Denna handbok behandlar slaggrus och ingår i en serie handböcker för alternativa väg- och anläggningsmaterial (SGI:s informationsserie Nr 18). Handböckerna har tagits fram av olika arbetsgrupper i vilka minst en representant från Statens geotekniska institut (SGI) eller Luleå tekniska universitet (LTU) har medverkat.

Handböckerna har utarbetats i anslutning till ett branschgemensamt projekt avseende alternativa material i väg- och anläggningsbyggnad, som SGI har drivit i samarbete med LTU. Arbetet har finansierats av Vägverket, Banverket, Renhållningsverksföreningen (RVF), Svenska Energiaskor, Vägverket Produktion, LTU, SGI, Svenska byggbranschens utvecklingsfond (SBUF), Ragnsells, Svensk Däckåtervinning, HAS Consult AS, Boliden Mineral AB, Vargön Alloys AB samt Holmen Skog AB. Till projektet har knutits arbetsgrupper för olika kapitel samt en bred referensgrupp med miljö- och/eller teknikkompetens från Vägverket, länsstyrelser, FoU-institut, konsult eller entreprenadbolag samt producenter av material. Ett 60-tal personer har varit involverade i projektet.

Syftet med det branschgemensamma projektet är att skapa ett gemensamt förhållningssätt till användning av alternativa material ur teknisk, miljömässig och juridisk synvinkel. De ska förbättra kunskapsunderlaget för användning av alternativa material i väg- och anläggningsverksamhet och därmed möjliggöra hushållning med naturresurser. En metodik beskrivs för att sortera ut om ett material är lämpligt eller inte för användning i ett specifikt objekt.

Denna handbok baseras på vunnit kunskap om svenskt slaggrus och vänder sig till konsulter och entreprenörer, men också till väghållare, myndigheter och materialägare. Den har utarbetats av Maria Arm, SGI. Raul Grönholm (SYSAV) har bistått med beskrivning av utförda industriytor. Arbetet med handboken har följts av en referensgrupp där Raul Grönholm (som representant för RVF), Karl-Johan Lorents (VTI), Claes Ribbing (Sv Energiaskor) och Bo Svedberg (Ecoloop) har medverkat. Handboken har finansierats av RVF.

Linköping i maj 2006

Statens geotekniska institut

LTU, Institutionen för samhällsbyggnadsteknik



# Innehållsförteckning

<b>Förord</b>	3
<b>1 Inledning</b>	6
1.1 Definitioner och begrepp	6
1.1.1 Beteckningar	6
1.1.2 Benämningar	6
1.2 Materialbeskrivning	6
1.3 Materialegenskaper	8
1.3.1 Fysikaliska materialegenskaper	8
1.3.2 Kemiska materialegenskaper	10
1.3.3 Exempel på uppmätta materialparametrar	12
1.4 Användningsområden	12
<b>2 Projekteringsförutsättningar</b>	14
2.1 Miljöbedömning	14
2.2 Materialkvaliteter	14
2.3 Dimensioneringsförutsättningar	14
2.4 Dimensionering efter funktionskrav	15
2.4.1 Bärförmåga och styvhet	15
2.4.2 Stabilitet	15
2.4.3 Beständighet	15
2.4.4 Begränsning av tjällyftning	15
2.5 Dimensionering efter materialkrav	16
2.5.1 Krav på material till förstärkningslager	16
2.5.2 Krav på material till skyddslager	16
2.5.3 Krav på material till underbyggnad	16
2.5.4 Krav på material till fyllning	16
2.6 Konstruktiv utformning	16
<b>3 Redovisning i bygghandling</b>	17
<b>4 Utförande</b>	18
<b>5 Drift och underhåll</b>	19
<b>6 Återbruk, deponering eller överlåtelse</b>	20
<b>7 Kvalitetskrav och kontroll</b>	21
<b>8 Referenser och fördjupningslitteratur</b>	22
<b>Bilaga Exempel på utförda objekt:</b>	
1:1 Törringevägen – förstärkningslager i gata	26
1:2 Malmö – förstärkningslager i parkeringsplatser	31
1:3 Malmö – fyllning och rörgravstäckning	34
1:4 Umeå – förstärkningslager i transportväg på deponi	36
1:5 Uppsala – förstärkningslager i transportväg på deponi	39

# 1. Inledning

”  
*Slaggrus ser ut som gråsvart sandigt grus och har liknande fysikaliska/geotekniska egenskaper.*

Slaggrus är avfallsbranschens namn på förädlad bottenaska från förbränning av hushålls- och industriavfall i en rosterpanna. Förädlingen innebär bland annat att magnetiska metallpartiklar i askan har sorterats bort och att den har lagrats en viss tid utomhus. Materialets egenskaper påverkas av avfallet, förbränningsprocessen och lagringen och varierar alltså mellan olika anläggningar. Därför bör varje materialbedömning bygga på aktuella data från den berörda anläggningen.

Slaggrus ser ut som gråsvart sandigt grus och har liknande fysikaliska/geotekniska egenskaper. På grund av framställningssättet är materialet poröst, vilket gör det något lättare och mer isolerande än grus. Den porösa karaktären gör även att materialet är mindre motståndskraftigt mot slag och nötning. Egenskaperna innebär att slaggrus kan ersätta grus och sand och i vissa fall krossat berg i olika anläggningsarbeten. I vägar kan slaggrus användas till exempel som underbyggnad, skyddslager och i vägar med tillräckligt tjockt asfaltlager även som förstärkningslager.

Eftersom slaggrus är en restprodukt från avfallsförbränning betraktas det idag som ett avfall i juridisk mening.

## 1.1 Definitioner och begrepp

### 1.1.1 Beteckningar

ATB VÄG	Allmän teknisk beskrivning, som innehåller Vägverkets krav vid upphandling av vägobjekt.
SS	Svensk standard
VVMB	Vägverkets metodbeskrivningar

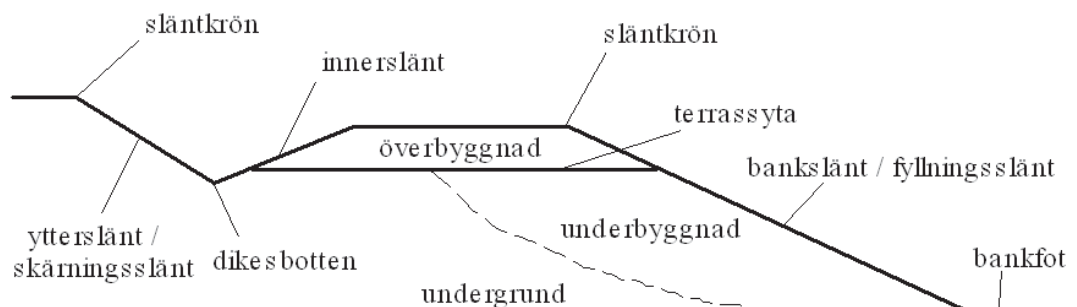
### 1.1.2 Benämningar

Olika delar i en vägkonstruktion benämns enligt Figur 1. En vägöverbyggnad kan delas in ytterligare enligt Figur 2.

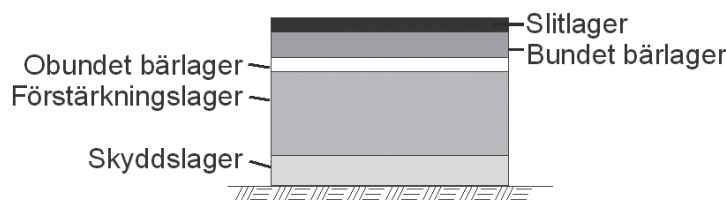
Begrepp som används i denna handbok förklaras på nästa sida.

## 1.2 Materialbeskrivning

Årligen genereras cirka en halv miljon ton bottenaska i samband med förbränning av hushålls- och industriavfall för energiproduktion i Sverige. På vissa anläggningar förädlas askan regelbundet till slaggrus. Förädlingen varierar mellan olika anläggningar, men innebär minst



Figur 1:  
Delar i en vägkonstruktion (ATB VÄG).



Figur 2:  
Principiell uppbyggnad av en överbyggnad (ATB VÄG).

Terrass - Materialtyp 2 - 6



<b>Bottenaska</b>	Restmaterial som tas ut i botten av pannan vid förbränning av fasta bränslen.
<b>Bundet lager</b>	Materiallager som är blandat med bindemedel av cement eller bitumen.
<b>Fallviktsmätning</b>	Belastningsförsök i fält för att bestämma ett lagers eller en konstruktions styvhet, beskrivs i VVMB 112:1998
<b>Finmaterialhalt</b>	Halt material med kornstorlek mindre än 0,063 mm, dvs. mineraljordsfraktionerna ler och silt. Anges i viktprocent.
<b>Fyllning</b>	Tillfört material som används i underbyggnad eller sidokonstruktioner som till exempel tryckbankar och bullervallar.
<b>Graderingstal</b>	Ett mått på kornstorleksfördelningen. Kvoten mellan $d_{60}$ och $d_{10}$ . $D_{60}$ innebär den sikt genom vilken 60 viktprocent av det siktade materialet passerar. Betecknas med $c_u$ .
<b>Optimal vattenkvot</b>	Den vattenkvot vid vilken ett material får maximal torr skrymdensitet vid tung laboratoriepackning. Anges i viktprocent.
<b>Porositet</b>	Förhållandet mellan porvolym och den totala volymen. Anges i procent.
<b>Slaggrus</b>	Sorterad och lagrad bottenaska från förbränning av hushålls- och industriavfall i en rosterpanna. Sorteringen innebär bland annat att partiklar med större diameter än ca 45 mm samt magnetiska partiklar avskiljs. Lagringen innebär utomhuslagring i minst sex månader.
<b>Styvhetsmodul</b>	Samband mellan spänning och töjning som ger ett mått på motståndet mot elastiska deformationer. Betecknas ibland med $M_s$ . Anges i MPa.
<b>Terrassyta</b>	Den yta som bildas vid planering av de i huvudsak naturliga jord- och bergmassorna i en väglinje. Terrassytan bildar gräns mellan över- och underbyggnaden eller mellan överbyggnad och undergrund (Figur 1).
<b>Torrdensitet</b>	Kvoten mellan ett materials fasta massa och totala volym. Anges i $t/m^3$ .
<b>Underbyggnad</b>	Del av vägkonstruktion mellan undergrund och terrassyta. I underbyggnad ingår i huvudsak tillförda jord- och bergmassor (Figur 1).
<b>Undergrund</b>	Del av mark till vilken last överförs från grundkonstruktionen för en byggnad, en bro, en vägkropp eller liknande (Figur 1).
<b>Vattenkvot</b>	Kvoten mellan det ingående vattnets vikt och den vattenfria massans vikt (i en viss materialmängd). Anges i viktprocent.
<b>Vägkonstruktion</b>	I en vägkonstruktion ingår vägkropp med undergrund, diken, avvattningsanordningar, slänter och andra väganordningar (Figur 1).
<b>Vägkropp</b>	Samlingsnamn för vägunderbyggnad och vägöverbyggnad (Figur 1).
<b>Välgraderat material</b>	Material med graderingstal större än 15, dvs. med lång och flack kornstorleksfördelningskurva.
<b>Värmekonduktivitet</b>	Värmeledningsförmåga eller värmeledningstal. Den värmemängd i Joule som på 1 sekund leds genom $1\text{ m}^2$ av ett 1 meter tjockt materiallager då temperaturskillnaden mellan materialets ytor är $1\text{ }^\circ\text{C}$ . Betecknas med $\lambda$ och anges i $\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$
<b>Överbyggnad</b>	Den del av vägkonstruktionen som ligger ovanför terrassytan (Figur 1 och Figur 2).



**Figur 3:**  
Upplag med slaggrus.

att magnetiskt material och partiklar som är grövre än ca 45 mm sorteras bort och att askan lagras en viss tid utomhus. På vissa anläggningar sorteras även icke-magnetisk metall och eventuellt kvarvarande brännbart material bort.

Under lagringen pågår kemiska reaktioner – oxidation av metaller och karbonatisering av hydroxider – som ökar partiklarnas hårdhet, sänker pH i materialet och reducerar utlakningen av föroreningar.

Det är viktigt att bottenaskan inte blandas med rökgasreningss rester eftersom dessa innehåller miljöstörande ämnen i större omfattning.

### 1.3 Materialegenskaper

Slaggrusets egenskaper påverkas av avfallet, förbränningsprocessen, sorteringen och lagringen. *Avfallet* påverkar slaggrusets homogenitet och innehåll av miljöbelastande ämnen. *Förbränningsprocessen* påverkar slaggrusets kemiska sammansättning, organiska innehåll, kornstorlek och vatteninnehåll. *Sorteringen/siktningen* påverkar slaggrusets kornstorlek och tillsammans med *lagringen* materialets styvhet och bärförmåga samt lakegenskaper.

#### 1.3.1 Fysikaliska materialegenskaper

Slaggrus ser ut som gråsvart sandigt grus och har liknande fysikaliska/geotekniska egenskaper. På grund av framställningssättet är materialet poröst. Det gör att det är något lättare än grus och har dessutom bättre isolerande egenskaper på grund av sin låga värmekonduktivitet. Den porösa karaktären gör även att materi-



**Figur 4:** Schakt i slaggrus.

alet är mindre motståndskraftigt mot slag och nötning så att det krossas vid direkt trafikering med tunga fordon, t ex omfattande byggtrafik, och vid oförsiktig packning.

#### Kornstorleksfördelning

Materialet kan i sin grundform betecknas som välgraderat med största kornstorlek ca 45 mm (Figur 5), men denna kornstorleksfördelning förändras när vissa delfraktioner sorteras bort vid ytterligare metallavskiljning eller framtagande av dräneringsmaterial.

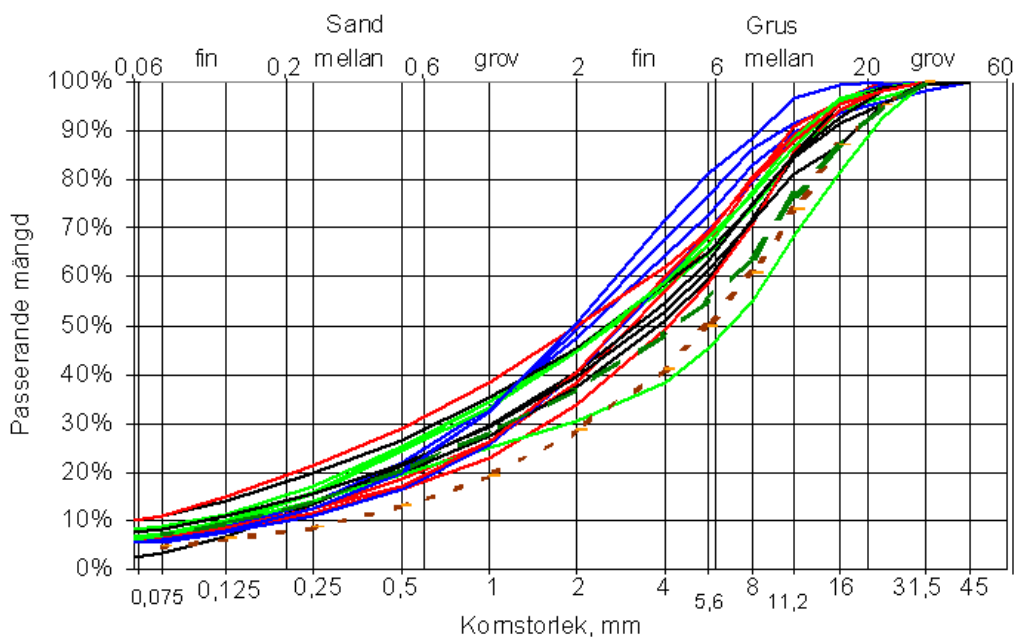
#### Styvhet och bärförmåga

Vid *fallviktsmätning* får lager av slaggrus lägre lagermodul än krossat berg som uppfyller ATB VÄG:s krav för förstärkningslager. Vid uppföljningar av slaggrusprovvägar i Umeå och Malmö var slaggrusets styvhet ca 70 % av bergkrossmaterialets styvhet (Arm, 2005). Eftersom lagermoduler från fallviktsmätning är beroende av konstruktionens övriga lagers egenskaper kan inte något ”slaggrusvärde” anges.

Styvheten för ett lager med slaggrus bestämd vid belastningsförsök (*dynamiska treaxialförsök*) i laboratorium varierar mellan 70 och 300 MPa beroende på lastförhållanden, producerande anläggning och produktionsperiod (Arm, 2003).

Deformationsegenskaperna påverkas mycket av innehållet av nedbrytbart och kompressibelt organiskt material, dvs en hög halt av ofullständigt förbränt material försämrar. En sänkning av halten oförbränt från 9 till 4 % bestämd med glödning vid 550 °C kan ge en fördubbling av den laboratoriebestämda styvheten (Arm, 2000).

”  
*Deformations-  
egenskaperna  
påverkas myck-  
et av innehållet  
av nedbrytbart  
och kompressi-  
belt organiskt  
material,*



**Figur 5:** Exempel på kornstorleksfördelningskurvor för slaggrus utan bortsortering av delfraktioner. Prov från fem svenska anläggningar.

### Packningsegenskaper

För att kunna utnyttja slaggrusets bärförmåga och styvhet till fullo måste det packas till ett stabilt lager. Det kräver att underlaget är tillräckligt stumt, att materialet har ett lämpligt vatteninnehåll och att packningsredskapet är lämpligt.

Slaggrus har andra packningsegenskaper än naturmaterial med motsvarande kornstorlek. Det är ett poröst material med lägre torrdenstet och mycket högre optimal vattenkvot än konventionellt vägmateriel. Maximal torrdenstet bestämd med tung laboratoriepackning (modifierad proctor) varierar mellan 1,4 och 1,8 t/m<sup>3</sup>. Optimal vattenkvot bestämd med samma metod varierar mellan 14 och 20 %. Motsvarande värden för grus brukar ligga runt 2,2 t/m<sup>3</sup> respektive 5 % (Figur 6).

En följd av den porösa karaktären är att tung instampning vid bestämning av packningsegenskaper har gett betydande nedkrossning (Vägverket, 2001). Vid utförda fältförsök har

dock inte nedkrossningen blivit lika omfattande, vilket kan bero på att tung laboratoriepackning innebär ett mycket kraftigt packningsarbete som sällan uppnås i fält. Vid utförda fältförsök har man också konstaterat stor variation i packbarhet och inverkan av vattenkvot mellan olika slaggrus, där längre lagringstid har inneburit större vattenberoende och större nedkrossning. (Vägverket, 2001).

### Beständighet

Långtidsbeständigheten för slaggrus i fält har studerats i en provväg i Malmö och det har visats att styvheten mätt med fallvikt bestått under de gångna sex åren (Arm, 2005). Fortsatt uppföljning är planerad.

Vid provning med standardiserade laboratoriemetoder får slaggrus sämre beständighetsvärden än godkända naturmaterial. Det visar sig i form av större finmaterialbildning vid nötning och slag och större sönderfall vid upprepade temperaturväxlingar (Tabell 1). De standardiserade laboratoriemetoderna för provning av

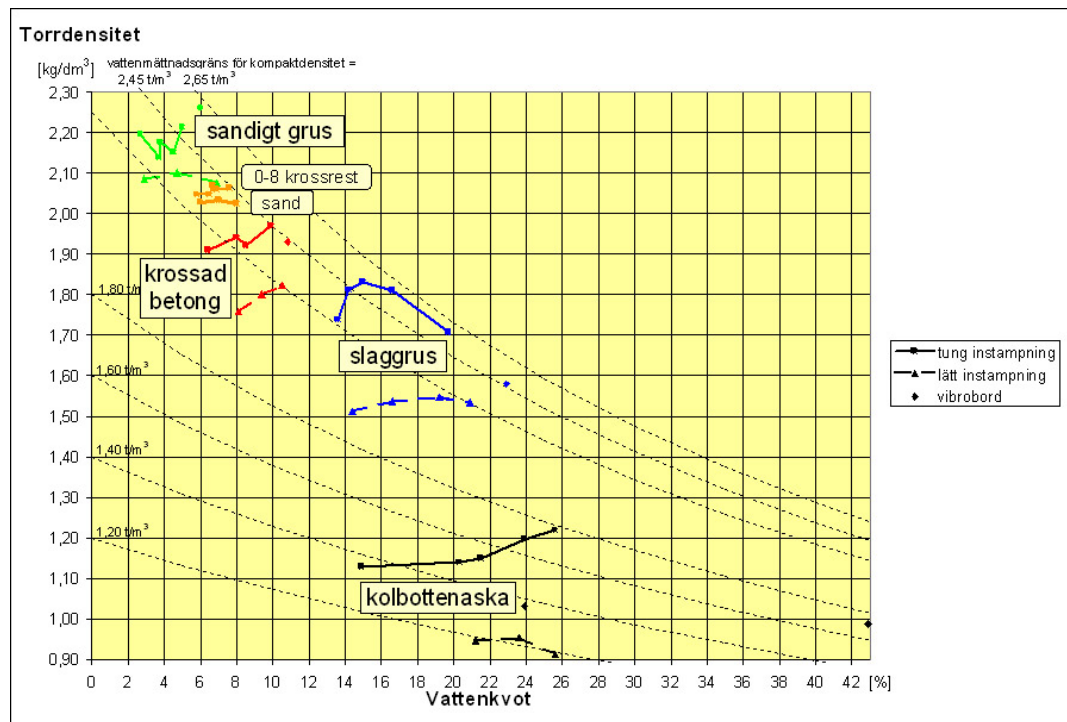
”  
Slaggrus har andra packningsegenskaper än naturmaterial med motsvarande kornstorlek.

Material	Mekanisk påverkan		Termisk påverkan Sönderfall (%) vid frys-töförsök med vatten
	Los Angelesstal (%) 10–14 mm	Micro-Deval-värde (%)	
Slaggrus	10–90 <sup>1</sup> med typiska värden kring 40–55	26–39 <sup>2</sup>	1–8 <sup>2</sup>
Krossat berg	11–53 <sup>1</sup>		0–ca 1,2 <sup>1</sup>
Sandigt grus (ett prov) <sup>3</sup>	23	6	0,1

**Tabell 1:** Resultat från beständighetsprovningar i laboratorium

<sup>1</sup> Arm, 2000. <sup>2</sup> Arm, 2003. <sup>3</sup> Vägverket, 2001.

**Figur 6:**  
Exempel på packningskurvor för slaggrus och andra material (Vägverket, 2001).



beständighet mot nötning och slag är dock ursprungligen utvecklade för att välja ut lämpligt stenmaterial till beläggningsmassor och slitlager och har i olika forskningsprojekt bedömts som olämpliga för att värdera så kallade alternativa obundna material som slaggrus (TRL, 2000).

Eftersom slaggrus är mer poröst än grus och krossat berg kan omfattande byggtrafik på ett utlagt slaggruslager ge nedkrossning och öka mängden finmaterial, vilket kan ge problem vid regnig väderlek. När vägen väl är färdigbyggd äger ingen ytterligare nedbrytning på grund av mekanisk påverkan rum, om vägen är rätt dimensionerad.

De nämnda beständighetsegenskaperna gör att slaggrus inte är lämpligt som slitlager.

### 1.3.2 Kemiska materialegenskaper

Tidigare undersökningar av slaggrus har visat att innehållet av miljöbelastande ämnen varierar mellan olika anläggningar och mellan olika årstider (Fällman, 2000).

#### Kemisk sammansättning

Huvudbeståndsdelarna i slaggrus är kisel, järn, kalcium och aluminium. Dessa ämnen förekommer i samma utsträckning i slaggrus som i jordskorpan. Klor, zink, koppar, bly och krom finns ofta i högre halter i slaggrus eftersom de utgör huvudkomponenter i tillverkade produkter som så småningom blir avfall. Halterna av zink, koppar, bly och krom är i

svenskt slaggrus av storleksordningen 0,1–1 % av slaggmängden (Fällman et al, 1999).

#### Potentiellt lakbar mängd

Lakteter i laboratorium visar att det är främst zink, koppar och kadmium som är *potentiellt lakbara spårämnen*. Vid oxiderande förhållanden ökar den potentiellt lakbara halten krom. Det är också dessa ämnen tillsammans med bly som skiljer mest vid en jämförelse med potentiellt lakbara ämnen från ett naturmaterial såsom granit. Utlakade mängder av oorganiska ämnen överstiger normalt bakgrunds nivåer i grundvatten med en förhöjning motsvarande ca 10 ggr och i något fall upp till 100 ggr (Hartlén & Flyhammar, 2000).

#### Tids- och pH-beroende lakning

Vid lakteter som tar hänsyn till vattentillgång och därigenom tar hänsyn till tidsaspekten, till exempel skaktest, lakar zink och bly ut i mycket små mängder, dvs. de har ett långsamt lakningsförlopp. Sulfat och klorid som är lättlösliga joner lakar ut snabbt.

#### Jämförelse med beräknade generella riktvärden

I rapporten "Miljöriktlinjer för askanvändning i anläggningsbyggande" (Bendz et al, 2006c) finns förslag till generella riktvärden för totalhalter och lakbarhet av vissa ämnen i askan. Riktvärdena grundar sig på de principer och metoder som använts för riktvärden för förorenad mark samt för acceptanskriterier för mottagning av avfall i olika deponiklasser.

”  
Huvudbeståndsdelarna i slaggrus är kisel, järn, kalcium och aluminium.

**När det enskilda vägobjektet avviker mycket från rapportens generella modell, t ex vid mindre utspädning eller vid ett tjockare lager aska, kan inte rapportens generella riktvärden användas utan en platsspecifik beräkning måste göras.**

Jämförelser mellan de beräknade generella riktvärdena och kända slaggrusdata har visat att innehållet av kadmium, krom, kvicksilver, nickel och zink utgör ringa risk för miljöskador vid användning i anläggningsbyggande, men dataunderlaget är begränsat.

De miljöparametrar som är speciellt intressanta för slaggrus är arsenik-, sulfat-, klorid- och antimoninnehållet. De generella arsenikvärden som bör underskrivas för slaggrus i **belagd** väg är 290 mg/kg TS samt 8 mg/l vid L/S10. Kända halter och lakresultat för slaggrus understiger dessa värden. Innehållet av sulfater och klorider kan begränsa användningsmöjligheten i konstruktioner med stor infiltration. (Bendz et al, 2006c).

Effekten av damning på ätliga växter kan vara kritisk och om det finns risk för oavsiktligt intag av slaggrus eller för att ätliga växter kommer att växa i slaggrus bör det tas bort efter användandets upphörande och återanvändas på annan plats eller deponeras (Bendz et al, 2006c).

### **Behandlingsmetoder för att förbättra lakegenskaperna**

Man har undersökt olika metoder att behandla slaggrus för att förbättra lakegenskaperna. En metod är karbonatstabilisering, som innebär att blöt aska exponeras för koldioxidatmosfär. En sådan behandling minskar läckaget av vissa ämnen, t ex koppar, men ökar rörligheten av exempelvis bly. Kloridernas stora rörlighet påverkas däremot inte. Sammansättning, pH mm. hos den enskilda askan har stor betydelse för resultatet (Todorovic, 2004).

En annan behandling är stabilisering med skumbitumen som innebär att slaggruspartiklarna beläggs med en bitumenhinna. Behandlingen ger partiklarna kohesiva och hydrofoba egenskaper. Den specifika ytan halveras på detta sätt och ger en minskad lakning av lättlösliga ämnen (Cl, S, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, Sb och Ca). För övriga ämnen är resultatet inte helt entydigt utan beror på laktestmetoden. Vidare gör skumbitumenstabiliseringen att syra/bas-buffringkapaciteten minskar medan hållfastheten uttryckt som styvhet och stabilitet ökar (Bendz et al, 2006b).

### **Fältresultat**

I några fall har det gjorts lakvatteninsamling i fält från provvägar byggda med slaggrus i vägkroppen. I ett objekt som byggdes i Malmö i slutet på 1980-talet innehöll lakvattnet från en slaggrussträcka och en referenssträcka med bergkross ungefär samma mängd metaller. Vidare var transporten av metaller och salter i dagvattnet av samma storleksordning som utlakningen från slaggruslänterna, vilket förklaras av lakning från olika typer av slitageprodukter t.ex. från fordon, jord- och skogsbruk (Kullberg, 1990).

I en provväg utanför Umeå från 2001 visar resultaten att spridningen av ämnen från slaggruset blir liten på kort sikt. Endast låga halter av organiska ämnen har kunnat fastställas i utlakningsvattnet från vägen under de tre år som provtagning pågick. Organiska ämnen har konstaterats laka ut i större utsträckning från provvägen än från referensvägen, men i totalt sett små mängder. Utlakningen av klorid och sulfat är dock omfattande (Lind et al, 2005). För samma provväg konstaterar Lidelöw (2004) att vägkonstruktionens design och platsspecifika miljöförhållanden, till exempel infiltrationsmängder, varierande vattenmättnad, pH- och redoxförändringar, har stor betydelse för möjlig miljöpåverkan.

I en asfaltbelagd väg har vägslänterna stor betydelse som transportväg för vatten, koldioxid och syre mellan bottenaskan och omgivningen. Vid upprävning av en 16 år gammal slaggrusväg i Linköping konstaterades att en betydande utlakning av lättlösliga ämnen såsom SO<sub>4</sub>, Ca, K, Na, Cl, Mg och Mo hade ägt rum sedan vägen byggdes. Fördelningen av lättlösliga ämnen, konduktivitet, pH och DOC mellan vägsektionens olika bottenaskprover tydde på att lösta ämnen diffunderat från vägens mitt ut mot vägens slänter där vertikal advektiv transport med infiltrerande vatten från vägbanans ytavrinning dominerat. Man noterade också karbonatiserings- och redoxfronter, som tolkades som att syre och atmosfärisk koldioxid diffunderat från vägens slänter in i vägkroppen. Vid analys av den underliggande jorden överskreds kriterierna för känslig markanvändning i ett fåtal provpunkter, men eftersom undergrunden bestod av utfyllnadsmassor med okänt ursprung kan inga slutsatser angående orsaken till detta dras (Bendz et al, 2006a).

”

*De miljöparametrar som är speciellt intressanta för slaggrus är arsenik-, sulfat-, klorid- och antimoninnehållet.*

”

*Vägkonstruktionens design och platsspecifika miljöförhållanden, har stor betydelse för möjlig miljöpåverkan.*

”  
Slaggrus har använts i många år som väg- och anläggningsmaterial i Danmark, Nederländerna och andra europeiska länder.

### 1.3.3 Exempel på uppmätta materialparametrar

I Tabell 2, 3 och 5 ges exempel på uppmätta materialparametrar för svenskt slaggrus. Syftet är att ge en grov indikation på storleksordningen för respektive egenskap. Intervallen visar variationen på grund av ursprung, lagringstäthet med mera.

### 1.4 Användningsområden

De tidigare nämnda egenskaperna innebär att slaggrus kan ersätta grus och sand och i vissa fall krossat berg i olika anläggningsarbeten. I vägar, gator, industriytor och parkeringsytor kan slaggrus användas i de obundna lagren, till exempel som underbyggnad, skyddslager och i vissa fall förstärkningslager. Det kan också användas som fyllningsmaterial. (Tabell 4).

Slaggrus har använts i många år som väg- och anläggningsmaterial i Danmark, Nederländerna och andra europeiska länder. I Sverige gjordes några provtytor redan på 1980-talet och under de senaste tio åren har det utförts en handfull objekt, till exempel gator, parkeringsytor och industriytor, huvudsakligen i Skåne (Bilaga).

**Tabell 2: Exempel på kemisk sammansättning för slaggrus från fem svenska anläggningar (efter RVF, 2002).**

Förening	medelv. av 38 st prov	Totalhalt (%) variationsbredd
SiO <sub>2</sub>	44,7	24,7 – 58,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,9	9,37 – 12,9
CaO	13,5	9,09 – 38,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,7	5,98 – 11,6
K <sub>2</sub> O	1,3	1,13 – 5,50
MgO	1,9	1,22 – 4,80
MnO <sub>2</sub>	0,1	0,100 – 0,600
Na <sub>2</sub> O	3,9	2,38 – 4,44
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,0	0,491 – 2,200
TiO <sub>2</sub>	1,2	0,400 – 1,34
Övrigt	11,8	1,02 – 13,5

Slaggrus är inte lämpligt till slitlager eftersom den direkta trafikbelastningen är för stor och för att materialets beständighet mot mekanisk påverkan är för dålig. I ett slitlager utsätts dessutom materialet för direkt nederbörd med påföljande ökad utlakningsmöjlighet av miljöpåverkande ämnen.

Slaggrus är vanligtvis inte lämpligt som obundet bärlager eftersom trafiklasten oftast är för stor på de djup som är aktuella för bärlager i svenska vägar.

**Tabell 3: Exempel på materialtekniska egenskaper hos svenskt slaggrus**

Maximal torr-densitet <sup>*1</sup> (t/m <sup>3</sup> )	Skrym-densitet <sup>*2</sup> (t/m <sup>3</sup> )	Optimal vattenkvot <sup>*3</sup> (%)	Permea-bilitet <sup>*4</sup> (m/s)	Friktionsvinkel <sup>*5</sup> (°)	Styvhetsmodul <sup>*6</sup> (MPa)	Värmeledningsförmåga <sup>*7</sup> (W/(m·°C))	Glödgningsförlust vid 550 °C (viktprocent)
1,4–1,8	1,2 – 1,8	14 – 20	10 <sup>-7</sup> –10 <sup>-5</sup>	35 – 38	4 5– 140	0,2 – 0,5	2,6 – 5

\*1 Maximal torrdensitet bestämd vid tung laboratoriepackning (motsvarar modifierad proctor). Används som referensvärde vid bedömning av uppnått packningsresultat i fält. Packningsgrad = kvoten mellan uppmätt densitet i fält och detta värde.

\*2 Skrymdensiteten varierar med packningsarbete och vattenmättnadsgrad. Intervall är angivet för löst lagrat – fast lagrat vid naturlig vattenkvot.

\*3 Optimal vattenkvot bestämd vid tung laboratoriepackning (optimal innebär den vattenkvot som ger störst skrymdensitet).

\*4 Permeabilitet, bestämd i laboratorium på vattenmättat prov som packats in med lätt laboratoriepackning (motsvarar standard proctor). Egenskapen varierar med lagringstäthet och vattenmättnadsgrad.

\*5 Friktionsvinkel, bedömt värde. Egenskapen varierar med lagringstätheten.

\*6 Styvhetsmodul, bestämd med dynamiska treaxialförsök. Intervall är angivet för låga – höga spänningsnivåer.

\*7 Värmeledningsförmågan varierar med fuktinnehåll. Intervall är angivet för torrt tillstånd – naturlig vattenkvot (2 prov).

**Tabell 4: Användningsområden för slaggrus i vägar, gator och industriytor**

Del av vägkonstruktion	Funktion	Nyttiga egenskaper
Övre förstärkningslager	Lastbärande lager	Välgraderat, kantiga partiklar
Undre förstärkningslager	Lastbärande lager	Välgraderat, kantiga partiklar
Skyddslager	Tjälskydd	Liten värmeledning, låg densitet, dränerande i vissa fraktioner
Underbyggnad, fyllning	Lätta fyllningsmassor	Låg densitet

	As	Cd	Cr	Cu
<b>Totalhalt</b> (43 prov)	(30 prov)			
medelvärde	39,4	5,62	580	5258
variationsbredd	5,60-76,1	1,78-24,4	30,0-1100	1100-15400
<b>Potentiellt lakbar mängd</b> (70 prov)	(58 prov)			
medelvärde	0,491	2,23	2,48	919
variationsbredd	0,10-1,11	0,76-16,0	0,50-5,3	136-4012
<b>Resultat av skakförsök vid L/S 2</b> (36 prov)	(16 prov)			
medelvärde	0,030	0,001	0,088	3,55
variationsbredd	0,004-0,100	0,0002-0,0160	0,001-0,468	0,161-12,0
<b>Resultat av skakförsök vid L/S 10</b> (36 prov)	(16 prov)			
medelvärde	0,049	0,003	0,138	5,32
variationsbredd	0,011-0,100	0,001-0,012	0,005-0,78	0,390-16,0
	Ni	Pb	Sb	Zn
<b>Totalhalt</b> (43 prov)			(2 prov)	
medelvärde	402	1733	87,9	3823
variationsbredd	33-925	180-7200	86,8-89,0	1482-8460
<b>Potentiellt lakbar mängd</b> (70 prov)			(20 prov)	
medelvärde	57,8	212	3,95	1522
variationsbredd	8,3-211	22-2329	1,60-7,48	504-4623
<b>Resultat av skakförsök vid L/S 2</b> (36 prov)			(15 prov)	
medelvärde	0,053	0,008	0,104	0,038
variationsbredd	0,001-0,3	0,001-0,06	0,017-0,240	0,006-0,39
<b>Resultat av skakförsök vid L/S 10</b> (36 prov)			(15 prov)	
medelvärde	0,073	0,021	0,455	0,074
variationsbredd	0,01-0,22	0,002-0,22	0,199-0,799	0,017-0,64

**Tabell 5:**  
Exempel på innehåll av tungmetaller hos slaggrus från svenska anläggningar, (mg/kg). (Efter RVF 2002 och SYSAV 2006)

Slaggrus kan också användas som konstruktionsmaterial på deponier, t.ex. som avjämnande och stabiliserande underlag över avfall innan sluttäckning, som dräneringsskikt över bottentätning, som gasdräneringsskikt eller i transport- och behandlingsytor, men det behandlas inte i denna handbok.

För att ha en lastbärande funktion krävs att materialets största kornstorlek är åtminstone 40–50 mm och att materialet är välgraderat.

Om slaggrus ska användas som obundet överbyggnadslager i en väg med endast 4 cm asfaltbundet lager rekommenderas minst 30 cm krossat bergmaterial mellan asfaltbeläggningen och slaggruset. Bergkrossmaterialet sprider ut trafikbelastningen så att inte slaggrusets bärförmåga överskrids. Med 17 cm asfaltbundet lager räcker det med ca 10 cm bergkross (Arm, 2000).

Vid användning som dränerande skikt behöver finmaterialet siktas bort.

Konstruktioner med slaggrus bör alltid utföras med någon typ av hårdgjord yta eller beläggning, samt över grundvattenytan med god marginal samtidigt som god avvattningsfunktion av konstruktionen tillgodoses.

”  
*Konstruktioner med slaggrus bör alltid utföras med någon typ av hårdgjord yta eller beläggning.*

## 2. Projekteringsförutsättningar

I detta kapitel beskrivs vilka materialparametrar som ska hanteras vid dimensionering av vägkonstruktioner och hur väl slaggrus uppfyller de krav som anges i ATB VÄG för olika funktioner och/eller tillämpningar.

### 2.1 Miljöbedömning

Vid återanvändning av slaggrus i anläggningsbyggande rekommenderas att anmälan görs till den kommunala miljömyndigheten. Anmälan upprättas i enlighet med miljöbalken och Förordningen om miljöfarlig verksamhet (SFS 1998:899). Som en del av anmälan ingår att utföra en miljöbedömning.

I samråd med miljömyndigheterna utformas ett flerårigt kontrollprogram för att verifiera gjorda miljöbedömningar.

I bedömningen bör även hushållning med naturresurser tas hänsyn till eftersom användning av slaggrus i anläggningsbyggande innebär att naturliga ballastmaterial kan sparas. I vissa fall kan även kortare transporter och därigenom minskad energianvändning påvisas.

Ett miljöbedömningssystem finns beskrivet i ”Miljöriktlinjer för askanvändning i anläggningsbyggande” (Bendz et al, 2006c). Det kan användas för att avgöra om en tänkt askanvändning utgör ringa risk ur ett miljöskyddsperspektiv eller inte, dvs. kräver omfattande tillståndsprövning eller inte. Andra system för miljöbedömningar beskrivs i Olsson (2005), Kärrman et al (2006) och i det branschgemensamma projektet ”Vägledning Alternativa material i väg-, järnvägs- och anläggningsbyggande”.

Varje miljöbedömning av slaggrus bör bygga på aktuella materialdata från den berörda anläggningen. Det är viktigt eftersom avfallet, förbränningsprocessen och lagringen har en stor inverkan på innehållet av miljöbelastande ämnen i den slutliga askan. De materialdata som vanligen efterfrågas inför en miljöbedömning av en vägkonstruktion med slaggrus är

- kemisk sammansättning (från analys av total halt metaller och andra ämnen),
- potentiellt lakbar mängd av olika ämnen,

- elektrisk ledningsförmåga och redoxpotential,
- resultat från tidsberoende och pH-beroende lakning.

Förslag till generella riktvärden för totalhalter och lakbarhet av vissa ämnen i askan finns i ovan nämnda rapport om Miljöriktlinjer (Bendz et al, 2006c). **När det enskilda vägobjektet avviker mycket från den antagna generella modellen, t ex vid mindre utspädning eller vid ett tjockare lager aska, kan inte de angivna generella riktvärdena användas utan en platsspecifik beräkning måste göras.**

Exempel på erfarenheter från laboratorie- och fältprovningar på slaggrus och från jämförelser mellan kända slaggrusdata och de beräknade generella riktvärdena finns i Avsnitt 1.3.2.

### 2.2 Materialkvaliteter

Materialsammansättningen, och därmed materialkvaliteten, kan skilja mellan olika förbränningsanläggningar eftersom den påverkas av avfallssammansättningen, förbränningsprocessen och förädlingen. Slaggrus kan förekomma i olika kornstorleksfördelningar beroende på i vilka fraktioner bottenaskan har siktats upp. Om metallavskiljning från bottenaskan görs i ett steg blir slaggrusets kornstorlek oftast 0–40 eller 0–50 mm (Figur 5). För dränerande funktion kan slaggrus med bortsorterad finfraktion framställas.

### 2.3 Dimensioneringsförutsättningar

Dimensionering av vägar med slaggrus i något obundet lager kan göras utifrån funktionskrav (Avsnitt 2.4) eller materialkrav (Avsnitt 2.5). Vid dimensionering enligt materialkrav ersätter slaggruset ett naturmaterial i något av de namngivna materiallagren i ATB VÄG:s angivna konstruktioner. Vid dimensionering enligt funktionskrav projekteras en alternativ konstruktion där slaggruset placeras så högt upp i konstruktionen som möjligt utan att materialets hållfasthet överskrids av trafikbelastningen. En placering högt upp i konstruktion-

”  
*I samråd med miljömyndigheterna utformas ett flerårigt kontrollprogram för att verifiera gjorda miljöbedömningar.*





**Figur 7:**  
Siktning och metallavskiljning av slaggrus.

nen innebär här en mer kvalificerad användning.

## 2.4 Dimensionering efter funktionskrav

Vid dimensionering av en konstruktion efter funktionskrav behöver följande parametrar vara kända för alla ingående material: bärförmåga och styvhet, stabilitet, beständighet samt tjällyftningsbenägenhet.

### 2.4.1 Bärförmåga och styvhet

*Styvhet* används idag som indata vid dimensionering av vägar enligt Vägverkets ATB VÄG och styvhetsmoduler för olika material och olika delar av året anges i ATB VÄG kapitel C. De material som är mest jämförbara med slaggrus tillhör materialtyp 2. Till denna grupp räknas till exempel grus, grusmorän och sandigt grus och angivna moduler för dessa material varierar mellan 70 och 1000 MPa beroende på fukttinnehåll och temperatur (Tabell 6).

Styvhetsmodulerna i ATB VÄG bygger på långtidsstudier i fält och är framtagna så att de fungerar med de kravekvationer som beskrivs i samma kapitel. För material som inte nämns i ATB VÄG, t ex slaggrus, behöver därför motsvarande data tas fram. I de fall ingen undersökning har utförts avseende slaggrusets styvhetsegenskaper för olika delar av året kan inledningsvis Tabell 6 användas.

### 2.4.2 Stabilitet

Stabilitet är ett mått på förmågan att motstå permanenta deformationer. I geotekniska sammanhang används indelningen friktionsjord,

kohesionsjord och mellanjord för att visa hur hållfastheten i ett material byggs upp. Sand och grus räknas till friktionsjordarna och vid beräkning av skjuvhållfasthet brukar värden på den inre friktionsvinkeln väljas mellan 28 och 37° beroende på lagringstäthet.

Slaggrus har kantiga partiklar vilket gör materialet stabilare än naturmaterial med motsvarande kornstorlek. Vid beräkning av släntstabilitet kan *friktionsvinkeln* 35° användas (Vägverket, 2001).

### 2.4.3 Beständighet

I ATB VÄG anges ett generellt beständighetskrav uttryckt som att vägen och dess närmaste omgivning ska ha tillfredsställande beständighet, men någon verifieringsmetod anges inte. De laboriemetoder som brukar användas för bedömning av naturmaterials beständighet mot mekanisk påverkan är micro-Deval- och Los Angeles-test, vilka utvärderar enskilda partiklars beständighet mot nötning och slag.

Långtidsbeständighet för slaggrus verifieras i dagsläget lämpligast genom fältförsök. Erfarenheter av slaggrus beständighet i laboratorium och fält beskrivs i Avsnitt 1.3.1.

### 2.4.4 Begränsning av tjällyftning

Belagda vägar skall konstrueras så att vägbanans tjällyftning inte överstiger vissa angivna värden i ATB VÄG kapitel A och så att ojämna tjällyftningar inte uppstår. Tjällyftningen

”  
*Slaggrus är stabilare än naturmaterial med motsvarande kornstorlek.*

**Tabell 6:**  
Styvhetsmoduler,  $M_s$ , (MPa) för undergrundsmaterial av materialtyp 2 vid underhåll och bärighetsförbättring samt överbyggnadsmaterial som inte uppfyller materialkrav angivna i ATB VÄG:s kapitel B och E. (Efter ATB VÄG)

Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
1 000	1 000	70	70–85	70–100	70–100

verifieras med beräkning enligt VVMB 301, där följande egenskaper behövs som indata: Vattenhalt, torrdensitet, porositet, vattenmättnadsgrad och värmeledningsförmåga (i ofruset/fruset tillstånd).

Ett enstaka *frys försök* i laboratorium med slaggrus från Göteborg har dokumenterats och visade att materialet inte var tjällyftande (Vägverket, 2001).

Den porösa karaktären hos slaggrus gör att materialet i torrt tillstånd kan förväntas ha mindre värmeledningsförmåga än sand, grus och krossat berg. Enstaka bestämningar av värmekonduktivitet för slaggrus från Göteborg och Umeå bekräftar detta (Tabell 7). Värmekonduktivitet ska bestämmas på torrt ofruset material vid relevant packningsgrad genom beräkning eller laboratorieprovning.

## 2.5 Dimensionering efter materialkrav

Vid dimensionering enligt materialkrav ersätter slaggruset ett naturmaterial i något av de angivna materiallagren i ATB VÄG:s angivna konstruktioner.

### 2.5.1 Krav på material till förstärkningslager

Vägverkets detaljkrav på material till förstärkningslager i flexibla konstruktioner enligt ATB VÄG kapitel E gäller följande egenskaper: beständighet mot mekanisk påverkan, innehåll av organiskt material, kornstorleksfördelning, andel okrossade partiklar (gäller bara förstärkningslager av krossat berg) samt största partikelstorlek som är beroende av lagertjockleken. Slaggrus har svårt att uppfylla samtliga dessa krav.

Beständighetskravet kräver troligtvis en stor andel glas och metall i bottenaskan och utvecklingen mot ökad källsortering leder till det motsatta. Innehållet av organiskt material går bra att uppfylla med en god förbränning, vilket kräver kontroll över både temperatur

och avfallets uppehållstid i pannan. Kravet på kornstorleksfördelning och största partikelstorlek kräver proportionering av olika fraktioner och kommer antagligen inte att uppfyllas ändå eftersom slaggruset innehåller för lite grova partiklar. Dessutom gör proportionering och liknande hantering att materialet nöts ner och blir ännu finkornigare. Kravet på andelen okrossade partiklar behöver inte uppfyllas när vägen dimensioneras för ett okrossat förstärkningslagermaterial.

Genom att slaggrus har svårt att uppfylla ovanstående materialkrav bör istället möjligheten med dimensionering efter funktion användas (Avsnitt 2.4).

### 2.5.2 Krav på material till skyddslager

Vägverkets krav på material till skyddslager enligt ATB VÄG kapitel E gäller innehåll av organiskt material, finmaterialhalt alternativt kapillaritet. Slaggrus kan vanligtvis uppfylla dessa krav.

### 2.5.3 Krav på material till underbyggnad

Vägverkets krav på material till underbyggnad enligt ATB VÄG gäller innehåll av organiskt material. Slaggrus kan vanligtvis uppfylla detta krav.

### 2.5.4 Krav på material till fyllning

Vägverkets krav på material till fyllning enligt ATB VÄG gäller innehåll av organiskt material. Slaggrus kan vanligtvis uppfylla detta krav.

## 2.6 Konstruktiv utformning

- Slaggruset ska placeras över grundvattentytan med god marginal.
- Konstruktioner med slaggrus ska vara väl avvattnade.
- Konstruktioner med slaggrus ska alltid utföras med någon typ av hårdgjord yta eller beläggning.

**Tabell 7:**  
Värmekonduktivitet för slaggrus från Göteborg och Umeå samt några naturmaterial (efter Arm, 2000 och von Bahr et al, 2006)

	Slaggrus				Sandigt grus		Berg	Morän, grus	Silt, lera	
	(torrt)		(vått)		(torrt)	(vått)				
	G	U	G	U						
Värmekonduktivitet, (W/m°C)	0,23	0,24	0,48	0,33	0,50	0,55	1,81	3,7	2,1	1,4
Torrdensitet, (t/m <sup>3</sup> )	1,37		-			2,04	-			
Skrymdensitet, (t/m <sup>3</sup> )	-		1,37			-	2,22	2,65	2,2	1,95
Fukthalt, (viktprocent)	-		18,5	8	14	-	6,4	?	?	?

### 3. Redovisning i bygghandling

I bygghandlingen redovisas använt material samt utformning.

#### Material

- materialfraktion,
- ursprung (t.ex. producerande anläggning, produktionsperiod och lagringstid),
- provningsresultat.

#### Utformning

- projektering,
- dimensionering,
- miljöbedömning,
- eventuella kontrollåtgärder.

Det är viktigt att dokumentera på ritningar var, i vilken mängd och på vilket djup slaggruset placerats.

## 4. Utförande

Vid transport och även annan hantering av slaggrus bör damningsrisken beaktas och begränsas. Slaggruset bör relativt omgående efter utläggning täckas med ett bärlagermaterial för att minska damning och inverkan av regn samt skydda materialet från att köras sönder. För övrigt kan utläggning och packning utföras på vanligt sett enligt ATB VÄG, med sam-

ma lagertjocklekar som rekommenderas för materialtyp 3 och 5 (Vägverket, 2001).

Vid utförandet är det viktigt att de provtagningsrör och andra anordningar som installeras för funktionskontroll och uppföljning inte skadas.



**Figur 8:**  
**Utläggning av slaggrus.**

## 5. Drift och underhåll

Vägar och ytor med slaggrus i de obundna lagren kan underhållas på vanligt sett. God avvattningsfunktion är viktigt. Observera att det är viktigt att observera sprickor i beläggningsytan samt via innerslätten som vatten tar sig in i väggkroppen. Det är därför viktigt att underhålla beläggningsytan och vidmakthålla dikenens funktion.

Vid drift- och underhållsarbeten kring vägen är det viktigt att de grundvattenrör som installerats före anläggandet inte skadas. För att underlätta återfinnet och för att undvika ofrivillig skadegörelse rekommenderas att läget för rören märks ut på fältet och på kommunens aktuella stadsplanekarta.

## 6. Återbruk, deponering eller överlåtelse

Enligt de generella kraven på material enligt ATB VÄG kapitel A8.2 Hygien, hälsa och miljö, ska vid projekteringen tillses att materialet inte ger problem vid återanvändning, deponering eller destruktion.

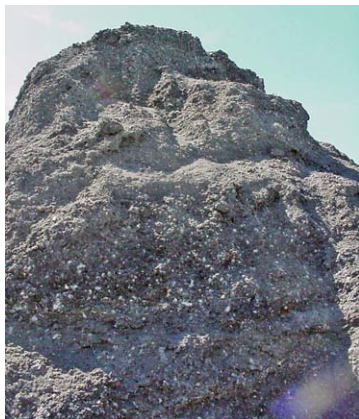


**Figur 9:**  
Schakt i slaggrus.

### Återbruk

Vid uppgrävning av gamla ytor och vägar med slaggrus i kan det vara svårare att schakta än i färskt slaggrus. Det går t.ex. inte att gräva för hand. Det beror på att materialet har bundit ihop. Det har bildats ett svagt bruk av reaktionsprodukter mellan de ursprungliga partiklarna. I gamla upplag med slaggrus kan ofta slänterna ses stå brantare än vanligt (Figur 10).

Å andra sidan är det lätt att maskinellt separera slaggruslagret från övriga lager för att kunna återanvända eller på annat sätt omhänderta slaggruset.



**Figur 10**  
Upplag med lagrat slaggrus.



Damningsrisken behöver beaktas vid uppgrävning av gammalt slaggrus, som ju är torrare än färskt slaggrus.

### Deponering

Använda slaggrusmassor bör normalt kunna återanvändas på annan plats. Vid deponering är aktuell deponiklass vanligtvis icke-farligt avfall.

### Överlåtelse

Vid överlåtelse av en anläggning där slaggrus ingår ska dokumentation med ritningar över utformningen samt materialdata som material, fraktion, ursprung och provningsresultat medfölja.

Det är viktigt att eventuella skyddsåtgärder samt kontrollprogram också ingår i dokumentationen.

Det rekommenderas att läget för objektet är markerat på kommunens stadsplanekarta och även infört i fastighetsregistret.

## 7. Kvalitetskrav och kontroll

Kvalitetskontrollen omfattar material, utformning, utförande och funktion. Den utförda konstruktionen dokumenteras i relationshandlingarna på vanligt sätt. I det branschgemensamma projektet "Vägledning Alternativa material i väg-, järnvägs- och anläggningsbyggnad" finns generella kvalitetskrav på olika parametrar samt krav på kvalitets- och funktionskontroll. Utöver gängse kontroller ska nedanstående göras.

### Material

Materialkontrollen som avser både tekniska och miljömässiga egenskaper svarar materialleverantören för och dokumenterar i sin varudeklaration.

### Provtagning

Det är viktigt att den provtagning som föregår olika typer av tester ger representativa prov. Störst chans till representativt prov är från ett transportband, antingen stoppat eller från en fallande ström. Det är mycket svårare att ta representativa prov från ett upplag.

Eftersom det är lagrat material som ska användas är det också lagrat material som ska provas. Det innebär att provtagningen måste göras i upplag i de flesta fall. Om materialet ska sorteras ytterligare kan man utnyttja möjligheten att ta prov från transportbandet i samband med siktningen. Vägledning om representativ provtagning ges t.ex. i (RVF, 2002).

Observera att provkärlen ska vara av polyetenplast. De ska vara hela, rena och kunna märkas så att provet är lätt att identifiera. Analyser av materialet ska utföras av ackrediterat laboratorium.

### Lagring

Det ska tydligt framgå under vilken tidsperiod slaggruset lagrats. Anledningen är att slaggrus egenskaper förändras med tiden. Ett färskt slaggrus har sämre egenskaper än ett lagrat.

### Utformning

Utformningen som omfattar projektering och dimensionering samt miljöbedömning svarar projektören för och dokumenterar i bygghandlingen. Eventuella provtagningsrör ska installeras och den första provtagningen ska göras innan anläggningsarbetena påbörjas.

### Utförande

Utförandekontroll görs av entreprenören och dokumenteras i dennes kvalitetsplan. Det krävs inga extra utförandekontroller utöver vad som föreskrivs för andra konstruktionsmaterial.

### Funktion

Funktionskontrollen utförs av beställaren/entreprenören. För att säkerställa att utlagt slaggrus inte medför någon negativ miljöpåverkan ska grundvattnets kvalitet bevakas under flera år och förändringar rapporteras.

### Kvalitetssäkringssystem för hela kedjan

Ett exempel på kvalitetssäkringssystem för hela kedjan från provtagning av materialet via laboratorieanalyser, tillståndsförfarande och utläggning till uppföljning av färdig anläggning finns i (RVF, 2002). Det systemet har följts upp av Flyhammar (2006) som också har gett rekommendationer till förbättringar.

”

*Kvalitetskontrollen omfattar material, utformning, utförande och funktion.*

## 8. Referenser och fördjupningslitteratur

- Arm M. (2000). *Egenskaper hos sekundära ballastmaterial – speciellt slaggrus, krossad betong och hyttsten*. Licentiatavhandling, Kungl Tekn Högskolan, Stockholm.
- Arm M. (2003). *Mechanical properties of residues as unbound road materials – experimental tests on MSWI bottom ash, crushed concrete and blast furnace slag*. Doktorsavhandling, Kungl Tekn Högskolan, Stockholm.
- Arm M. (2005). *Uppföljning av befintliga slaggrusprovvägar, Fallviktsmätning på provsträckor på Törringevägen i Malmö och Dåvamyran i Umeå*. Värmeforsk Rapport 916. Värmeforsk Service AB, Stockholm.
- von Bahr B., Arvidsson H, Ekvall A och Loo-rents K-J. (2006). *Kvalitetskriterier för bottenaskor till väg- och anläggningsbyggnad – etapp 2; Bottenaskors tekniska egenskaper*. Värmeforsk Rapport 952. Värmeforsk Service AB, Stockholm.
- Bendz D., Arm M., Flyhammar P., Westberg G., Sjöstrand K., Lyth M. och Wik O. (2006a). *Projekt Vändöra: En studie av långtidsegenskaper hos vägar anlagda med bottenaska från avfallsförbränning*. Värmeforsk Rapport 964. Värmeforsk Service AB, Stockholm.
- Bendz D., Jacobsson T., Svensson M. och Flyhammar P. (2006b). *Skumbitumenstabilisering av bottenaska från avfallsförbränning*. Värmeforsk Rapport 975. Värmeforsk Service AB, Stockholm.
- Bendz D., Wik O., Elert M. och Håkansson K. (2006c). *Miljöriktlinjer för askanvändning i anläggningsbyggande*. Värmeforsk Rapport xxx. Värmeforsk Service AB, Stockholm. (Manuskript)
- Chandler A.J., Eighmy T.T., Hartlén J., Helmar O., Kosson D.S., Sawell S.E., van der Sloot H.A. och Vehlow J. (1997). *Municipal Solid Waste Incinerator Residues*. Studies in Environmental Science 67. The International Ash Working Group (IAWG), Elsevier, Amsterdam.
- Flyhammar P. (2006). *Kvalitetssäkring av slaggrus – Miljömässiga egenskaper*. Värmeforsk Rapport 973. Värmeforsk Service AB, Stockholm.
- Fällman A-M. (2000). *Significance in the results of total composition and potential leachability of screened MSWI BA from different plants and sampling periods*. I: Woolley, Goumans & Wainwright (edited) Waste materials in construction Proceedings of the WASCON 2000, Elsevier pp 355–370.
- Fällman A-M., Larsson L. och Rogbeck J. (1999). *Slaggrus Miljömässiga och materialtekniska egenskaper*. Svenska Renhållningsverksförbundet RVF + Statens geotekniska institut, Malmö + Linköping.
- Grönholm R., Hartlén J., Sävström R., Fridh R. och Evertsson U. (1999). *Användning av betong, tegel och slaggrus som obundet vägbyggnadsmaterial. Törringevägen i Malmö – erfarenheter från utförandet*. AFR-report 278. Avfallsforskningsnämnden/Naturvårdsverket, Stockholm.
- Hartlén J. och Flyhammar P. (2000). *Miljöbelastande egenskaper – utvärdering av laboratorieförsök och praktisk användning på Spillepeng, SJ:s nya kombiterminal och Törringevägen*. Projekt 005 Slaggrus. SYS-AV Utveckling AB, Malmö
- Kullberg S. (1990). *Slagganvändning – teknik och miljö*. SGI varia 321. Statens geotekniska institut, Linköping.
- Kärman E., Olsson S., Magnusson Y. och Petersson A. (2006). *Miljösystemanalys för nyttiggörande av askor i anläggningsbyggande*. Värmeforsk Rapport 953. Värmeforsk Service AB, Stockholm.
- Lidelöw S. (2004). *Environmental assessment of secondary construction materials*. Licentiate thesis 2004:65, Dept of Civil and environmental engineering, Luleå Univ of Technology, Luleå.



Lind B., Larsson L., Gustafsson J.P., Gustafsson D., Ohlsson S.Å., Norrman J., Arvidson O. och Arm M. (2005). *Energiaska som vägbyggnadsmaterial – utlakning och miljöbelastning från en provväg*. Varia 557, Statens geotekniska institut, Linköping.

Lundgren T. och Hartlén J. (1991). *Slagg från avfallsförbränning.*, Teknik och Miljö. REFORSK rapport FoU nr 61. REFORSK, Malmö.

Olsson, S. (2005): *Environmental assessment of municipal solid waste incinerator bottom ash in road constructions*. TRITA-LWR LIC 2030. Licentiate Thesis in Land and Water Resource Sciences. KTH Architecture and the Built Environment, Stockholm.

RVF (2001). *Försök med tätning och täckning av avfallsupplag genom användning av fiberslam, gjuterisand, slaggranulat och slaggrus*. RVF Rapport 01:07. RVF Service AB, Malmö.

RVF (2002). *Kvalitetssäkring av slaggrus från förbränning av avfall*. RVF Rapport 02:10. RVF Service AB, Malmö.

SFS 1998:899. *Förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd*. Fritzes, Stockholm.

SYSAV (1997). *Slagg från avfallsförbränning, Tekniska egenskaper hos packat slaggrus*. Delrapport 1, SYSAV, Malmö.

Todorovic J. (2004) *Diffusion tests for assessing leaching from incineration residues*. Licentiate thesis 2004:14, Dept of Civil and environmental engineering, Luleå Univ of Technology, Luleå.

TRL, (2000). *ALT-MAT Draft final report for publication*. Report No WP6.TRL.001, [www.trl.co.uk/altmat/index.htm](http://www.trl.co.uk/altmat/index.htm). Transport Research Laboratory (TRL), Crowthorne.

Vägverket (2001). *Provningsmetoder för alternativa material till vägunderbyggnad. Undersökning av rosteldad kolbottenaska,*

*slaggrus och krossad betong*. Vägverket publ 2001:34, Borlänge.

## Standarder och metodbeskrivningar

SS 02 81 13. *Vattenundersökningar – Bestämning av torrsbstans och glödgningsrest i vatten, slam och sediment (Glödning vid 550 °C)*, Svensk standard, SIS.

VVMB 112. (1998). *Deflektionsmätning vid provbelastning med fallviktsapparat*, publ 1998:80, Vägverket.

VVMB 301. (2001). *Beräkning av tjällyftning*, publ 2001:101, Vägverket.

ATB VÄG (2005). *Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion*, Vägverket.  
[www.vv.se/templates/page3\\_14328.aspx](http://www.vv.se/templates/page3_14328.aspx)



# Bilaga

## Exempel på utförda objekt

Slaggrus har använts som förstärkningslager i gator eller transportvägar (Malmö, Umeå, Uppsala), som förstärkningslager i parkeringsytor (Malmö) och som fyllningsmaterial kring ledningar (Malmö). RVF har tagit fram projektinformationsblad för en del av dessa objekt som redovisas här (RVF, 2002).

### 1:1 Törringevägen – förstärkningslager i gata



#### Beskrivning av projektet

Törringevägen är en genomfartsgata vid byn Käglinge ca 10 km sydost om Malmö. Törringevägen ägs och förvaltas av Malmö kommun. I gatan byggdes fem provsträckor med återvunna material, tegel, betong och slaggrus i förstärkningslagret och med dels betong, dels bergkross i förstärkningslagret. Två referenssträckor med förstärkningslager av bergkross anlades mellan provsträckorna. Trafikmängden är ca 400 fordon/dygn med liten andel tung trafik.

#### Tillstånd

Länsstyrelsen gav tillstånd till att använda slaggrus på provsträckan.

#### Användning

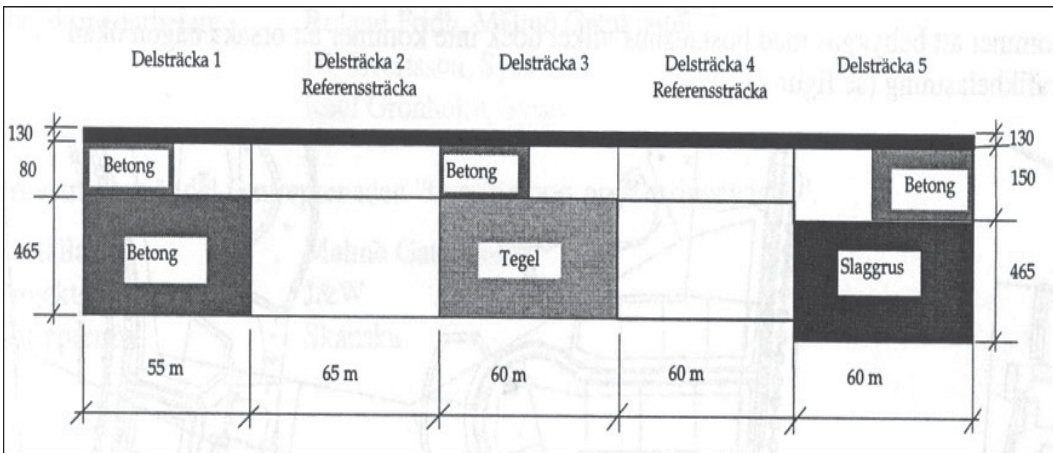
Slaggrus användes som förstärkningslager.

#### Konstruktion

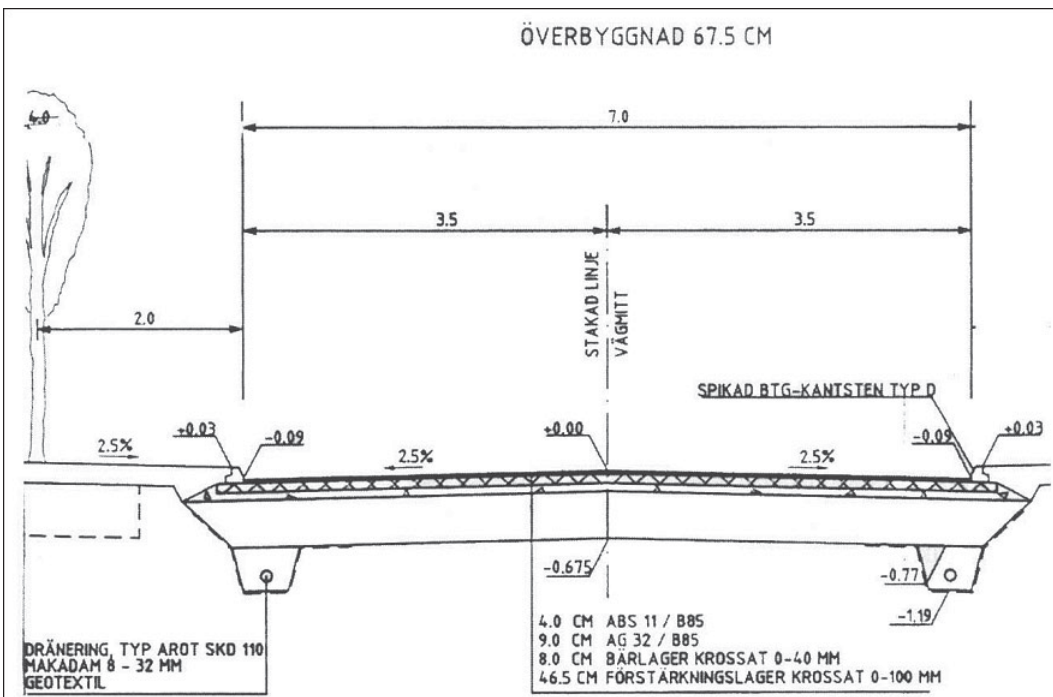
Konstruktionen dimensionerades enligt VÄG 94 som föreskriver olika bärlagertjocklekar beroende på om förstärkningslagret är krossat eller okrossat. Förstärkningslagret med slaggrus likställdes med okrossat material och



Översiktsplan för Törningevägen utanför Malmö.



Längdsektion för Törningevägen.



Tvärsektion för Törningevägen.

## Bilaga 1:1

sträckorna dimensionerades därför med 150 mm bärlager. På övriga sträckor med förstärkningslager av krossad betong, tegel eller berg dimensionerades med 80 mm bärlager. Förstärkningslagret var 465 mm på alla sträckor. Terrassen består av tät lermorän.

Ungefär 200 m<sup>3</sup> slaggrus användes, vilket motsvarar ca 320 ton.

Förstärkningslagret lades ut 17–18 november 1998. Bärlager lades ut 10–12 december 1998. Asfaltgrus lades ut 14/1 1999. Under utläggningen av slaggruset var temperaturen nära 0 °C. När bärlagret och asfaltgruset lades ut var det minusgrader.

### Aktörer

**Beställare:** Malmö Gatukontor

**Projektör:** J&W

**Entreprenör:** Skanska

**Slaggleverantör:** SYSAV, Malmö

### Arbetsgrupp för slagganvändning

Jan Hartlén, LTH & JH GeoConsulting

Rolf Sävström, Sävab Affärsutveckling

Roland Fridh, Malmö Gatukontor

Ulf Evertsson, SYSAV

Raul Grönholm, SYSAV

## Materialundersökningar

### Kornstorleksfördelning

Slaggruset hade en kornstorleksfördelning mellan 0 och 45 mm.

### Packningsegenskaper

Tung laborierstampning gjordes och visade att torrdensiteten varierade mellan 1,4 och 1,65 ton/m<sup>3</sup> och den optimala vattenkvot varierade mellan 22 och 28 viktprocent.

### Halt organiskt material

Halten organiskt material undersöktes inte i detta projekt utan antogs variera mellan 2,6 och 5 viktprocent grundat på tidigare genomförda mätningar.

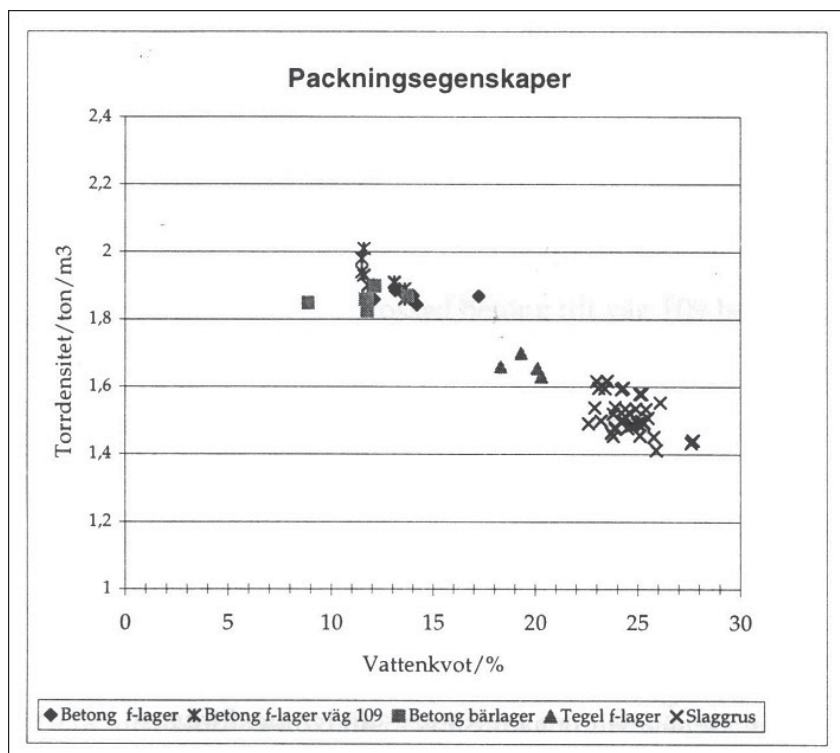
### Slaggrusets pH

Slaggrusets pH var 8,5.

### Tungmetallinnehåll

Det gjordes åtta analyser av totalhalt och tillgänglig halt av tungmetallerna kadmium, krom, koppar, nickel, bly och zink. Tillgänglig mängd var i medel lägre än överenskommet maxvärde för alla tungmetaller.

Innehållet baseras på de undersökningar som gjordes för RVF av Fällman et al (1998). Medelvärde för tungmetallerna Cd, Cr, Cu, Ni, Pb och Zn visas i tabellen överst på nästa sida.



Packningsegenskaper hos slaggrus (X), betong- och tegelkross.

metall	Totalhalt Medel 8 prov (mg/kg)	Totalt utlakbart Medel 8 prov (mg/kg)	Utlakat L/S 2 Medel 8 prov (mg/kg)	Utlakat L/S 10 Medel 8 prov (mg/kg)
Cd	8,72	3,9	UD	UD
Cr	476	1,86	0,034	0,062
Cu	2420	780	6,05	8,78
Ni	150	20,7	UD	UD
Pb	1502	412	0,011	0,021
Zn	2896	1520	0,019	0,047

Material i förstärkningslagret	E <sub>v2</sub> Mätt på terrass	E <sub>v2</sub> Mätt på förstärkningslager	E <sub>v2</sub> Mätt på bärlager av betong	E <sub>v2</sub> Mätt på bärlager av bergkross
Slaggrus	9	93	68	74
Bergkross	12	79		65

## Fältundersökningar

### Bärighet

Bärigheten bestämdes med statisk plattbelastning enligt VÄG 94. Resultatet blev, se ovan:

Bärigheten hos förstärkningslagret av slaggrus blev således högre än naturmaterialet. Kombinationen slaggrus/bergkross hade bättre bärighet än bergkross/bergkross.



Bärighetsmätning på Törringevägen.

Bärighetsutvecklingen efter byggandet har följts med hjälp av fallviktsmätningar och redovisas i Arm (2005).

### Ytjämnhet

Mätning av lagertjocklekar och ytjämnhet visade att lagrens uppbyggnad överensstämde med ritningar och att jämnheten var tillräckligt god för att klara VÄG 94:s krav.

### Fortsatt kontroll

Grundvattnet undersöktes två gånger om året för att bedöma om slaggruset medför någon miljöpåverkan. Två år efter utläggningen hade ingen påverkan registrerats.

### Miljömätningar

Kontrollbrunnar sattes i övre delen av grundvattnet för att registrera eventuellt läckage av föroreningar från vägkonstruktionen till grundvattnet. Mätningar på grundvattnet gjordes när vägen var klar i februari 1999 och sedan i november 2000.

Analys av mätdata visar att halt krom och koppar i vattnet inte har minskat. Halten av övriga metaller har minskat.

		Halt 199902	Halt 200011	Halt 199902	Halt 200011
Törringe		Slagg	Slagg	Ref	Ref
Kadmium, Cd	µg/l	0,182	0,22	0,132	0,088
Krom, Cr	µg/l	5,24	6,1	3,53	5,4
Koppar, Cu	µg/l	11,2	12	9,32	3,4
Nickel, Ni	µg/l	13,2	6,7	10,9	3,2
Bly, Pb	µg/l	9,78	0,38	2,18	<0,06
Zink, Zn	µg/l	18,9	10	17,4	12
Arsenik, As	µg/l	<8	1,3	<7	<1
Kvicksilver, Hg	µg/l	<0,02	<0,1	<0,02	<1
pH (rumstemp)			7,93		7,54
Konduktivitet (25 C)	mS/m		540		130
Alkalinitet (HCO <sub>3</sub> )	mg/l		250		420
Klorid, Cl	mg/l	294	17	293	190
Sulfat, SO <sub>4</sub>	mg/l	57	18	37	27
Doc	mg/l		7,9		3,4

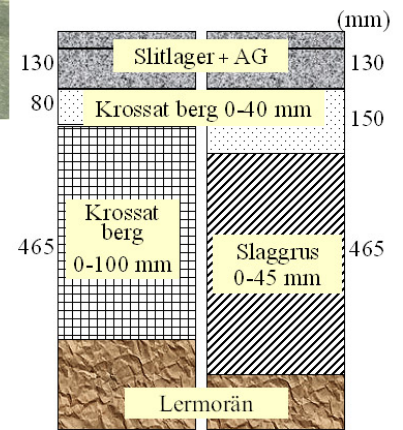
### Ytterligare information

**Beställare:** Roland Fridh, Malmö Gatukontor, 040-34 13 16 eller 0708-74 13 16

**Slaggrusleverantör:** Raul Grönholm, SYSAV, 0706-801827 eller 040-680 18 27.

Bilaga 1:1

Törringevägen, Malmö,  
byggd 1998.





# Malmö – förstärkningslager i parkeringsplatser



## Beskrivning av projektet

Slaggrus användes som förstärkningslager i parkeringsplatserna kring två stora varuhus (Bauhaus och On-Off) vid köpcentrat i Svågertorp utanför Malmö. Parkeringsplatsen vid Bauhaus byggdes hösten 2000. Den andra parkeringsplatsen byggdes under sommaren och hösten 2001. Marken under slaggruset består av tät lermorän. Där det förekom sandlinser i lermoränen grävdes de bort för att underbyggnaden skulle bli tät.

## Tillstånd

Miljönämnden i Malmö stad gav tillstånd att använda slaggrus vid Bauhaus och On-Off, förutsatt att slaggrusets miljöegenskaper underskred överenskomna maxvärden och att grundvattnet kontrolleras två gånger om året i fem år.

## Plats

Slaggrus har använts som förstärkningslager under två parkeringsplatser norr om Svågertorps trafikplats nordvästra ramp.



Översiktsplan.

## Bilaga 1:2

Tomterna ligger vid E20 /Trelleborgsvägen. Bauhaus ligger norr om On-Off.

Geotekniska undersökningar av området visade att området till övervägande del består av tät lermorän. Lermoräns tjocklek uppskattas till ca 10 meter. Tunnare sandsikt finns inlagrade i lermoräns. För att minska utlakningen ersattes sandlinser i terrassytan med moränlera.

### Användning

Slaggruset har använts i stället för bergkross i förstärkningslagret.

### Konstruktion

Slaggruset används som ett 40–50 cm tjockt



Utbredning av slaggrus vid On-Offs parkeringsplats.

förstärkningslager. Det är utlagt direkt på terrassen. På förstärkningslagret ligger ett ca 10–15 cm tjockt bärlager av krossad betong (Bauhaus) eller bergkross (On-Off). Parkeringsytorna har sedan asfalterats.

### Mängd

Vid Bauhaus användes ca 15 500 ton slaggrus och vid On-Off användes ca 11 500 ton slaggrus.

### Genomfört arbete

Parkeringen vid Bauhaus anlades hösten och vintern 2000/2001. Det förekom regn och kyla under arbetet. Parkeringsplatsen vid On-Off anlades sommaren/hösten 2001. Det förekom

omfattande regn med omväxlande stark värme under perioden. Terrassen bestod av tät moränlera vilket medförde att ytan blev vattenmättad. Terrassen fick torka upp innan slaggruset lades ut.

## Aktörer

### Bauhaus

Beställare: Bauhaus

Slaggrusleverantör: SYSAV

### On-Off

Beställare: TK Development Sweden Holding AB

Slaggrusleverantör: SYSAV

## Materialegenskaper

Slaggrusets vägtekniska egenskaper undersöktes inte.

## Utförandekontroll

Utförandekontrollen omfattade bärighets- och packningsmätningar på terrass, förstärkningslager, bärlager och överyta för att kontrollera att arbetet uppfyllde normala vägbyggnadskrav.

## Miljöegenskaper

Slaggruset som användes hade lagrats i mer än ett år. För att bedöma slaggrusets kvalitet undersöktes totalt utlakbar mängd tungmetaller samt pH och halt oförbränt.

### Tungmetaller

Tillgänglighetstest visade på följande totalt utlakbara halter av tungmetaller:

Tungmetall	Bauhaus 6 prov (mg/kg)	On-Off 4 prov (mg/kg)
Cd	2,76	2,60
Cr	1,61	1,18
Cu	990	684
Ni	114	22,8
Pb	150	77,2
Zn	1330	1170

Totalt utlakbar mängd av alla metaller var lägre än överenskomna maxvärden.

### Halt organiskt material och pH

Halten oförbränt material bestämdes till 4,9 för slaggruset vid Bauhaus och 4,7 % för On-Off.

pH-värdet var 8,0 för slaggruset vid Bauhaus och 8,0 för On-Off. Både halt oförbränt och pH var lägre än överenskomna maxvärden.

### Fortsatt kontroll

Kontrollprogrammet omfattar analyser av grundvatten för att eventuell negativ miljöpåverkan skall upptäckas. Provtagning görs två gånger om året i fyra grundvattenrör runt varje parkeringsplats. Vattnet analyseras vid ett ackrediterat laboratorium.

### Ytterligare information

**Beställare:** Bengt Jönsson, MT Treschakt, 070/976 62 06

**Slaggrusleverantör:** Raul Grönholm, SYSAV, 070/680 18 27



Provtagningsrör vid Bauhaus.

# Malmö – fyllning och rörgravstäckning



## Tillstånd

Länsstyrelsen gav tillstånd att använda slaggrus förutsatt att slaggrusets miljöegenskaper underskred överenskomna maxvärden och att grundvattnet kontrolleras två gånger om året i tre år.

## Plats

Vid anläggandet av ett nytt avfallskraftvärmeverk i Malmö användes slaggrus. Avfallskraftvärmeverket (AKV) ligger i hamnen i norra Malmö.

Området är förorenat av fyllnings- och deponimassor som lagts ut sedan 1930-talet.

## Användning

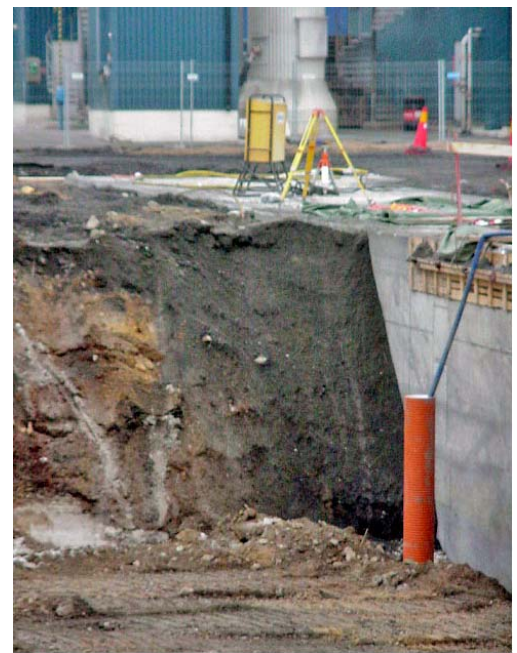
Slaggrus har använts på flera olika sätt. Det användes dels som återfyllning kring ledningar i mark och efter rivna konstruktioner, dels till motfyllning till nya konstruktioner. Slaggruset har ersatt bergkross och grusmaterial.

## Konstruktion

- Återfyllning kring ledningar i mark
- Återfyllning efter rivna konstruktioner
- Motfyllning till nya konstruktioner

## Beskrivning av projektet

I markarbetena kring SYSAVs nya Avfallskraftvärmeverk användes slaggrus som fyllningsmaterial, återfyllning kring ledningar samt som motfyllning kring väggar.



Slaggrus som motfyllning.



Översiktsplan

## Mängd

Behovet av slaggrus underskattades i den första anmälan till länsstyrelsen. Förutom de först anmälda 5 000 m<sup>3</sup> kompletterades anmälan med en ny om 13 000 m<sup>3</sup>. Totalt användes 14 700 m<sup>3</sup>. Ca 10 300 m<sup>3</sup> användes till återfyllning kring ledningar i mark, ca 2 400 m<sup>3</sup> har använts som återfyllningsmaterial efter rivna konstruktioner och ca 2 000 m<sup>3</sup> har använts som motfyllning till nya konstruktioner.

## Genomfört arbete

Arbetet utfördes från sommaren 2000 till sommaren 2001.

## Aktörer

**Beställare:** SYSAV

**Entreprenör:** PEAB

**Slaggrusleverantör:** SYSAV

**Övriga medverkande:** SÄVAB och SCC

## Materialegenskaper

Slaggruset som användes kom från samma upplag som slaggruset till andra projekt varvid materialegenskaper som kornstorleksfördelning, bärighet och stabilitet hade kontrollerats och funnits tillfredsställande.

## Miljöegenskaper

Slaggruset som användes hade lagrats i mer än ett år. För de först använda 5 000 m<sup>3</sup> togs ett samlingsprov. För resterande mängd togs ett samlingsprov per 1 000 m<sup>3</sup>. Totalt togs 11 samlingsprov till analys. För att bedöma slaggrusets kvalitet undersöktes totalt utlakbar mängd tungmetaller, pH och halt oförbränt. Slaggrusets miljöegenskaper underskred överenskomna maxvärden.

## Tungmetaller

Tillgänglighetstest visade på följande halter av tungmetaller:

Tungmetall	11 prov (mg/kg)
Cd	2,65
Cr	2,72
Cu	1349
Ni	84,2
Pb	81,8
Zn	1618

Tillgänglig mängd metall är lägre än överenskomna maxvärden.

## Halt organiskt material och pH

Halten oförbränt material bestämdes till 4,1. pH-värdet var 8,4.

## Fortsatt kontroll

Kontrollprogrammet omfattar analyser av grundvatten för att eventuell negativ miljöpåverkan skall upptäckas. Provtagning görs i två grundvattenrör runt området två gånger om året i tre år. Vattnet analyseras vid ett ackrediterat laboratorium.

## Ytterligare information

**Beställare:** Jonas Eek, SYSAV,

070/680 198 50

**Slaggrusleverantör:** Raul Grönholm, SYSAV

070/680 18 27

## Umeå – förstärkningslager i transportväg på deponi



### Beskrivning av projektet

#### Plats

En 350 meter lång väg uppbyggd med hjälp av slaggrus, är uppförd på Dåvamyran, norr om Umeå. Marken kring vägen består till övervägande del av morän på berg, med ett 0,5–1,5 m mäktigt ytlager av torv.

#### Syfte

Vägen ska användas för interna transporter av restprodukter från avfallsförbränningen vid Dåva Kraftvärmeverk. Dessutom ska byggandet av vägen öka kunskapen om slaggruset mekaniska och miljömässiga egenskaper som vägbyggnadsmaterial under norrländska förhållanden.

#### Tillstånd

Länsstyrelsen har utfärdat tillstånd om användning av slaggrus på aktuell vägsträcka.

#### Användning

Slaggruset används som fyllningsmaterial och förstärkningslagermaterial i vägen och ersätter därmed naturgrus och bergkross.

### Konstruktion

Slaggrusvägen är uppdelad i fem olika sträckor, varav två referenssträckor. I de tre provsträckorna används slaggruset som underbyggnad respektive som förstärkningslager. Provsräckorna varierar med avseende på beläggning, då delar av vägen utförs som asfaltväg och delar som grusväg.

### Mängd

2600 ton slaggrus har använts.

### Genomfört arbete

Slaggruset härrör från förbränning under februari till april 2001. Vägen byggdes sommaren 2001.

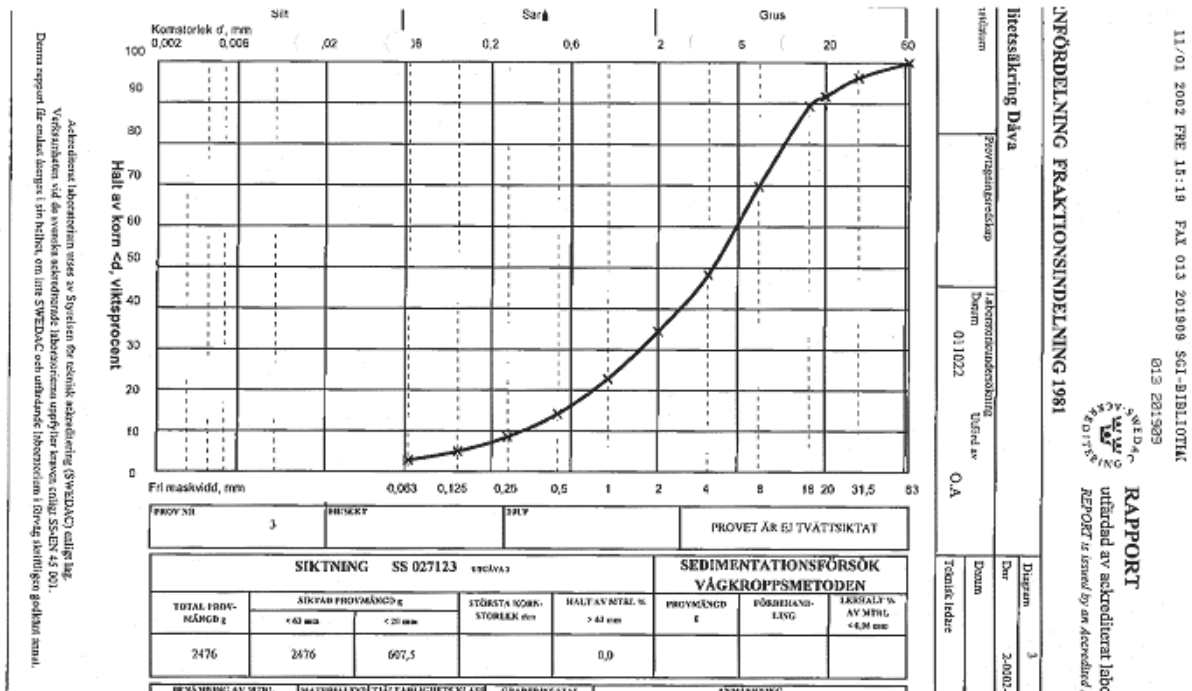
### Aktörer

**Beställare:** Umeå Energi AB

**Entreprenör:** Vägverket Produktion Nord

**Slaggrusleverantör:** Umeå Energi AB, Dåva Kraftvärmeverk

**Övriga medverkande:** Vägverket Produktion, SGI (Statens geotekniska institut), Luleå tekniska universitet, VTI (Väg- och transportforskningsinstitutet), Umeå universitet



## Materialegenskaper

### Kornstorleksfördelning

Se diagram ovan.

## Utförandekontroll

Utförandekontrollen planerades att omfatta bärighets-, packnings- och spår djupmätningar.

## Miljöegenskaper

Slagg lagrad 5–7 månader har använts vid byggandet av vägen. Under perioden då slaggen togs ut inträffade driftstörningar vid kraftvärmeverket, vilket har fått till följd att den använda slaggens kvalitet är något skiftande. Analyser har gjorts på slaggprover från vägens olika delsträckor. Nedan redovisas ett medelvärde av proven.

## Tungmetaller

Tillgänglighetstest visade på följande halter av tungmetaller:

Cd	5,20 mg/kg
Cu	626 mg/kg
Cr	3,81 mg/kg
Ni	15,6 mg/kg
Pb	213 mg/kg
Zn	2039 mg/kg

Medelvärdena av tillgänglig mängd metall är lägre än överenskomna maxvärden.

## Halt organiskt material och pH

Halten förbränt material bestämdes till 2,26 %.

pH-värdet var 9,61, vilket är något högt.

## Fortsatt kontroll

Kontrollprogrammet omfattar analyser av grundvatten upp- och nedströms slaggrusvägen två gånger om året i tre år.

SGI har utfört analyser av grund- och lakvatten, med syfte att upprätta en modell för utläckage av organiska och oorganiska ämnen. Jämförelse mellan den naturliga vittringen och omsättningen av metaller och andra ämnen från slaggruset har gjorts. (Lind et al, 2005).

Luleå tekniska universitet har bland annat undersökt lakning från slaggruset och vägdi-kenas förmåga att ta hand om föroreningar. Prediktionsmodeller för utsläpp på längre sikt har tagits fram (Lidelöv, 2004; Todorovic, 2004).

Analys av organiska ämnen i lakvattnet har utförts av Umeå universitet (Lind et al, 2005).

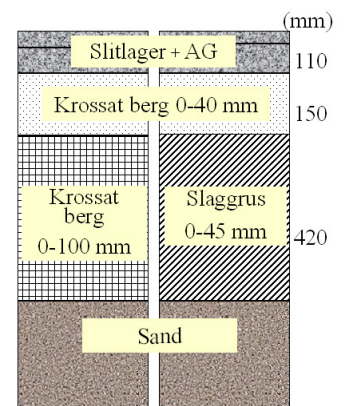
Vägens tjäldjup har mätts i VTI:s regi (Lind et al, 2005). Bärighetsutvecklingen efter byggandet har följts med hjälp av fallviktsmätningar och redovisas i Arm (2005).

## Ytterligare information

Ulf Kullh, Umeå Energi AB, 090-163998  
Henrik Bristav, Umeå Energi AB, 090-163926



**Dåvamyran, Umeå,  
byggd 2001.**





# Uppsala – förstärkningslager i transportväg på deponi



## Beskrivning av projektet

### Plats

Hovgårdens avfallsanläggning är belägen 12 kilometer nordost om Uppsala och ägs och förvaltas av Tekniska Kontoret i Uppsala kommun. Hovgården togs i bruk 1971 och tar idag emot avfall från hela Uppsala kommun. Totalt inkommer cirka 115 000 ton avfall per år till anläggningen. År 1996 byggdes en provväg av slaggrus inom anläggningen. Vägen används för interna transporter.

### Användning

Enligt ett beslut från Länsstyrelsen 1993 skulle en fullständig utsortering av utbränt järnskrot göras ur sopslaggen. Avsättningen för skrotfraktionen på marknaden visade sig sedan vara så liten att utsorteringen inte längre var motiverad. Vid utsorteringen av järnskrotet erhöles en grövre fraktion (20–50 mm), så kallat slaggrus. Sorterat och stabiliserat slaggrus användes som vägbyggnadsmaterial på en provväg vid Hovgårdens avfallsanläggning. Syftet med provvägen var att undersöka slaggrusets egenskaper som vägbyggnadsmaterial och granska materialets utlakningsegenskaper.

## Konstruktion

För att kunna jämföra utlakningen från slaggruset med något slags referensvärden anlades naturgrus på ena vägshalvan och slaggrus på den andra. På en sträcka av ca 60 m och en bredd av ca 8 m lades ett PEHD geomembran i botten av vägen. Geomembranet svetsades samman med dubbla svetsfogar. Två uttag för provtagning av lakvatten gjordes i mitten av sträckan. Ett skyddslager med sand lades ut direkt på membranet innan slaggruset respektive naturgruset lades ut på vardera halvan. Som översta skikt lades ett bärlager och ett asfaltlager. Slaggruset var lagrat i ca 6 månader och finfraktionen var borttagen.

## Mängd

Till vägkonstruktionen användes cirka 100 m<sup>3</sup> slaggrus och lika mycket naturgrus.

## Genomfört arbete

Provvägen byggdes under sommaren 1996. Första provtagningen gjordes under våren 1996. Därefter har 1–3 vattenprov tagits årligen beroende på lakvattentillgång.

## Aktörer

**Beställare:** Tekniska Kontoret i Uppsala.  
**Projektör:** Uppsala Kommun Entreprenad  
**Entreprenör:** Uppsala Kommun Entreprenad  
**Slaggrusleverantör:** Uppsala Energi.

## Materialegenskaper

Inga synliga sättningar har förekommit längs den anlagda vägsträckan. Detta trots att vägen belastats med tung trafik i stort sett dagligen sedan den togs i bruk.

## Kornstorleksfördelning

Siktcurvor med kornstorleksfördelning för slaggruset togs fram både före och efter anläggandet av vägen. Kornstorleksfördelningen var i stort sett densamma i de båda proverna, cirka 35% av materialet var mindre än 4 mm och 100% var mindre än 32 mm.

## Utförandekontroll

Arbetsutförandet kontrollerades okulärt och inga fel upptäcktes.

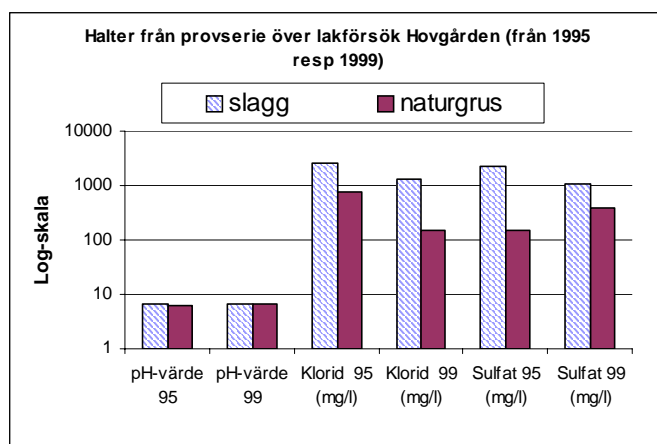
## Miljöegenskaper

Inga kemiska analyser av materialet utfördes innan vägbygget. Därför finns inga uppgifter om totalhalter i slaggruset. Lakvatten från vägen provtas 1–3 gånger per år och analyseras med avseende på parametrarna pH, klorid, sulfat, koppar, bly, zink, krom och kadmium.

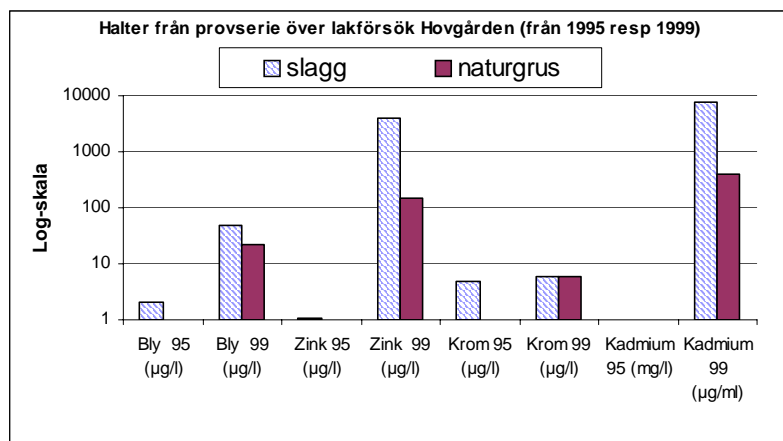
Utlakningen gav inledningsvis höga halter av klorid och sulfat i lakvattnet från slaggrusvägen. Halterna sjönk sedan under en tid. Vid de sista provtagningarna uppvisade dock vattenproverna åter höga halter av klorid och sulfat. Halterna av tungmetaller i lakvattnet från slaggruset har varierat under provtagningens gång och uppvisar inget avtagande mönster med tiden.

Halterna av de analyserade parametrarna är generellt högre i lakvattnet från slaggruset än i lakvattnet från naturgruset. Både i slaggruset och i naturgruset varierar pH-värdet mellan 6,5 och 7,5. Inte heller här syns någon tydlig variation med tiden.

**Resultat från laktester  
1995-11-15 resp.  
1999-11-24: pH-värde,  
klorider och sulfater.**



**Resultat från laktester  
1995-11-15 resp.  
1999-11-24: Bly, zink,  
krom och kadmium.**



# SGI Information

1. **Jords egenskaper.**  
(48 sid, 1982/1986/1990/1993)
2. **Geotekniska undersökningar i fält.**  
(72 sid, 1984)
3. **Utvärdering av skjuvhållfasthet i kohesionsjord.**  
(28 sid, 1985)
- 3E. **Evaluation of shear strength in cohesive soils with special reference to Swedish practice and experience.**  
(32 pages, 1985)
4. **Geotekniska utredningar för stabilitetsanalyser – allmänna råd för omfattning och kvalitet.**  
(20 sid, 1988/1993)
5. **Nyare in-situmetoder för bedömning av lagerföljd och egenskaper i jord.**  
(64 sid, 1988)
6. **Torv - geotekniska egenskaper och byggmetoder**  
(34 sid, 1989)
7. **Report on the issmfe technical committee on penetration testing of soils – tc 16 with reference test procedures.**  
CPT - SPT - DP - WST.  
(50 pages, in english and french, 1989))
8. **Hållfasthet i friktionsjord.**  
(50 sid, 1989)
9. **Olje- och kemikalieutsläpp i jord.**  
(40 sid, 1989)
10. **Dilatometerförsök – en in-situmetod för bestämning av lagerföljd och egenskaper i jord. Utförande och utvärdering.**  
(50 sid, 1990/1993)
11. **Mätning av grundvattennivå och portryck.**  
(116 sid, 1990)
12. **Termiska egenskaper i jord och berg.**  
(28 sid, 1991)
13. **Sättningsprognoser för bankar på lös finkornig jord – beräkning av sättningars storlek och tidsförlopp.**  
(51 sid, 1994)
- 13E. **Prediction of settlements of embankments on soft, fine-grained soils – calculation of settlements and their course with time.**  
(52 pages, 1997)
14. **Lärobok i geobildtolkning.**  
(123 sid, 1991)
15. **CPT-sondering. Utrustning – Utförande – Utvärdering.**  
(80 sid, 1993)
- 15E. **The CPT-test.**  
Equipment-Testing-Evaluation  
(77 pages, 1995)
16. **Siltjordars egenskaper.**  
– Silt som konstruktionsmaterial  
– Bestämning av geotekniska egenskaper  
(71 sid, 1998)
17. **Geodynamik i praktiken.**  
(51 sid, 2000)



**Statens geotekniska institut**

Besöksadress: Olaus Magnus väg 35

Postadress: 581 93 Linköping

Tel: 013-20 18 00. Fax: 013-20 19 14.

E-post: [info@swedgeo.se](mailto:info@swedgeo.se). Internet: [www.swedgeo.se](http://www.swedgeo.se)