



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE



Handbok

Skumglas i mark- och vägbyggnad

Information 18:1

LINKÖPING 2008

LULEÅ
TEKNISKA
UNIVERSITET



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

Information 18:1

Handbok

Skumglas i mark- och vägbyggnad

LEIF ERIKSSON
JÖRGEN HÄGGLUND

| | |
|--------------------|---|
| Information | Statens geotekniska institut (SGI) 581 93 Linköping |
| Beställning | SGI Informationstjänsten Tel: 013-20 18 04 Fax: 013-20 19 09 E-post: info@swedgeo.se Internet: www.swedgeo.se |
| ISSN | 0281-7578 |
| ISRN | SGI-INF--08/18--SE |
| Projektnummer SGI | I2077 |
| Dnr SGI | I-0404-0318 |

Förord

Denna handbok behandlar skumglas 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 för vägledning om 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 och Vargön Alloys AB samt Holmen Skog AB. Till vägledningsprojektet 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 vägledningen och handböckerna 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.

Denna handbok baseras på vunnen kunskap om skumglas och vänder sig till konsulter och entreprenörer, men också till väghållare, myndigheter och materialägare. Den har utarbetats av Leif Eriksson, SGI och Jörgen Hägglund, Has Consult AS. Arbetet med handboken har följts av en referensgrupp där Roald Aabøe, Gordana Petkovic och Geir Refsdal, (Statens Vegvesen), Ivar Horvli, NTNU, Even Øiseth, SINTEF, Bo Svedberg, Ecoloop, Lars Persson, Vägverket, Rune Fredriksson och Fredrick Lekarp (Vägverket Produktion) har medverkat.

Linköping i december 2007

Statens geotekniska institut

LTU, Institutionen för samhällsbyggnadsteknik

Innehållsförteckning

| | |
|---|----|
| Förord | 3 |
| Definitioner | 7 |
| 1 Inledning | 10 |
| 2 Materialbeskrivning | 11 |
| 2.1 Användningsområden | 12 |
| 2.1.1 Skumglas som lättfyllning | 12 |
| 2.1.2 Skumglas som tjälskydd | 13 |
| 2.1.3 Skumglas som bärlager | 13 |
| 2.1.4 Skumglas som förstärkningslager | 13 |
| 2.1.5 Skumglas som underbyggnad | 13 |
| 2.1.6 Skumglas övriga tillämpningar | 13 |
| 3 Projekteringsförutsättningar | 14 |
| 3.1 Miljöpåverkan | 14 |
| 3.2 Materialkvalitet/klassificering | 14 |
| 3.3 Dimensioneringsförutsättningar | 15 |
| 3.3.1 Egentyngd för skumglas | 15 |
| 3.3.2 Horisontaltryck mot stödkonstruktion | 15 |
| 3.3.3 Stabilitet och sättningar | 15 |
| 3.3.4 Uppflytning | 16 |
| 3.3.5 Dimensionering av överbyggnad | 16 |
| 3.3.6 Tjäle | 16 |
| 3.3.7 Beständighet | 16 |
| 3.3.8 Konstruktiv utformning av fundament | 16 |
| 4 Redovisning i bygghandling | 18 |
| 5 Utförande | 19 |
| 5.1 Utläggning och packning av skumglas | 19 |
| 5.2 Stödfyllning på slänter | 20 |
| 5.3 Överbyggnad | 20 |
| 6 Drift- och underhåll | 21 |
| 7 Återbruk, deponering eller överlåtelse | 22 |
| 8 Kvalitetskrav och kontroll | 23 |
| 8.1 Allmänt | 23 |
| 8.2 Deklarerade egenskaper | 23 |
| 8.2.1 Densitet | 23 |
| 8.2.2 Kornstorleksfördelning | 23 |
| 8.2.3 Hållfasthetsegenskaper | 23 |
| 8.2.3 Värmeledningsförmåga | 23 |
| 8.3 Typ- och produktprovning | 24 |
| 8.4 Mottagningskontroll | 24 |
| 8.5 Icke certifierad produkt | 24 |
| 8.6 Certifierad produkt | 24 |
| 8.7 Verifiering av utförande | 24 |

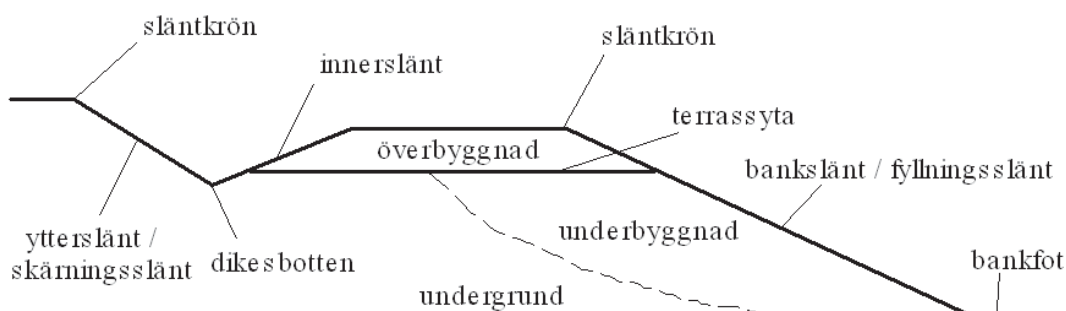
| | | |
|----------|--|----|
| 9 | Referenser/hänvisningar | 25 |
| 9.1 | Publikationer och skrifter | 25 |
| 9.2 | Övriga skrifter | 25 |
| 9.3 | Standarder | 25 |
| | | |
| | Bilagor | |
| | Bilaga A – Beräkning av densitet för skumglas | 27 |
| | Bilaga B – Miljöpåverkan | 29 |
| | Bilaga C – Exempel på vägkonstruktioner med skumglas | 30 |

Definitioner

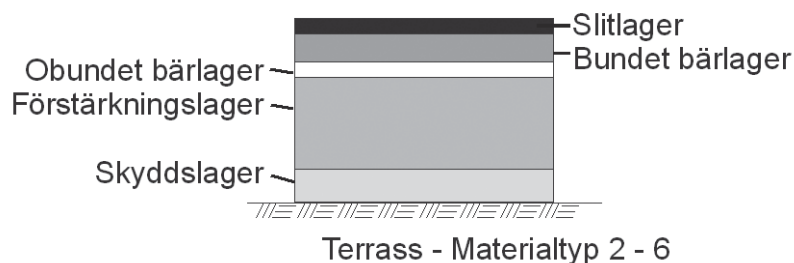
| Begrepp | Beteckning | Enhet | Förklaring |
|---|--------------|------------------|--|
| ATB VÄG | | | Allmänna tekniska beskrivningar (ATB) innehåller Vägverkets generella krav vid upphandling av vägobjekt. |
| Certifierad produkt | | | Produkt certifierad av organ som ackrediterats av Styrelsen för teknisk ackreditering, SWEDAC, eller av SWEDAC:s avtalspart. |
| CUAP | | | Common Understanding of Assessment Procedure. CUAP-dokumentet fungerar som ett arbetsdokument bakom ETA dokumentet. |
| Densitet, skrymdensitet | ρ | t/m ³ | Ett materials massa per volymenhet, d v s förhållandet mellan ett materials totala massa och totala volym. Såväl hålrummen mellan skumglaskornen som porerna inuti skumglaskornen inräknas således i den totala volymen. |
| Effektiv densitet | ρ_{eff} | t/m ³ | <p>Effektiva densiteten för ett prov nedsänkt i vatten definieras som förhållandet mellan provets totala massa (fast materia + vatten) minskad med massan av det undanträngda vattnet och provets volym.</p> $\rho_{eff} = \frac{m_s + m_{wk} + m_{wip} - V \cdot \rho_w}{V}$ <p>där m_s = Fasta materians massa m_{wk} = Massan för vatten i hålrummen mellan skumglaskulorna m_{wip} = Massan för vatten i skumglaskulornas porer ρ_w = Vattnets densitet [t/m³] V = Provets volym</p> |
| Elasticitetsmodul | E | MPa | <p>Beskriver den elastiska deformationen orsakad av en påförd belastning (spänning) enligt: $\epsilon = \sigma / E$ (Hookes lag)</p> <p>där ϵ = Elastisk deformation [%] σ = Normalspänning [kPa].</p> |
| EN | | | Europasnorm. Normens beteckning består av en kombination av bokstäver och siffror. Exempel: EN 933-1. |
| ETA | | | European Technical Approval. Ett Europeisk tekniskt godkännande (CE-märkning) av produkter. European Organisation for Technical Approvals, EOTA. |
| Friktionsvinkel | ϕ | o | Friktion uttryckt som en vinkel, $\tan \phi$, då glidning uppstår i materialet. |
| Graderingskoefficient eller graderingstal | C_u | | Kornkurvas lutning uttryckt som d_{60}/d_{10} där d_{60} och d_{10} är den korndiameter som motsvarar 60 % resp. 10 % passerad viktmängd. |

| Begrepp | Beteckning | Enhet | Förklaring |
|---------------------|---------------|------------------|--|
| ISO | | | Internationell standard. Standardens beteckning består av en kombination av bokstäver och siffror. Exempel: ISO 8301:1991 |
| Kompaktdensitet | ρ_s | t/m ³ | Betecknar den fasta fasens densitet och är kvoten mellan den fasta fasens massa (m_s) och dess volym (V_s). $\rho_s = \frac{m_s}{V_s}$ I V_s ingår inte volymen för porerna inuti skumglasaggregaten. (Kompaktdensiteten för skumglas kan sättas till 2,5 t/m ³). |
| Korndensitet | ρ_{korn} | t/m ³ | Förhållandet mellan skumglasaggregatens massa, m_k , och volym, V_k . I V_k ingår även volymen för porerna som är inneslutna i skumglasaggregaten. |
| Korndiameter | d_{xx} | | Korndiameter vid vikt mängden xx % på materialets korndistributionskurva. |
| NS | | | Norsk Standard, d.v.s. en standard utgiven av Standard Norge. Standardens beteckning består av en kombination av bokstäver och siffror. Exempel: NS 3458. |
| Obunden överbyggnad | | | Bärlager, förstärkningslager samt eventuellt skyddslager (undre förstärkningslager enligt Anläggnings AMA). |
| Skrymdensitet | ρ | t/m ³ | Se Densitet. |
| Skumglas | | | Gemensam benämning på bränt, expanderat glaspulver. Materialet består av mer eller mindre kubiska korn med diametern varierande mellan 10 och 60 mm. |
| SIS | | | SIS, Swedish Standards Institute, är en fristående ideell förening med medlemmar från privat och offentlig sektor. SIS utarbetar standarder inom de flesta områden, till exempel bygg och anläggning. SIS är en del av det europeiska och globala nätverk som utarbetar internationella standarder. SIS är medlemmar i det europeiska samarbetet CEN och i det globala samarbetet ISO. |
| SP | | | Provningsmetod angiven av Sveriges Tekniska 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. |
| Torr densitet | ρ_d | t/m ³ | Skumglasfyllningens medeldensitet för torrt material. |
| Vattenkvot | w | % | Förhållandet mellan vattnets massa, m_w , och fasta fasens massa, m_s . |
| Vattenmättnadsgrad | S_r | % | Förhållandet mellan porvattnets volym och porvolymen, d.v.s. andelen av porvolymen som är fylld av vatten. |

| Begrepp | Beteckning | Enhet | Förklaring |
|--------------------|------------|----------------------------|--|
| Värmeledningstal | λ | W/m K (eller W/m °C) | Värmeledningsförmåga (värmekonduktivitet). Den värmemängd som vid en temperaturdifferens av 1° passerar per ytenhet av ett material. |
| ÅDT | | Fordon per dygn | Årsdygnstrafik. Mått på medeltrafikflödet per dygn för ett visst år för ett vägavsnitt. |
| ÅDT _{tot} | | Fordon per dygn | Totala trafikflödet i vägens båda riktningar. |
| Överbyggnad | | | Samlingsnamn för obunden och bunden överbyggnad. |



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



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

| | |
|------------------------|---|
| <i>Fyllning</i> | Tillfört material som används i underbyggnad eller sidokonstruktioner (som t ex tryckbankar och bullervallar.) |
| <i>Terrassyta</i> | Den yta som bildas genom att planera de i huvudsak naturlig jord- och bergmassorna i väglinjen. Terrassytan bildar gräns mellan över- och underbyggnaden eller mellan överbyggnad och undergrund, se Figur 1. |
| <i>Underbyggnad</i> | Del av vägkonstruktion mellan undergrund och terrassyta. I underbyggnad ingår i huvudsak tillförda jord- och bergmassor, se Figur 1. |
| <i>Undergrund</i> | Del av mark till vilken last överförs från grundkonstruktionen för en byggnad, en bro, en vägkropp e d. |
| <i>Vägkonstruktion</i> | I vägkonstruktionen ingår vägkropp med undergrund, diken, avvattningsanordningar, slänter och andra väganordningar. |
| <i>Vägkropp</i> | Vägunterbyggnad och vägöverbyggnad. |
| <i>Överbyggnad</i> | Den del av vägkonstruktionen som ligger ovanför terrassytan, se Figur 1 och Figur 2. |

1. Inledning

Skumglas tillverkas från krossat, återvunnet glas. Det krossade glaset (pulvret) värms upp och expanderar till ca 5 gånger sin ursprungsvolym. När produkten lämnar ugnen bryts det sönder i mindre bitar i samband med den snabba avkylningen. Den normala kornstorleken varierar mellan 10 och 60 mm.

Skumglas har låg densitet, ca 200 kg/m³, och lågt värmeledningstal, ca 0,1 W/mK. Detta innebär att dess huvudsakliga användningsområden är som lätt fyllnadsmaterial och/eller tjälisoleringsmaterial. Övriga tillämpningar där skumglas kan användas är som dräneringsmaterial och/eller kapillärbrytande material.

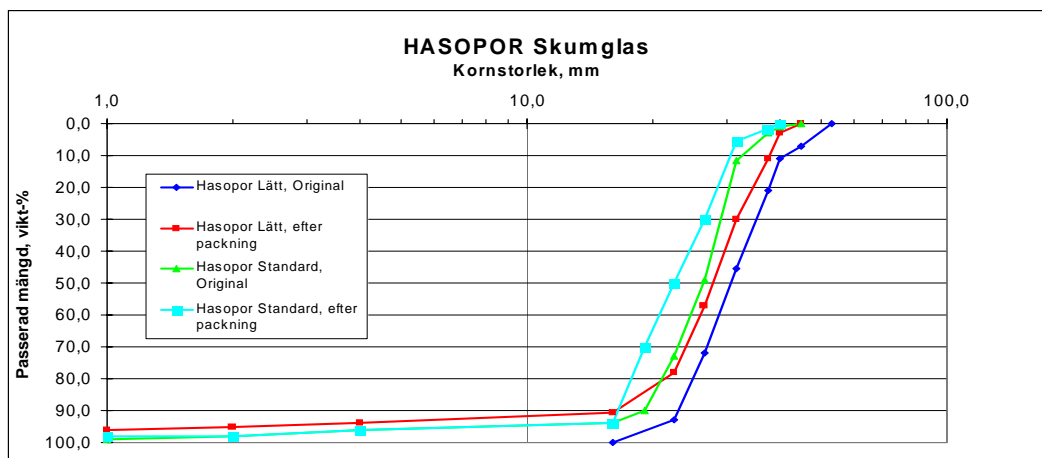
I denna handbok har dagens kunskap sammanställts för att underlätta användning av skumglas. Eftersom det för närvarande bara finns en produkt, ®Hasopor, på den svenska marknaden är alla materialegenskaper de som ®Hasopor har. Andra produkter måste genom försök påvisa sina egenskaper, se avsnitt 8.

Syftet är att handboken ska fungera som stöd för byggherrar, konsulter och entreprenörer men även till miljömyndigheter. Handboken beskriver bl.a. det underlag som erfordras för projektören avseende dimensionering och redovisning i bygghandling samt för entreprenören beträffande utförande (utläggning, packning, stödfyllning och överbyggnad). Dessutom anges kvalitetskrav och kontroll.

Handboken innefattar följande delar:

- Inledning
- Materialbeskrivning
- Projekteringsförutsättningar
- Redovisning i bygghandling
- Utförande
- Drift- och underhåll
- Återbruk, deponering eller överlåtelse
- Kvalitetskrav och kontroll
- Projektexempel (bilagor)

2. Materialbeskrivning



Figur 2.1.
Skumglas kornstorlek.

Skumglas tillverkas från återvunnet glas. Råmaterialet åtskiljs från papper, plast och metall varefter det krossas till ett fint pulver. En aktivator tillsätts pulvret varefter det matas ut på ett stålband och in i en tunnelugn. Pulvret expanderar ca 5 gånger sin ursprungsvolym i den heta ugnen. När produkten lämnar ugnen bryts det sönder i mindre mångkantade bitar i samband med den snabba avkyllningen. Den normala kornstorleken varierar mellan 10 och 60 mm.

Genom expansionen i ugnen utgörs skumglas av ca 92 % luft. Produkten skumglas har därigenom låg densitet, ca 200 kg/m³ (torrt material), och lågt värmeledningstal, ca 0,1 W/(mK) (torrt material). Den mångkantade formen på skumglasbitarna ger en friktion/förkilningseffekt som medverkar till god stabilitet och bärlighet.



Foto: Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

Skumglas inre friktionsvinkel kan jämföras med ett krossmaterial. Detta innebär att skumglas kan läggas ut i släntlutning 1:1 eller flackare beroende av krav på släntens säkerhet. Kornformen hos skumglas gör att en utlagd fyllning dessutom har en så god bärlighet att det går att köra direkt på en skumglasfyllning med en fullastad bil. Transporter med tunga hjulfordon skall dock inte utföras direkt på en skumglasfyllning eftersom detta kan medföra extra nedkrossning av materialet i hjulspåren.



Foto: Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

Figur 2.3.
Släpvagn som kört ut på en skumglasfyllning och tippar sin last. Observera den branta släntlutningen.

Den höga inre friktionsvinkeln tillsammans med bärförmågan gör att hela skumglasfyllningen kan läggas ut innan släntkappa påförs samtidigt med överbyggnad. Arbeten på t.ex. befintliga vägar kan delas upp så att trafiken kan vara kvar på en väghalva utan särskilda åtgärder. Packning av skumglasfyllningen kan göras i samband med att första lagret av överbyggnaden packas. Detta innebär hög kapacitet på fyllningsarbetet. Vid packning komprimeras materialet 10 till 25 %.

Figur 2.2.
Projekt Illsvika, Trondheim. Kompensationsgrundläggning för ett 7-våningshus. Grundläggning direkt på skumglas. Dimensionerande grundtryck 100 KPa. Parkeringsyta under halva byggnaden med 30 mm (asfalt) + 150 mm krossmaterial (0-60 mm) över skumglaslagret. Lagg märke till materialets stabilitet.

”
Den vertikala spänningen i en skumglasfyllning måste begränsas vid dimensionering och utförande.

Skillnaden mellan skumglas och ett krossmaterial är i första hand kornens hållfasthet. Kornen hos skumglas är förhållandevis svaga vilket medför att de vid utläggning och packning kan krossas vid ovarsam hantering. Detta innebär vidare att den vertikala spänningen i en skumglasfyllning måste begränsas vid dimensionering och vid utförandet (utläggning och packning).

En sak att ta hänsyn vid dimensionering av skumglas är att materialet tar åt sig vatten. Fukten i materialet ger en ökad densitet. Fältförsök utfört av Vegdirektoratet (Statens Vegvesen) i Norge visar att vattenkvoten varierar mellan 15 och 25 vikt % efter fyra år i väg vilket motsvarar en ökning av densiteten med 30 till 50 kg/m³.

2.1 Användningsområden

Skumglas kan användas inom hela anläggningssektorn där i första hand ett lätt fyllnadsmaterial, ett isolerande material eller ett dränerande material erfordras. Skumglas kan dessutom användas som kapillärbrytande material och som slänldränering (dränerande slits som fylls med skumglas i s.k. drain bags).

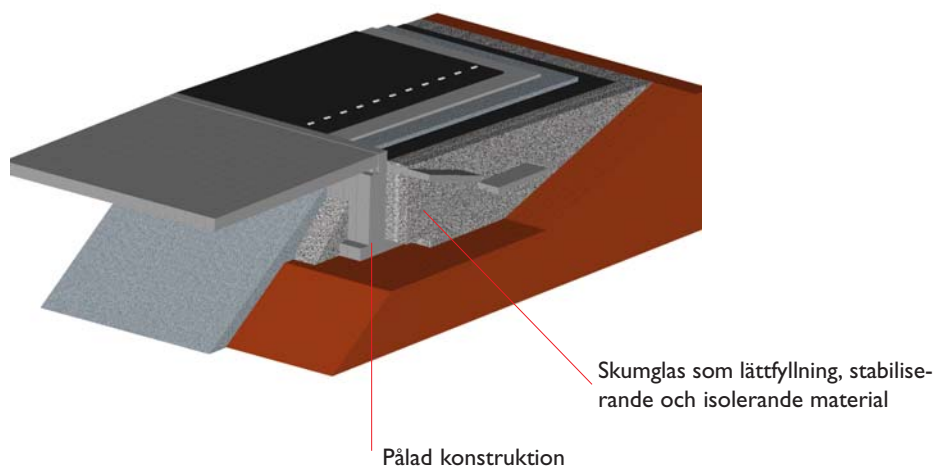
2.1.1 Skumglas som lättfyllning

Genom att en anläggning byggs upp med skumglas istället för med jordmassor, reduceras belastningen på undergrunden väsentligt. Om dessutom befintlig jord byts ut mot skumglas kan lasten på undergrunden begränsas ytterligare. Skumglas är således verkningsfull där stabiliteten behöver förbättras och/eller där sättningarna behöver begränsas eller elimineras.

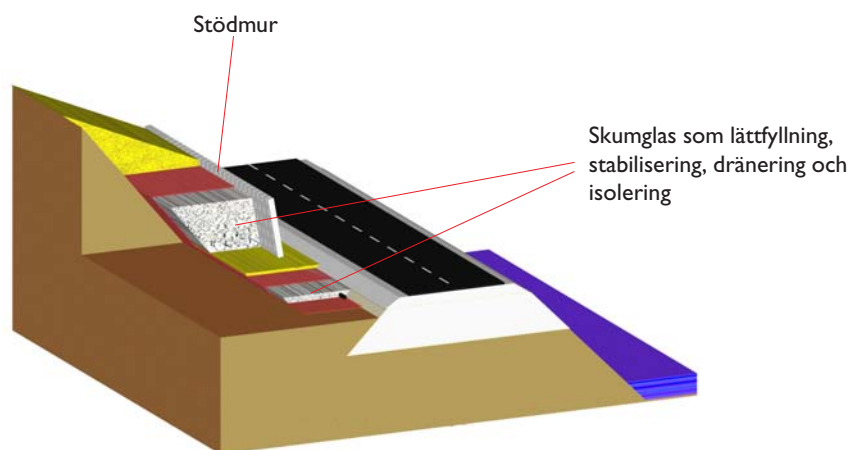
Lätt fyllning används ofta för att jämna ut sättningar i övergångar mellan förstärkt och icke förstärkt områden eller vägsträcka. Ofta grundläggs broar på pålar, medan tillfartsbanan förstärks närmast bron. För att undvika alltför stora sättningssprång kan övergången utformas med skumglas. Figur 2.4 visar principen för hur en sådan övergång kan utformas.

Fyllning mot stödkonstruktioner med skumglas ger ett horisontellt jordtrycket mot konstruktionen som är 15 – 40 % av jordtrycket från fyllning av natur- eller krossmaterial, Figur 2.5.

Figur 2.4.
 Övergång från förstärkt till oförstärkt sektion



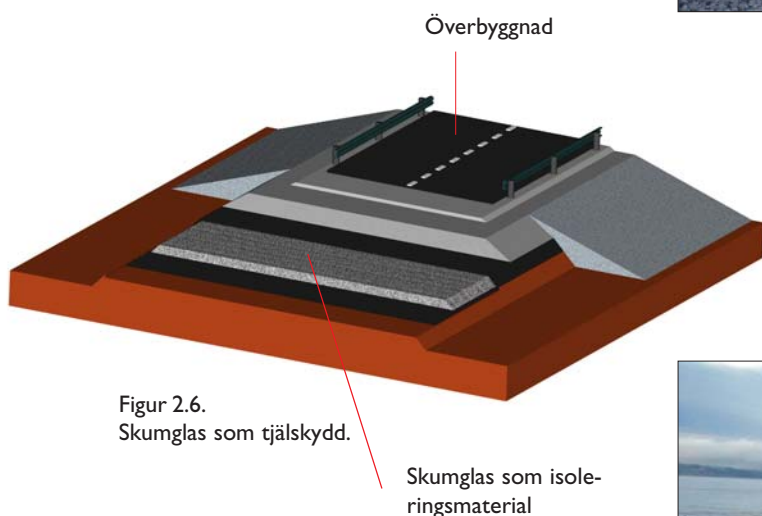
Figur 2.5.
 Reduktion av horisontellt jordtryck mot stödkonstruktion.



2.1.2 Skumglas som tjälskydd

Skumglas goda isoleringsegenskaper kan utnyttjas för att reducera eller eliminera ojämna tjällyftningar. Den totala konstruktionen blir ofta ekonomisk på grund av skumglas höga E-modul.

Som isoleringsmaterial erfordras drygt tredubbla lagertjockleken mot tjockleken för extruderad cellplast. Underlaget för skumglas behöver dock inte vara lika jämnt som för cellplast vilket underlättar utläggningen. Trots den större erforderliga lagertjockleken av skumglas blir urschaktningsdjupet bara obetydligt större eftersom en 0,1 m tjock isolerbädd av sand erfordras under cellplasten, vilket inte behövs under skumglas.



Figur 2.6. Skumglas som tjälskydd.

2.1.3 Skumglas som bärlager

Skumglas kan normalt inte utgöra bärlager med hänsyn till krossningsrisken. I konstruktioner där ytan utsätts för små belastningar som t.ex. gång- och cykelvägar, idrottsanläggningar kan skumglas placeras relativt högt upp utan att krossas.

2.1.4 Skumglas som förstärkningslager

Skumglas kan utgöra förstärkningslager i alla typer av konstruktioner under förutsättning att spänningarna begränsas. Skumglas uppfyller kraven som material till undre förstärkningslager (skyddslager).

2.1.5 Skumglas som underbyggnad

Skumglas vanligaste användningsområde som underbyggnad är som ett lätt fyllningsmaterial i gator, vägar, hamnar eller vid kompensationsgrundläggning av trummor, broar och olika slag av byggnader.

2.1.6 Skumglas övriga tillämpningar

Övriga tillämpningar där skumglas kan användas är som:

- Dräneringsmaterial
- Kapillärbrytande material
- Slänldränering



Foto, Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

”
Den totala konstruktionen med skumglas som tjälskydd blir ofta ekonomisk.

Figur 2.7. Skumglas som isolerings och dränerande material under en konstgräsbanda.



Foto, Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

Figur 2.8. Projekt Innerøya, Levanger. En kombination av lättfyllning och isolering med skumglas för enfamiljshus. Packning av skumglas för nivå underkant betonggolv.

3. Projekteringsförutsättningar

Skumglas användningsområde är i första hand som:

- Lätt fyllningsmaterial
- Isolerande material
- Dränerande
- Kapillärbrytande

3.1 Miljöpåverkan

Den platsspecifika föroreningsrisken förknippad med användning av skumglas i mark- och vägbyggnad kan normalt betraktas som obetydlig eller ringa. Vid nyttiggörandet kan också ofta påvisas att uttag av naturresurser och energianvändning begränsas.

Användningen av skumglas baserade på återvunnet glasavfall sker regelmässigt i Europa. För användningen av produkten ®HASOPOR finns i Norge framtagna kriterier utarbetade av Statens vegvesen. Kriterierna är formulerade som accepterade gränsvärden baserat på gällande standarder och vägledning. Gränsvärdena finns beskrivna i Bilaga B.

3.2 Materialkvalitet/ klassificering

Eftersom endast en produkt skumglas är tillgänglig i Sverige avser nedanstående materialbeskrivning produkten ®Hasopor. Andra pro-

dukter skall med försök verifiera sina egenskaper. Verifiering av egenskaperna utförs enligt Kapitel 8.

Skumglas tillverkas idag i olika kvaliteter. Som lätt fyllningsmaterial eller tjälskyddsmaterial under statiska belastningar används oftast kvalitéer med låg densitet medan kvalitéer med något högre densitet ofta används som tjälskyddsmaterial. Skumglas kornfördelning ligger inom intervallet 10 – 60 mm. Graderingstalet, C_u , är normalt mindre än 5. Halten material mindre än 0,063 mm kan uppgå till 5 %.

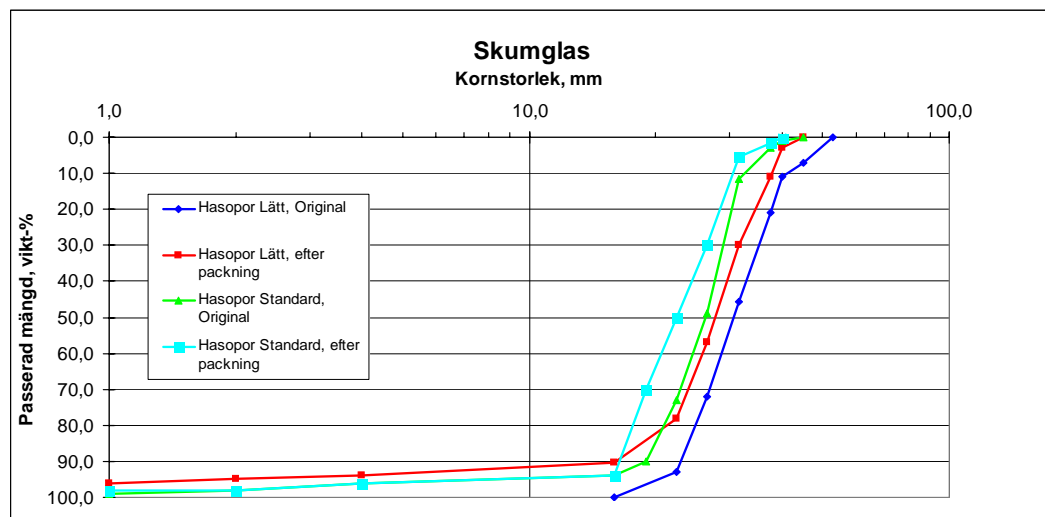
Skumglas är normalt inte tjällyftande och tillhör material enligt tjälfarlighetsklass 1 enligt definition i ATB VÄG.

Vanliga materialegenskaper hos skumglas framgår av Tabell 1.

Vattengenomsläppligheten, k , för skumglas har inte bestämts. Materialets korngradering och kornform innebär att det kan jämföras med grus och krossmaterial. Detta innebär att permeabiliteten kan antas vara $\geq 0,1$ m/s.

Vid packning med lätt vibroutrustning eller bandgående maskin komprimeras materialet 10 – 25 %.

”
Föroreningsrisk förknippad med användning av skumglas i mark- och vägbyggnad är obetydlig eller ringa.



Figur 3.1.
Kornstorleksfördelning för skumglas naturligt och efter packning.

| Egenskap | ®HASOPOR Lätt | ®HASOPOR Standard |
|--|-------------------------------|-------------------------------|
| Kornstorlek | 10–60 mm | 10–50 mm |
| Torr densitet, lös packning | 0,18 ± 0,015 t/m ³ | 0,23 ± 0,015 t/m ³ |
| Korndensitet, torrt material | 0,30 ± 0,02 t/m ³ | 0,43 ± 0,02 t/m ³ |
| Effektiv densitet, torrt material | –0,35 t/m ³ | –0,32 t/m ³ |
| Dimensionerande densitet, 40 år i väg | 0,35 t/m ³ | 0,40 t/m ³ |
| Inre friktionsvinkel | 45° | – |
| Nedkrossningsmotstånd vid 20 % deformation | 0,77 MPa | 0,92 MPa |
| Deklarerad värmeledningsförmåga (λ_D), torrt material | 0,102 W/mK | 0,110 W/mK |
| Korrigerad värmeledningsförmåga (λ), fuktigt material (25 vikt%) | 0,129 W/mK | 0,145 W/mK |
| Korrigerad värmeledningsförmåga (λ), fuktigt material (58 vikt%) | 0,190 W/mK | 0,215 W/mK |
| Kapillär stighöjd | <120 mm | <170 mm |
| Styvhetsmodul ¹⁾ | 150 MPa | 150 MPa |

Tabell 3.1.
Vanliga materialtekniska egenskaper hos skumglas.

¹⁾ Styvhetmodul bestämd vid dynamiska triaxialförsök vid medelspänningen 75 kPa.

3.3 Dimensioneringsförutsättningar

Nedan anges förutsättningar för dimensionering av väg- och anläggningsprojekt med skumglas.

3.3.1 Egentyngd för skumglas

Vid dimensionering väljs ett värde på skumglasets densitet där hänsyn tas till konstruktionens livslängd baserat på att skumglasets densitet ökar med tiden vid utläggning, eftersom vatten absorberas inuti kornen. På kornens yta bildas en vattenhinna och vatten tas upp i skumglasets porer. Vattenupptagningen i kornen skiljer sig mellan olika skumglasprodukter.

För bestämning av egentyngd vid dimensionering ansätts deklarerade värden från tillverkarna som baseras på laboratorieförsök där materialet hålls nedsänkt under vatten. Beräkning av densitetens ökning på grund av vattenupptagning under brukstiden görs enligt Bilaga A.

Egentyngd för ®HASOPOR Lätt och ®HASOPOR Standard framgår av Tabell 3.1.

3.3.2 Horisontaltryck mot stödkonstruktion

Horisontaltryck mot stödkonstruktioner från skumglas beräknas på samma sätt som för en friktionsjord. Dimensionerande friktionsvinkel, ϕ^0 , sätts lika med den karaktäristiska.

För ®HASOPOR skumglas innebär detta att:

$$K_0 = 0,29$$

$$K_a = 0,17$$

$$K_p = 5,83$$

Lastförutsättningar vid dimensionering av stödkonstruktioner i övrigt väljs enligt regler för gällande anvisningar.

3.3.3 Stabilitet och sättningar

Dimensionering med hänsyn till yttre stabilitet (totalstabilitet) och begränsning av sättningar utförs på samma sätt som för konstruktioner av naturliga material. För att säkerställa den inre stabiliteten utformas banksektionen så att säkerheten mot brott blir densamma längs sträckor med skumglas som för övriga delar.

Vid brantare släntlutning för den färdiga banken än 1:1,5 utförs separat kontroll av bankens inre stabilitet. Då skall friktionsvinkeln i skumglasfyllningen ansättas som det deklarerade värdet från typprovning.



Figur 3.2.
Provisorisk vägsträcka med släntlutning 1:1,25 där skumglas och lättklinker använts som lätt fyllning. Observera att lättklinkern har armerats med omlottladga geotextiler för att klara den branta slänten medan skumglasslätten ligger utan åtgärder.

Trafiklast väljs enligt regler för aktuell typ av anläggning. Linjelaster vid kontroll av den inre stabiliteten för vägar eller gångvägar kan väljas enligt kap. C2.1.4.2.3 i ATB VÄG 2003.

Utförs skumglasfyllningen enligt kapitel 5 förväntas sättning i skumglasfyllningen bli maximalt 2 % efter packning.

3.3.4 Uppflytning

Risk för uppflytning, t ex vid högt vattenstånd, uppträder när vattennivån stiger motsvarande ca 1/3-del av skumglasfyllningens tjocklek (under förutsättning att ingen ytterligare belastning finns på skumglasfyllningen).

Dimensionering kan utföras så att vattnets stighöjd multipliceras med en koefficient beroende av krav på säkerhetsklass. Koefficienten kan t.ex. väljas enligt ATB VÄG (säkerhet mot uppflytning). Densiteten för torrt skumglasmaterial skall användas för den del av fyllningen som kommer att ligga över vattennivån.

3.3.5 Dimensionering av överbyggnad

Överbyggnadens tjocklek för vägar och gång- och cykelvägar kan dimensioneras enligt ATB VÄG med tillägget att vertikalspänningen i skumglasfyllningen inte överstiger nedan angivna värden. Minsta obunden överbyggnadstjocklek för vägar med $\dot{A}DT_{tot} > 2\ 000$ är dock 0,5 m.

Vid dimensionering av överbyggnad enligt PMS Objekt används skumglasets styvhetsmodul, M_s , som 80 % av värdet för förstärkningslager enligt ATB VÄG. Detta innebär att värdet 360 MPa väljs som indata oavsett års-tidsperiod. Normalt bör vertikalspänningen inte överstiga 75 kPa. Beräkning av spänningar kan erhållas ur datorprogrammet PMS Objekt.

För andra konstruktioner utförs dimensioneringen med aktuella belastningar.

3.3.6 Tjäle

Skumglas är ett värmeisolerande material och har låg värmeledningsförmåga. Detta gör att skumglas kan användas som tjälskydd. Fyllning av skumglas som tjälskydd för vägar dimensioneras enligt ATB VÄG.

Vid dimensionering av överbyggnadstjocklek med hänsyn till tjäldjup kan värmeledningstallet för frusen skumglas sättas till $\lambda_{fruset} = 0,15$ W/mK. För ofruset material ansätts $\lambda_{ofruset}$ till 0,13 W/mK.

För överslagsberäkningar kan Tabell 3.2 och 3.3 användas för bestämning av isoleringstjocklek med skumglas i vägar och dylikt.

3.3.7 Beständighet

Skumglas är ett keramiskt material och är beständigt mot kemiska ämnen som härrör från väg- och järnvägstrafik exempelvis petroleumprodukter och vägsalt. Skumglas är vanligen kemiskt neutral eller har en svag basisk reaktion.

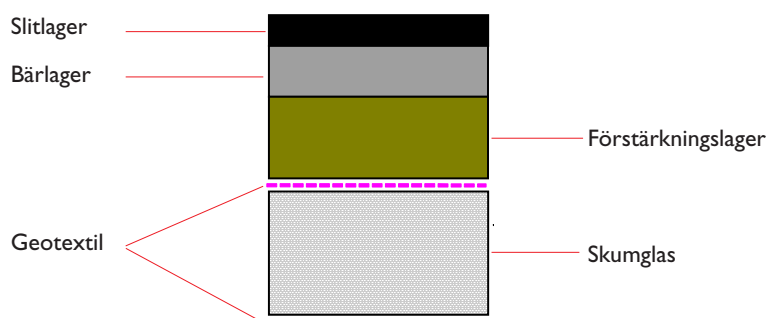
Skumglas har god beständighet mot upprepade frysningar och tiningar. Skumglas i konstruktioner fryser inte sönder under normala förhållanden.

Försök på @HASOPOR skumglas visar att 0,1 % av materialet frusit sönder efter 20 cykler av frysning och tining. Efter 300 frys-cykler är deformationsegenskaperna oförändrade och materialet enligt okulärgranskning utan sprickor.

3.3.8 Konstruktiv utformning av fundament

Belysnings- och räcesstolpfundament inom sträckor med skumglas förutsätter att sektionen runt fundamentet utformas med hänsyn till uppkommande belastning.

”
Vid dimensionering av överbyggnad med PMS Objekt används värdet 360 MPa som styvhetsmodul i skumglasfyllningen.



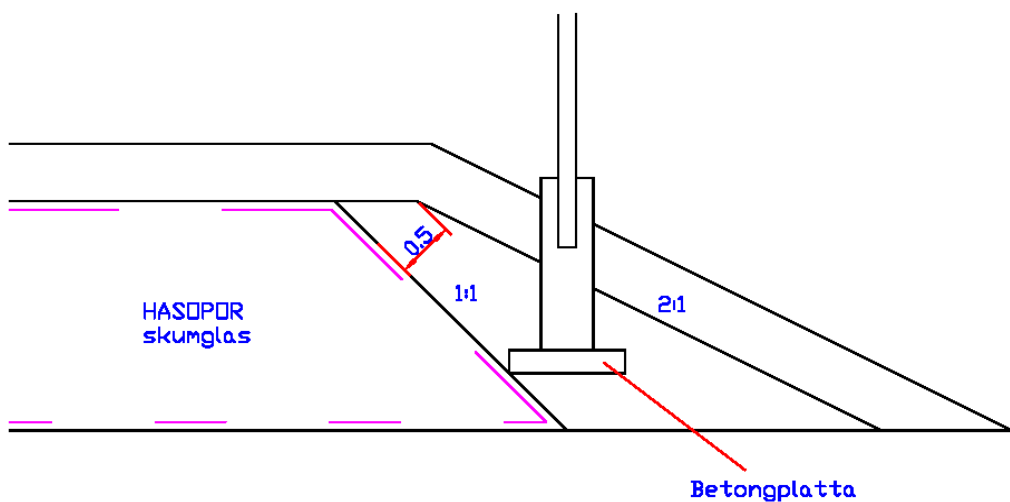
Figur 3.3. Användning av skumglas i vägkonstruktion – principsektion

| Klimatzon | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|
| Referenshastighet VR 50 km/h | 0,06 | 0,12 | 0,18 | 0,23 | 0,29 |
| Referenshastighet VR 70 km/h | 0,12 | 0,18 | 0,23 | 0,29 | 0,37 |

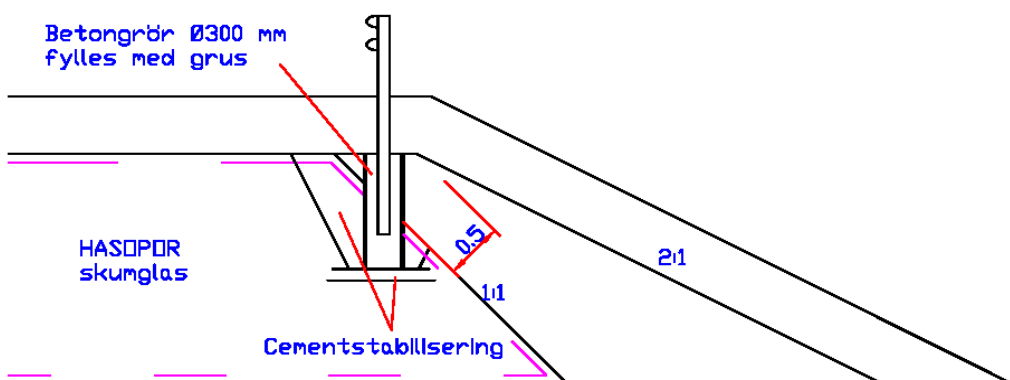
Tabell 3.2.
Erforderlig isoleringstjocklek (m) med ©HASOPOR Lätt (beräknat för värmeledningstal = 0,13 W/mK).

| Klimatzon | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|
| Referenshastighet VR 50 km/h | 0,07 | 0,14 | 0,20 | 0,27 | 0,34 |
| Referenshastighet VR 70 km/h | 0,14 | 0,20 | 0,27 | 0,34 | 0,43 |

Tabell 3.3.
Erforderlig isoleringstjocklek (m) med ©HASOPOR Standard (beräknat för värmeledningstal = 0,15 W/mK).



Figur 3.4.
Exempel på detalj av belysningsfundament på skumglasfyllning. Här placeras fundamentet i stödfyllningen och kringfylls med kross- eller naturmaterial. Om fundamentet placeras i skumglasfyllningen kan cementstabilisering ersätta kross- eller naturmaterial.



”
*Skumglas
har god be-
ståndighet.*

Figur 3.5.
Exempel på detalj av räckesinfästning på skumglasfyllning. Det cementstabiliserade skumglaset kan ersättas med krossmaterial.

4. Redovisning i bygghandling

På arbetsritning för vägkonstruktioner med skumglas anges/visas följande:

”
Glöm inte att beskriva utförande och kontroll.

- Detaljplan
- Principsektion i vägens längdriktning.
- Normalsektion i vägens tvärled.
- Vid behov görs även tvärsektioner i erforderlig omfattning.
- På ritningarna visas utformning och utförande av underbyggnad, överbyggnad och släntskydd (släntlutning, skiktjocklek, materialkrav och packning).
- Stolpfundament och andra konstruktioner visas på speciella ritningar.
- För skumglas skall använda dimensionerande värden anges på densiteten i dränerat läge över grundvattennivån (även densitet under vatten direkt vid utläggning samt densitet under vatten på lång sikt om detta är aktuellt), friktionsvinkel, värmeledningsförmåga för ofruset material samt dimensioneringsperiod.
- Restriktioner för belastningar
- Arbetsbeskrivning och kontrollplan och/eller hänvisning till avsnitt i denna beskrivning.

5. Utförande

Hantering och packning av skumglas utförs med konventionell utrustning. Skumglas ser ut och uppför sig som ett vanligt krossmaterial, men skumglas har lägre kornhållfasthet. Det innebär att hanteringen vid utläggning och packning bör följa nedanstående rekommendationer så att inte onödig nedkrossning av materialet inträffar.

5.1 Utläggning och packning av skumglas

Nedanstående beskrivning gäller i tillämpliga delar alla användningsområden för skumglas.

Utfyllning av skumglas skall göras på otjälät underlag. Under skumglasfyllning läggs normalt ett materialskiljande lager av geotextil. Geotextilens bruksklass kan t.ex. väljas enligt ATB VÄG.

Skumglas skall vid utläggning ha en temperatur över 0 °C och inte innehålla klumpar av snö eller is. Under vinterhalvåret skall skumglas täckas för att undvika inblandning av snö och/eller is.

Skumglas läggs ut i maximalt 0,8 m tjocka lager med släntlutning 1:1 eller flackare. Angiven maximal lagertjocklek är efter packning. Skumglas planeras ut och packas med bandgående maskiner med ett marktryck ≤ 50 kPa. Antalet överfarer är minst två (2).

Där man inte kommer till med bandgående maskiner t.ex. i anslutning till konstruktioner (broar, stödmurar, m.m.) begränsas lagertjockleken till 0,5 m och varje lager av skumglas packas med fyra (4) överfarer med vibroplatta med vikt 100 – 200 kg.

Materialskiljande lager läggs ut på överytan och på sidorna av skumglas materialet. Välj materialskiljande lager t.ex. enligt ATB VÄG.

När skumglas materialet används direkt under plattor, sulor, golvkonstruktioner, m.m. packas skumglas med vibroplatta enligt tabell CE/4 i Anläggnings AMA. Därvid väljs lagertjockleken som för material enligt materialtyp 2 medan antalet överfarer halveras.

Undvik onödig trafik direkt på skumglas materialet.

”
Skumglas läggs ut i maximalt 0,8 m tjocka lager.

| Bandgående maskin | Lättfyllnad Bandtryck ≤ 50 kPa | Tjälskydd Bandtryck ≤ 50 kPa | Ledningsgrav |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|--------------|
| Maximal lagertjocklek efter packning Antal överfarer | 0,8 m 2 | 0,5 m 2 | – . |
| Vibroplatta | 100 – 200 kg | 100 – 200 kg | 50 kg |
| Maximal lagertjocklek efter packning Antal överfarer | 0,5 m 2 | 0,5 m 2 | 0,3 m 4 |

Tabell 5.1. Rekommendationer för lätt och normal packning av skumglas med bandgående maskin och vibroplatta enligt i Norsk Standard, NS 3458 - Compaction. Requirements and execution.



Foto, Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS



Foto, Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

Figur 5.1. Utläggning av skumglas som lätt fyllning.

Vid högre krav till packning hänvisas till leverantören av skumglas materialet.

Krav på nivå för skumglasfyllningens överyta väljs enligt Anläggnings AMA för aktuell kategori A, B eller C.

Om skumglaset tippas i högar kan utläggningen ske genom att den utbredds och jämnas till manuellt.

Vid utläggning av skumglas i schaktgrop erfordras läns pumpning.

”
**Stödfyllning
på slänter
läggs lämpligen ut samtidigt med överbyggnaden.**

5.2 Stödfyllning på slänter

Materialskiljande lager av geotextil erfordras mellan skumglas och stödfyllning. Geotextilens bruksklass kan t.ex. väljas enligt ATB VÄG.

Stödfyllningen skall utgöras av materialtyp 1, 2 eller 3 enligt Anläggnings AMA. Fyllningens tjocklek skall vara minst 0,3 m mot skumglas och läggs med släntlutning 1:1,3 eller flackare beroende av bl.a. fyllningsmaterialets egenskaper.

5.3 Överbyggnad

Materialskiljande lager erfordras vid behov på ytan mellan skumglaset och överbyggnadsmassorna. Krav på materialskiljande lager kan t.ex. väljas enligt ATB VÄG.

Överbyggnadsmaterial får inte tippas direkt på skumglasfyllningen utan skall tippas bredvid och bredas ut i ett minst 0,15 m tjockt lager.

Packning av det första lagret utförs med fyra (4) överfarter med vibrerande vält med statisk linjelast av 10 – 20 kN/m eller motsvarande packningseffekt. Resterande lager packas enligt Anläggnings AMA.

Resterande överbyggnadsmassor utläggs med lagertjocklek beroende av tillgängligt packningsredskap.

För transport av tyngre fordon skall överbyggnadens tjocklek vara minst 0,2 m. På avsnitt som skall användas som transportväg under byggskedet skall överbyggnadens tjocklek vara minst 0,4 m.

6. Drift och underhåll

Behovet av drifts- och underhållsåtgärder minskar normalt när skumglas används i anläggningsobjekt genom att sättningar reduceras och att tjällyftningar minskar. I Norge har inga extra underhållsåtgärder erfordrats på anläggningar med skumglas sedan produkten började användas 1999.

Skumglas är lätt att schakta i och schakt kan även utföras med handverktyg. För att undvika eller reducera inblandning av fyllningsmaterial, bör handschakt tillgripas vid den sista framschaktningen av skumglas materialet. Har materialskiljande lager av geotextil använts kring skumglaset underlättas detta arbete avsevärt. Arbetet kan bedrivas utan särskild skyddsutrustning. Skumglas materialets enda påverkan är att densiteten ökat något på grund av att aggregaten tagit åt sig vatten.

”

I Norge har inga extra underhållsåtgärder erfordrats på anläggningar med skumglas.

7. Återbruk, deponering eller överlåtelse

Återanvändning

Om en konstruktion där skumglas ingår skall grävas ur, skall skumglaset i första hand återanvändas på nytt i en motsvarande konstruktion eller lagras för senare bruk. Vid lagring utomhus bör skumglashögen täckas över för att undgå inblandning av snö och/eller is.

Om återanvändning inte kan ske i närliggande anläggningsobjekt, bör skumglaset värderas som konstruktionsmaterial inom andra applikationer.

Deponering

Skumglas bör normalt kunna återanvändas på annan plats varvid deponering undviks.

Materialiet, som består av 8 % glas och resten av luft, kan vanligen deponeras på deponier för inert avfall, NFS 2004:10.

Överlåtelse

Vid överlåtelse av en anläggning skall dokumentation av konstruktionen med ritningar över utformningen samt materialtekniska data överlämnas den nya ägaren.

”
Skumglas bör återanvändas så att deponering undviks.

8. Kvalitetskrav och kontroll

8.1 Allmänt

Skumglas som används i anläggningskonstruktioner bör ha deklarerade egenskaper enligt avsnitt 8.2, vilket kompletteras med mottagningskontroll enligt avsnitt 8.3.

Om skumglas är certifierad eller verifierad genom tillverkarförsäkran är mottagningskontrollen förenklad med endast en kontroll av följesedeln.

8.2 Deklarerade egenskaper

Intyg på de deklarerade egenskaperna skall delges beställaren. Deklarationen innebär att typprovning och produktionsprovning utförs för nedanstående egenskaper med tillhörande provningsmetod enligt kvalitetssystem 4 eller bättre, se direktiv 89/106/EEC (CPD) bilaga III.2.(ii). Intyget får inte vara äldre än 12 månader. Med återkomsttid avses lägsta frekvens för produktionskontroll.

8.2.1 Densitet

För beräkning av materialets karaktäristiska densitet skall provning på laboratoriet vara utförd för torrdensitet, korndensitet samt kontroll av vattenupptagningsförmåga och kapillaritet.

- Bestämning av densitet skall utföras på torrt material enligt SS-EN 1097-3. Återkomsttiden är 1 gång per dag.
- Korndensitet bestäms enligt SS EN 1097-6. Återkomsttid 1 gång per år.
- Bestämning av vattenabsorptionsförmågan skall göras efter 28 (produktionskontroll) och 365 dygn (typprovning) enligt SS-EN 12087 eller enligt SS-EN 1097-6. Återkomsttiden skall vara 1 gång per år.
- Bestämning av kapillaritet och stighöjd skall göras enligt SS-EN 1097-10. Återkomsttiden är 1 gång i månaden.

Den karaktäristiska densiteten för skumglas beräknas enligt Bilaga 2 för den erforderliga dimensioneringsperioden (normalt 40 år för vägar). Utöver värdena för torrdensitet, korndensitet samt absorptionsförmågan efter 28 och 365 dygn skall värden deklarerars för den

karaktäristiska densiteten ovan grundvattensytan samt den effektiva densiteten under vatten, direkt vid utläggning och på lång sikt.

8.2.2 Kornstorleksfördelning

Kornstorleksfördelningen skall bestämmas enligt SS-EN 933-1 och SS-EN 933-2. Återkomsttiden är 1 gång i månaden. Kornstorleksfördelningen deklarerars.

8.2.3 Hållfasthetsegenskaper

Tryckhållfasthet

Tryckhållfastheten (nedkrossningsmotståndet) hos skumglas kan beskrivas som kornens tryckhållfasthet, där man bestämmer vilken maximal last som kornen klarar innan nedkrossning av materialet sker.

Vid korttidsbelastning bestäms tryckhållfastheten enligt SS-EN 13055-1 annex A. Värdet skall deklarerars och värdet skall minst vara 0,6 MPa. Återkomsttiden är 1 gång per vecka.

Friktionsvinkel

Hållfastheten hos konstruktionen bekräftas genom bestämning av friktionsvinkeln. Friktionsvinkeln skall bestämmas genom triaxialförsök med förutsättningar enligt nedan med en återkommstid av 2 år.

Bestämning av skumglas friktionsvinkel skall utföras genom triaxialförsök. Vid försöken skall provets diameter vara minst 10 gånger större än diametern för de största kornen. Friktionsvinkeln är spänningsberoende och skall utvärderas från tre försök på fast lagrade prover. Packningen skall ske genom vibrering så att kornen inte krossas. Proverna skall konsolideras för ett allsidigt (isotrop) celltryck av ca 30, 60 och 90 kPa. Friktionsvinkeln skall utvärderas som friktionsvinkeln vid kritisk lagring, ϕ'_{cv} .

8.2.4 Värmeledningsförmåga

Värmeledningstalet skall bestämmas för ofru-set, torrt material enligt SS-EN 12664 eller SS-EN12667. Återkomsttiden är minst 1 gång per år. λ -värdet deklarerars.

”
Skumglas som används i anläggningskonstruktioner bör ha deklarerade egenskaper.

Tabell 8.1
Sammanställning av de egenskaper som bör deklarerats för en typprovning och produktionskontroll.

| Egenskap | Provningsmetod | Lägsta frekvens |
|---|--|----------------------|
| Torr densitet | SS-EN 1097-3 | 1 gång per dag |
| Nedkrossningsmotstånd | SS-EN 13055-2 | 1 gång per vecka |
| Kapillaritet | SS-EN 1097-10 | 1 gång per månaden |
| Kornstorleksfördelning | SS-EN 933-1 och SS-EN 933-2 | 1 gång per månaden |
| Värmeledningstal, torr och fuktigt material | SS-EN 12664 eller SS-EN 12667 | 1 gång per 3 månader |
| Korndensitet | SS-EN 1097-6 Annex C eller SP 758 | 1 gång per år |
| Vattenabsorbtion | SS-EN 12087 eller SS-EN 1097-6 Annex C | 1 gång per år |
| Karaktäristisk densitet ovan gvy | Beräkning enligt Bilaga B | 1 gång per år |
| Densitet under gvy, vid utläggning | Beräkning enligt Bilaga B | 1 gång per år |
| Densitet under gvy, efter lång tid | Beräkning enligt Bilaga B | 1 gång per år |
| Uppträdande vid cyklisk belastning | SS-EN 13286-7 | 1 gång per 2 år |
| Friktionsvinkel | Statisk triaxialförsök | 1 gång per 2 år |
| Motstånd mot frysning och tining | SS-EN 12091 och SS-EN 13055-2 | 1 gång per 2 år |

8.3 Typ- och produktprovning

I tabell 8.1 framgår vilka egenskaper som skall deklarerats för en typprovning och produktionskontroll.

8.4 Mottagningskontroll

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

8.5 Icke certifierad produkt

För material som är produktdeklarerad enligt system 4 ska mottagningskontroll utföras. Detta innebär kontroll av materialets aktuella skrymdensitet och tryckhållfasthet på levererat material. Provtagning ska omfatta tre provtag per objekt eller per 2500 m³.

Skrymdensiteten på skumglas skall testas enligt SS-EN 1097-3. Godtagbara värden på skrymdensiteten skall ligga inom $\pm 10\%$ av deklarerad torr densitet enligt intyg från leverantörens typprovning.

Tryckhållfastheten skall provas enligt SS-EN 13055-1 och får ej vara under 90 % av deklarerat värde enligt intyg från leverantörens typprovning.

8.6 Certifierad produkt

För skumglas som är certifierad innebär mottagningskontrollen att man skall verifiera produkten vid leverans till arbetsplatsen genom kontroll av följesedeln.

8.7 Verifiering av utförande

Skumglasfyllning indelas i egna kontrollobjekt och skall vid behov kontrolleras avseende nivå och bärighet. Egenkontroll skall ske på packningen i form av tillverkanförsäkran av utföraren. Bärigheten kan kontrolleras på överytan av det obundna överbyggnadslagret.

”
Mottagningskontroll utförs genom uttag av 3 prover per objekt eller per 2500 m³.

9. Referenser/hänvisningar

9.1 Publikationer och skrifter

| <i>Titel</i> | <i>Publ nr</i> |
|--|----------------------|
| Håndbok 018 Vegbygging | Normal 018 |
| Håndbok 016 Geoteknikk | Normal 016 |
| European Technical Approval | ETA -05/0187 |
| Common Understanding of Assessment Procedure | ETA request 12.01/08 |

9.2 Övriga skrifter

Byggeindustrien 6/2005. Hans Boye Skogstad (NBI) (2005). Byggforsk informerer om - Dokumentasjon av nytt produkt, granulert skumglass.

Edeskär, T. (LTU), Rogbeck, Y. (SGI) & Svedberg, B. (Ecoloop) (2005). Spännande lösningar med nya lättfylldsmaterial. Bygg & Teknik 1/05.

Holdhus S (2004). Bruk av skumglass i vegbygging. Masteroppgave, Institutt for bygg anlegg og transport, Norges tekniska-naturvitenskapelige universitet (NTNU).

Håøya A-O, Aabøe R, Breedved G, Moen S, Engelsen C & Unsgård GT (2006). Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer – Skumglass, Prosjektrapport nr 14d fra Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport 2436, Statens vegvesen, Vegdirektoratet, 2006.

Peterson, A (2004). Miljøsystemanalys for alternativa lättfylldsmaterial i vägar. Examensarbete, Industriellt miljöskydd, Kungliga tekniska högskolan (KTH).

Petkovic G, Håøya A-O, Engelsen C, Breedved G, Moen S, Aabøe R, Jørgensen T, Unsgård GT (2006). Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging, Prosjektrapport nr 14 fra Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport 2432, Statens vegvesen, Vegdirektoratet 2006.

Petkovic G, Håøya A-O, Engelsen C, Breedved G, Moen S, Aabøe R, Jørgensen T & Unsgård GT (2006). Acceptance limits for the content of pollutants in recycled materials in road constructions, Norwegian Roads Recycling R&D program.

Svedberg B (Ecoloop/LTU) (2005). Väg in nyttoaspekter vid användning av restmaterial. RVF Nytt 4/2004.

Kärrman, E & Svedberg, B (Ecoloop), Olsson, S & Peterson, A (KTH), samt Berg, M (ÅF) (2004). Fel fokusera på utlakning. Miljösystemanalys väger in fler miljöaspekter.

Vägverket (2007). Alternativa material i väg- och järnvägsbyggnad. Vägverket Publikation 2007:110. Kontaktperson Åsa Lindgren.

9.3 Standarder

SS-EN 933-1

Ballast - Geometriska egenskaper - Del 1: Bestämning av kornstorleksfördelning - Siktning.

SS-EN 933-2

Ballast - Geometriska egenskaper - Del 2: Bestämning av kornstorleksfördelning - Siktar, öppningars nominella storlek.

SS-EN 1097-3

Ballast - Mekaniska och fysikaliska egenskaper - Del 3: Bestämning av skrymdensitet och hålrumshalt hos löst lagrad ballast.

SS-EN 1097-6

Ballast - Mekaniska och fysikaliska egenskaper - Del 6: Bestämning av korndensitet och vattenabsorption.

SS-EN 1097-10

Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – Del 10: Bestämning av kapillärlängd.

SS-EN 12087

Värmeisoleringsprodukter för byggnader – Bestämning av vattenabsorption vid långvarig nedsänkning i vatten.

SS-EN 12091

Värmeisoleringsprodukter för byggnader – Bestämning av motståndsförmåga mot frysning-tining.

SS-EN 12664

Byggmaterials och byggprodukters termiska egenskaper – Bestämning av värmemotstånd med hjälp av plattapparat med skyddszon och värmeväxlingsmätarapparat – Torra och fuktiga produkter med medelstort och litet värmemotstånd.

SS-EN 12667

Byggmaterials och byggprodukters termiska egenskaper – Bestämning av värmemotstånd med hjälp av plattapparat med skyddszon och värmeväxlingsmätarapparat – Produkter med stort och medelstort värmemotstånd.

SS-EN 13055-1/AC:2005

Lättballast – Del 1: Lättballast för betong och bruk (inklusive injekteringsbruk).

SS-EN 13055-2:2005

Lättballast – Del 2: Lättballast för asfaltmassor, ytbehandling, obundna och bundna tillämpningar.

SS-EN 13286-7:2004

Obundna och hydrauliskt bundna vägmaterier – Del 7: Treaxialförsök för obundna vägmaterier.

NS 3458

Packning. Krav och hantering (Compaction. Requirements and execution).

NS 3420-I5

Specifik text för byggningar, konstruktioner och installationer. Del I5: Underbyggnad för vägar, järnvägar, motorvägar, parkeringsplatser, m.m. (Specification texts for building, construction and installations. Part I5: Substructures for roads, railroads, runways, parking fields, etc.).

Beräkning av densitet för skumglas

Beräkning av densitet för skumglas

Eftersom endast kortvariga resultat från fältförsök föreligger skall densiteten beräknas utifrån laborieförsök där materialet hålls nedsänkt under vatten under minst 300 dygn. Resultat visar hittills att vattenupptagningen är nära en rätlinjig funktion mot roten ur tiden.

Beräkning av densitet för skumglas ovan grundvattenytan

Beräkning avser skumglas som placeras i dränerad miljö så att den ständigt befinner sig över grundvattennivån. Eftersom fältförsök saknas förutsätts vattenupptagningen i dränerad miljö ske på samma sätt som för lättklinker. Därvid har konstaterats att vattenupptagningen i dränerad miljö motsvarar 25 – 50 % av den när materialet ligger helt under vatten. Tills vidare har förutsatts att vattenupptagningen i dränerad miljö motsvarar 40 % av den under vatten.

$$\rho_{kar,t} = P \cdot \rho_d + W_Y + W_{A,kar,t}$$

där

$\rho_{kar,t}$ = Karaktäristisk densitet efter t dygn

P = Packningsfaktor normalt mellan 1,15 och 1,25

ρ_d = Deklarerad torrdensitet, [t/m³]

W_Y = Tyngd av vattenmängd på kulornas ytor, [t/m³]

$W_{A,kar,t}$ = Tyngd av absorberad vattenmängd i skumglasaggregaten efter t dygn, [t/m³]

Vattenmängden på skumglasets ytor beräknas med antagandet att den är densamma som på gruskorn med samma diameter. Detta innebär att vattenmängden på skumglasaggregatens yta antas vara 0,13 kg/m². Vattenmängden på aggregatens ytor, W_Y , kan därmed beräknas enligt:

$$W_Y = \frac{0,95 \cdot \rho_d}{D}$$

där:

ρ_d = Deklarerad torrdensitet, [t/m³]

ρ_{korn} = Deklarerad korndensitet, [t/m³]

D = Skumglaskornens medeldiameter, [mm]

Den karaktäristiska tyngden av absorberat vatten i aggregatens porer efter en godtycklig tid erhålls ur nedanstående ekvation:

$$W_{A,kar,t} = \left[\frac{(W_{A,300} - W_{A,30}) \times (\sqrt{t} - \sqrt{30})}{\sqrt{300} - \sqrt{30}} \times \frac{5}{6} + W_{A,30} \right] \times 0,40$$

där

$W_{A,kar,t}$ = Tyngden av absorberat vatten i skumglasaggregaten efter t dygn [t/m³]

t = Godtycklig dimensioneringstid [dygn] (större än 30 dygn)

$W_{A,300}$ = Tyngden av det absorberade vattnet i skumglasaggregaten efter 300 dygn under vatten i laboratoriet, [t/m³]

$W_{A,30}$ = Tyngden av det absorberade vattnet i skumglasaggregaten efter 30 dygn under vatten i laboratoriet, [t/m³]

Bilaga A

Men $W_{A,kar}$ har ett högsta värde när kornen är helt vattenfyllda. Detta högsta värde erhålls ur nedanstående ekvation:

$$W_{A,kar} \leq \left(\frac{\rho_d}{\rho_k} - \frac{\rho_d}{\rho_s} \right)$$

där

ρ_s = Skumglas kompaktdensitet (kan sättas till 2,5 t/m³)

I övrigt med beteckningar enligt ovan.

Beräkning av densitet för skumglas under (grund)vattenytan

Beräkning avser skumglas som befinner sig under (grund)vattennivån. För detta fall beräknas den effektiva densiteten (lyftkraften) enligt:

$$\rho_{\text{eff}} = \left(1 + \frac{2W_{B,kar,t}}{\rho_d} - \frac{1}{\rho_k} \right) \cdot P \rho_d$$

där

$W_{B,kar,t}$ = Tyngden av absorberat vatten per m³ av skumglasaggregaten efter t dygn [t/m³]

I övrigt med beteckningar enligt ovan.

Den karaktäristiska tyngden av det absorberade vattnet i skumglasaggregaten efter en godtycklig tid (större än 30 dygn), $W_{B,kar,t}$, erhålls ur nedanstående ekvation:

$$W_{B,kar,t} = \frac{(W_{A,300} - W_{A,30}) \times (\sqrt{t} - \sqrt{30})}{\sqrt{300} - \sqrt{30}} \times \frac{5}{6} + W_{A,30}$$

För fallet helt torr skumglas, d.v.s. det fall som kan uppträda direkt vid utläggning, blir den effektiva densiteten:

$$\rho_{\text{eff}} = \left(1 - \frac{1}{\rho_k} \right) \cdot P \rho_d$$

Densitet för skumglas i en omväxlande dränerad och icke dränerad miljö

Hit räknas skumglas som är placerat i ett läge så att det omväxlande befinner sig över och under grundvattennivån.

Den karaktäristiska tyngden av det absorberade vattnet i skumglasaggregaten efter en godtycklig tid (större än 30 dygn), $W_{C,kar,t}$, erhålls ur nedanstående ekvation:

$$W_{C,kar,t} = \left[\frac{(W_{A,300} - W_{A,30}) \times (\sqrt{t} - \sqrt{30})}{\sqrt{300} - \sqrt{30}} \times \frac{5}{6} + W_{A,30} \right] \times (1 - 0,60T_d)$$

där

$W_{C,kar,t}$ = Tyngden av absorberat vatten per m³ av skumglasaggregaten efter t dygn [t/m³]

T_d = andelen av vägkonstruktionens livslängd som det aktuella skumglaslagret kommer att befinna sig över grundvattenytan

Den karaktäristiska densiteten, $\rho_{kar,t}$, under perioder när materialet ligger över vattenytan blir:

$$\rho_{kar,t} = P \cdot \rho_d + W_Y + W_{C,kar,t}$$

Miljøpåverkan

Resultat från Statens vegvesens miljøarbeite med @HASOPOR skumglas.

Statens vegvesen har under en längre period genomfört utlakningsförsöker (pH-stat, kolonförsöker och fullskaliga fältförsök) på @HASOPOR skumglas. Tabellen visar acceptabla gränsvärden för @HASOPOR skumglas för vägändamål som baserar sig på standardvägscenario som beskrivs i *prosjektrapport 14d "Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – Skumglass" i Gjenbruksprosjektet*.

Utgangspunktene till gränsvärdena (tabell, kolumn 6) baserar sig på följande procedur.

- Steg 1 – 2: Definition av problemen och beskrivning av scenario.
[Definition of the problem and description of the scenario].
- Steg 3 – 7: Utlakningsdata för skumglas materialet, faktorer som påverkar utlakning, modellering och "bevis".
[Leaching characteristics of the recycled material, factors influencing leaching, modelling and validation].
- Steg 8: Miljöriskvärdering med invers beräkning.
[Environmental risk assessment with inverse calculation].

Gränsvärdena i kolumn 6 (gulmarkerad) är totalinnehållsvärden som @HASOPOR skumglaset kan innehålla för det beskrivna vägscenario. Totalinnehållsvärdena i kolumn 2 (blåmarkerad) är Max. dokumenterat totalinnehåll i @HASOPOR materialet enligt ackrediterad analys.

| Parameter | Konsentrasjon (mg/kg) | | | | | Kommentar |
|-----------|--------------------------------|------------------------------|---|--|------------------------------|---|
| | Maks. dokumentert totalinnhold | ¹ Norm-verdi jord | ¹ Steds-spesifikk aksept-verdi | Maks verdi fra invers-beregning ² | Grense-verdier for skumglass | |
| | Akkreditert analyse | SFT99:01 Trinn I | SFT99:01 Trinn II | | | Avgjørende kriterium for valgt grenseverdi for aksept |
| As | 32 | 2 | ³ 20 | 33 | 40 | Inversberegn. – overflatevann ⁹ |
| Pb | 862 | 60 | 1400 | 873 | ⁴ 1000 | Inversberegn. – overflatevann ⁹ |
| Cd | 1,3 | 3 | 14 | 2,2 | 2 | Inversberegn. – overflatevann |
| Cu | 163 | 100 | ⁵ < 10.000 | 546 | 200 | maks. dok. innhold |
| Cr tot | 354 | 25 | ⁵ < 10.000 | ⁶ 55 | ⁷ 550 | Inversberegn. – overflatevann |
| Hg | 0,15 | 1 | 230 | 0,7 | 1 | Trinn I – kriterier for jord |
| Ni | 54 | 50 | 1.700 | 182 | 50 | Trinn I – kriterier for jord |
| Zn | 136 | 100 | ⁵ < 10.000 | 1455 | 200 | maks. dok. innhold |
| Sb | ⁸ 52 | - | - | 100 | 150 | Inversberegn. – grunnvann ⁹ |

Tabell B.
 Prosjektrapport 14d
 "Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging - Slumglass" i Gjenbruksprosjektet:

- Humantoksikologisk vurdering, scenario trinn I "følsom arealbruk" og trinn II "standardvegen".
- Human- og økotoksikologisk vurdering, scenario "standardvegen".
- Verdien er tatt ut fra NGUs anbefalninger [18].
- Grenseverdien på 1000 mg/kg er trygg for pH-nivåer over 5,5. For lavere pH (sur jord eller surt grunnvann), utvidet karakterisering anbefales.
- Ingen uakseptabel eksponering er forventet for konsentrasjoner < 10 000 mg/kg.
- Antatt å være Cr VI.
- Grenseverdi for totalinnhold av Cr med antakelsen om maks. 10 % Cr VI.
- Kun fire serier er tilgjengelig.
- Inversberegning er justert opp som følge av dokumentert lav utlekking.

Exempel på vägkonstruktioner med skumglas

Skumglas började användas som vägbyggnadsmaterial i Norge under år 1998. Under dessa år har skumglas används i 90 vägprojekt i Norge och Sverige, eller uttryckt i volym ca 83 000 m³. I Sverige har skumglas används i vägsammanhang sedan sommaren år 2000.

Statens Vegvesen i Norge har utfört fältförsök på totalt 12 vägprojekt där skumglas har ingått som antingen lättfyllnadsmaterial eller som tjälisoleringsmaterial. Några av dessa projekt är listade i Tabell C och ytterligare presenterade med projektbeskrivningar i bilagan.

Tabell C.
Fältförsök utfört av Statens vegvesen.

| Vägsträcka | Etablering | Utförde mätningar/ undersökningar | Tidpunkt | Material |
|--------------------|------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|
| E6, Klemetsrud | År 2003 | Densitetsmätning | År 2003 | ®HASOPOR lätt |
| | | Kornfördelning | År 2003 | |
| | | Slangsättningsmätning | Kontinuerligt | |
| GC-väg, Lodalen | År 2001 | Densitetsmätning | År 2001 | ®HASOPOR lätt |
| | | Slangsättningsmätning | Kontinuerligt | |
| E6, Steinkjer | År 2002 | Densitetsmätning | År 2002/2004 | ®HASOPOR standard |
| | | Vatteninnehåll | År 2002/2004 | |
| | | Kornfördelning | År 2002/2004 | |
| | | Plattbelastning | År 2002 | |
| | | Fallviktsmätning | År 2002 | |
| | | Slangsättningsmätning | Kontinuerligt | |
| Rv 31, Røros | År 2000 | Plattbelastning | År 2000 | ®HASOPOR standard |
| | | Fallviktsmätning | År 2000 | |
| | | Registrering i Vägdatabanken | Varje år (sommar) | |
| Fv 531, Røros | År 2001 | Tjälgränsmätning | Vintern 2001/2002 | ®HASOPOR standard |
| | | Registrering i Vägdatabanken | Varje år (sommar) | |

Projektexempel

– skumglas som lättfyllning



Foto: Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

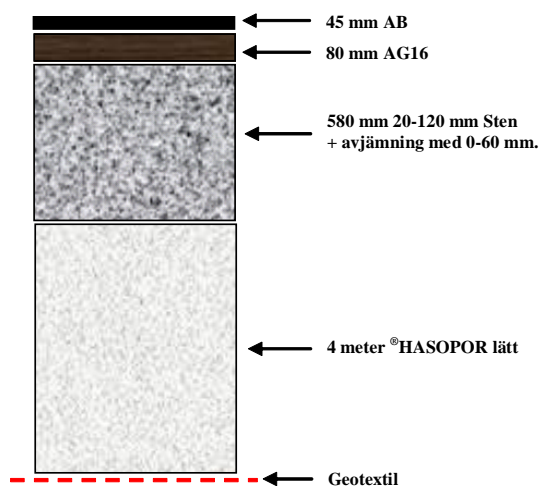
E6 Klemetsrud (Oslo)

Projektet

Under sommaren 2003 användes skumglas (®HASOPOR lätt) som lätt fyllning för en tillfällig förfart i samband med anläggningsarbete på E6 vid Klemetsrud. Eftersom den tillfälliga vägen passerade en större vattenledning hade belastningen från konstruktionen en stor betydelse. Ledningen skulle skonas i största möjliga grad för sättningar. Väg E6 har ÅDT på 30 000 fordon med hög andel tung trafik.

Efter att den nya sträckningen hade tagits i bruk, revs den tillfälliga förbifarten och skumglasmassorna flyttades och återanvändes på en annan sträcka på E6:an som lätt fyllning. Marken på platsen där de återanvända massorna användes var lös och blöt.

Konstruktion



Figur C1-1.
Vägkonstruktion, E6 Klemetsrud.

Bilaga C1

Utförande

Arbetet började med terrassering och utläggning av geotextil. Geotextilen placerades på terrassen och upp längs sidorna. Skumglaset tippades från bil direkt på plats (ändtipp). Bilarna som för det mesta används för transport av skumglas är i utgångspunkt baserade på transport av flis och har en volym som motsvarar 110 m³ skumglas per fordon.

Skumglaset planerades ut i lager på ca 1,5 m med grävmaskin. Grävmaskinen som hade ett bandtryck på 45 kN/m² utförde en lätt packning, 2 – 3 överfarter av varje lager under planering.

Förstärkningslagret utlades därefter och packades med vibrerande vält enligt normalt förfarande.

Figur C1-2a.
Geotextil under och på sidan av blivande skumglasfyllning.



Foto: Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

Figur C1-2b.
Planering och packning av skumglaset med grävmaskin.



Foto: Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

Figur C1-2c.
Packning av skumglaset med bandtryck 45 kN/m².



Foto: Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

Erfarenheter

Under projektet genomförde Statens Vegvesen flera fältförsök. Försöken utfördes även i samband med att den tillfälliga vägsträckan revs och skumglaset återanvändes. Försöksresultat som finns avser: Komprimering, densitet, vatteninnehåll, kornstorleksfördelning och deformation.

Komprimering:

ca 17 volym-% (eller 1,20 i förhållande löst utlagt tjocklek/fast anbragd tjocklek).

Densitet och vatteninnehåll:

Uppgrävning efter första utläggningen visade en genomsnittlig densitet på 270 kg/m³ med vattenkvoten 0,5 %. Vid flyttningen av skumglaset gjordes ytterligare mätningar. Resultaten var varierande, med densiteten 280 kg/m³ med vattenkvoten 8,5 %.

Kornstorleksfördelning:

Kornstorleksfördelningen blev undersökt både efter första utläggningen, men även när skumglaset flyttades. Åtta prover undersöktes. Sex stycken efter första utläggningen och två när skumglaset flyttades. Resultaten varierade och det högsta värdet härrör troligen från områden där trafiken eller packningen har varit ovanligt stor. Medelvärdet för partiklar ≤ 8 mm var ca 17 % att jämföras med materialet från fabrik där andelen är liten.

Deformation:

Vid utförandet av den tillfälliga förbifarten installerades deformationsmätare (slangar), en slang över och en slang under skumglasfyllningen. Uppmätt korttidsdeformation var 1 %.

Gång- och cykelväg, Lodalen (Oslo)



Foto. Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

Projekt:

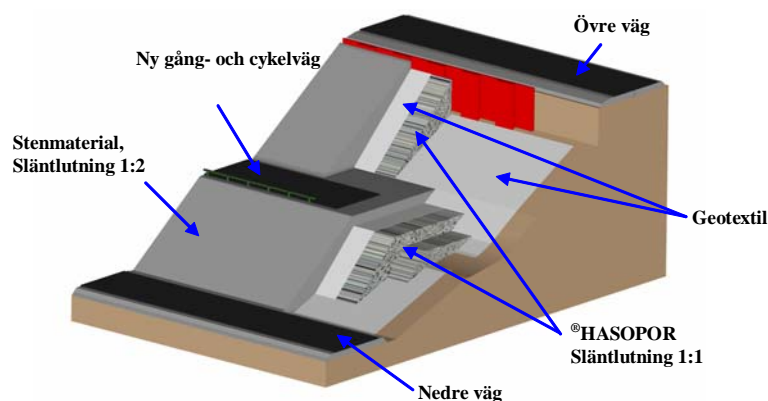
Under sensommaren 2001 används skumglas (®HASOPOR lätt) som lätt fyllning under arbetet med en gång- och cykelväg. Gång- och cykelvägen placerades i en slänt, där jorden bestod av lera. Säkerheten mot skred var låg. Eftersom slänten inte kunde belastas ytterligare blev en del av den naturliga jorden bortschaktad och ersatt med skumglas (kompenserande konstruktion).

Konstruktion:

1,5 meter med skumglas (®HASOPOR lätt)

Utförande:

Arbetet utfördes i två etapper. Första etapp färdigställde den nya gång- och cykelvägen. I nästa etapp gjordes övre slänt, den mellan gång- och cykelvägen och den övre vägen.



Figur C2-1.
Gång- och cykelväg,
Lodalen Oslo.

Bilaga C2

Arbetet började med terrassering av gång- och cykelvägen. Geotextil, bruksklass 2 placerades på terrassen. Skumglas transporterades på plats med hjullastare. Skumglas planerades ut och packades lätt med en 8 tons grävmaskin. Skumglas blev utlagt i ett 1,5 m tjockt lager. Packning av skumglas i slänterna blev gjort med grävmaskinens skopa.

Överytan av skumglas packades med två överfarter av en 2,5 ton vibrerande tandemsvält. Geotextil placerades mellan skumglas och överbyggnaden. Överbyggnaden blev sedan utlagd och packad enligt normal förfarande. På slänten planerades stenmaterial ut i en släntlutning på 1:2.

Arbetet med etapp 2 genomfördes efter etapp 1 var färdig. Skumglas sidotippades från lastbil från den övre vägen ner i slänten och planerades ut med grävmaskin.



Foto: Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

Figur C2-2a.
Internt transport av skumglas (©HASOPOR lätt).



Foto: Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

Figur C2-2b.
Planering och packning av skumglas med grävmaskin.



Foto: Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

Figur C2-2c.
Packning av skumglas med en tandemsvält, 2,5 ton, 2 överfarter.

Erfarenheter

Under projektet genomförde Statens Vegvesen flera fältförsök. Försöksresultat som finns avser: Komprimering, densitet, vatteninnehåll och deformation.

Komprimering:

Det utlagda skumglaslagret (1,5 meter) packades med en vibrerande tandemsvält (Dynapac CC 10, vikt 2,5 ton) med 2 till 3 överfarter.

Komprimeringen blev ca 20 % (eller ca 1,25 i förhållande löst utlagd tjocklek/fast anbragd tjocklek).

Densitet och vatteninnehåll:

Två uppgrävningar har utförts efter att skumglas packats. Densitetsmätningen gjordes också direkt efter ett kraftigt regnväder. Ett av proverna blev uppgrävt under en bro som inte påverkats av regnvädet.

Medeldensitet uppmättes till 340 kg/m^3 med en vattenkvot på 9 vikt-%.

Deformation:

Det installerades deformationsmätare (slangar), en slang över och en slang under skumglasfyllningen. Uppmätt långtidsdeformation 0,5 – 1,0 %

E6 Steinkjer, Eggemarka



Foto: Jørgen Håggelund, HAS CONSULT AS

Projekt

Med anledning av tunnelarbete år 2003 för den nya E6:an genom Steinkjer, byggdes en tillfällig väg för existerande väg E6. Den tillfälliga vägen flyttades och placerades över en betongkulvert där vägkonstruktionen bestod av sprängsten (underst) och lätt fyllning (överst).

Den lätta fyllningen bestod bland annat av ca 1000 m³ skumglas (®HASOPOR standard). Den totala tjockleken på lättfyllningen var 6 meter med en släntlutning på 1:1,5.

Den tillfälliga vägen revs efter ca 1 år och den lätta fyllningen flyttades och återanvändes som lättfyllnadsmaterial i andra objekt längs den nya E6:an.

Utförande

Skumglasets planerades ut i 1 – 2 m tjocka lager med en bandgående grävmaskin. Packningsarbetet genomfördes med en bulldozer med ett marktryck ≤ 40 kN/m². Packningen av varje lager utfördes med 3 överfarter. Fordon med skumglas trafikerade direkt på den lätta

skumglasfyllningen mellan varje utlagt lager. Det medförde en större nedkrossning och packning av skumglasets än tidigare förutsatt.



Foto: Jørgen Håggelund, HAS CONSULT AS

Figur C3-1a.
Leverans (110 m³) av skumglas (®HASOPOR std).



Foto: Jørgen Håggelund, HAS CONSULT AS

Figur C3-1b.
Planering av skumglasets med grävmaskin.

Erfarenheter

Under projektet genomförde Statens Vegvesen fältförsök samt registrerade praktisk hantering av skumglas under anläggningsperioden.

Fälterfarenheter finns på både skumglas belastad med trafik, packad skumglas och uppgrävd skumglas. De erfarenheter som finns är följande: Hantering, densitet, vatteninnehåll, kornstorleksfördelning, plattbelastning, fallviktsmätning och deformation.

Hantering:

Tyngre trafik direkt på skumglas skall begränsas. För att skydda skumglas kan ett förstärkningslager på minst 150 mm planeras ut innan hjulbaserade anläggningsmaskiner eller tyngre bandgående maskiner trafikerar konstruktionen.

Densitet och vatteninnehåll:

Densitets- och vattenkvotmätningar utfördes vid tre tillfällen.

- På levererat skumglas (@HASOPOR standard). 5 prover.
- På packad skumglas. 5 prover.
- På uppgrävd skumglas ca 1 år och 3 månader efter utläggning. 2 prover.

Bärlighetskvoten E_{V2}/E_{V1} för mätningar på asfalten visar lägre värde än 2,5, förutom två mätpunkter. Medelvärde omkring 2,2.

Fallviktsmätning:

Fallviktsmätning blev utförd i samma sektioner som för plattbelastningen. Även här genomfördes det i två omgångar, på bärlagret och på asfalten. Totalt 18 provpunkter. Resultatet för bärlagret visade att alla värdena låg klart över 10 ton. Medelvärdet var på 15 ton.

Deformation:

Två deformationsmätare (slangar) installerades, en slang över och en slang under skumglasfyllningen.

Uppmätt korttidsdeformation: 1 %.

Uppmätt långtidsdeformation: Ytterliggare 1,5 %

Uppmätt deformation i slänt: 2 – 3 %

Tabell C3-1.
Densitet och vatteninnehåll, E6 Steinkjer.

| Prov | Våt densitet [kg/m ³] | Vattenkvot [vikt %] | Torr densitet [kg/m ³] |
|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| Levererad skumglas (medelvärde) | 278 | 12 | 249 |
| Packad skumglas (medelvärde) | 300 | 19 | 252 |
| Uppgrävd skumglas (medelvärde) | 375 | 15 | 326 |

Kornstorleksfördelning:

Kornstorleksfördelningen analyserades på motsvarande sätt som för densitet och vatteninnehåll. Vid leverans, efter packning och vid rivning av konstruktionen. Totalt 12 prover blev tagna och analyserade.

Tabell C3-2.
Kornstorleksfördelning, E6 Steinkjer.

| Prov | Kornstorlek ≤ 8 mm [vikt %] |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Levererad skumglas (medelvärde) | 5 |
| Packad skumglas (medelvärde) | 16 |
| Uppgrävd skumglas (medelvärde) | 13 |

Plattbelastning:

Plattbelastningen blev utförd i två omgångar. På bärlagret och senare även på topplagret, asfalt. Tre plattbelastningsförsök genomfördes för varje sektion av konstruktionen, totalt 18 provpunkter.

Alla värden på E_{V2} är högre än 150 MPa. Medelvärdet är omkring 300 MPa.

Projektexempel

– skumglas som tjälisolering



Foto: Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

Riksväg 31, Røros

Projekt

Vägen har en årsdygnstrafik (ÅDT) på omkring 650 fordon och andelen tung trafik är 11 %. På grund av kraftig tjällyftning och långsgående sprickbildning i asfalten isolerades vägen år 2000 med skumglas (@HASOPOR standard). Djupdränering har tidigare utförts av vägen, men den åtgärden har inte bidragit till att reducera tjälproblematiken.

Enligt okulär bedömning består undergrunden av silt. En ca 200 meter lång sträcka av den befintliga vägen schaktades bort till ett djup på 550 mm.

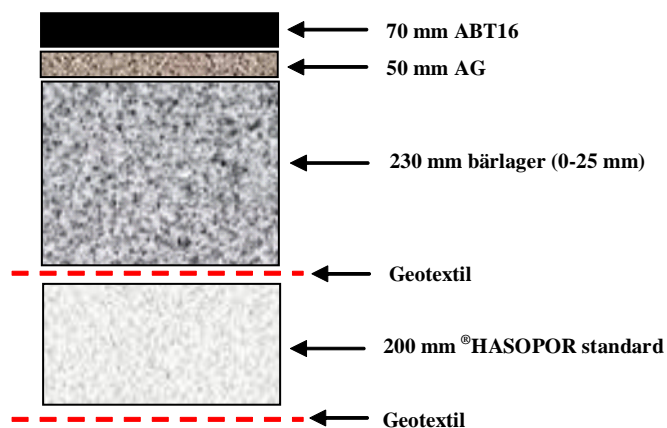
Ny konstruktion med skumglas som tjälisoleringsslag, Figur C4-1.

Utförande

Arbetet delades upp i två omgångar där man tog ett körfält åt gången. Den befintliga konstruktionen schaktades bort ner till 550 mm

och utläggning av geotextil, bruksklass 3. Skumglaset utlades först upp till terrassen för körfält 1, med en bandgående grävmaskin (16 ton). Lätt packning av skumglaset med grävmaskin. Planering av två lager med krossat grus (0 – 32 mm) med packning på vartdera lagret med en 5 tons vibrerande vält.

Motsvarande arbete utfördes sedan på det andra körfältet.



Figur C4-1.
Vägkonstruktion,
Riksväg 31.

Figur C4-2a.
Intern transport av Skumglas (©HASO-POR std).



Foto: Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

Figur C4-2b.
Planering och packning av skumglas.



Foto: Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

Figur C4-2c.
Inkörning av bärlagret.



Foto: Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

Figur C4-2d.
Planering av bärlagret med väghyvel.



Foto: Jörgen Hägglund, HAS CONSULT AS

Erfarenheter

Under projektet genomförde Statens Vegvesen fältförsök. Försöksresultat som finns är: Plattbelastning på bärlagret, fallviktsmätning på asfaltslagret, samt årlig spårutveckling och jämnhetsutveckling (Vägdatabanken).

Plattbelastning:

Plattbelastningsmätning genomfördes på bärlagrets överyta. Medelvärde på E_{V2} var 540 MPa. Totalt antal mätpunkter: 6 st. Bärighetskvoten E_{V2}/E_{V1} hade ett medelvärde på 2,2.

Fallviktsmätning:

Fallviktsmätning utfördes på asfaltslagret. Resultatet visade att alla värdena låg över 10 ton. Medelvärdet var på 12 ton.

Spårutveckling:

Spår djupet på den isolerade sträckan har sedan färdigställandet år 2000 varit stabilt omkring 6 mm. Kravet på maximalt spår djup för en riksväg med motsvarande trafikmängd är att 10 % av vägsträckan kan tillåtas ha ett spår djup över 25 mm. Kravet är uppfyllt och spår djupet tenderar till att öka med ca 0,3 mm/år.

Jämnhetsutveckling:

Jämnheten på vägen håller i stort sätt samma nivå sedan år 2000. Det sker inga större förändringar. Man kan se en svag ökning på ca 0,05 IRI/år. Det innebär att tidigare ojämnheter som bidragit till nedbrytningen av vägen är starkt reducerade. Kravet på jämnhet för en riksväg med den här trafikmängden är att maximalt 10 % av vägsträckan kan ha högre IRI värde än 6,0, innan någon eventuell underhållsåtgärd behöver utföras. Vid ombyggnadens färdigställande år 2000 låg alla mätpunkterna under 2,5 IRI. Om utvecklingen fortsätter på motsvarande sätt som tidigare år, kommer det ta lång tid innan vägsträckan behöver något underhållsarbete på grund av jämnhetskraven.

Väg 531, Røros

Projekt

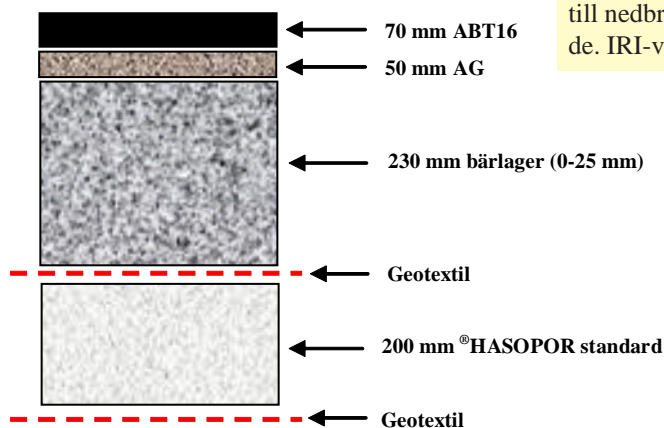
Vägen har en årsdygnstrafik (ÅDT) omkring 650 och andelen tung trafik är ca 10 %. På grund av tidigare registrerade tjälproblem blev vägen i år 2001 isolerad med skumglas (®HASOPOR standard). Enligt okulär bedömning består grunden av silt. Existerande vägkonstruktion blev urschaktad. Urschaktningslängd 50 meter med ett djup på 550 mm.

Ny konstruktion med skumglas som frostisoleringslager, se Figur C 5-1.

Utförande

Arbetet delades upp i två omgångar där man tog ett körfält åt gången. Bortschakt av 550 mm gammal väg utfördes för körfält 1 och utläggning av geotextil, bruksklass 3. Skumglaset planerades ut upp till terrassen för körfält 1 med en bandgående grävmaskin (16 ton). Lätt packning av skumglaset utfördes med grävmaskin. Planering av två lager med krossat grus (0 – 32 mm) med packning på bägge lagen (5 tons vibrerande vält).

Motsvarande arbete utfördes sedan på det andra körfältet.



Erfarenheter

Under projektet genomförde Statens Vegvesen fältförsök. De erfarenheter som finns är: Tjäl djupsmätning, samt årlig spårutveckling och jämnhetsutveckling (Vägdatabanken).

Tjäl djup:

Två tjäl djupsmätare installerades i oktober 2001, en i den isolerade zonen och den andra i en oisolerad zon (referenspunkt). De mätdata som finns är baserade på första vintern (2001/2002).

| | Skumglasisolerad zon | Oisolerad zon (ref.punkt) |
|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|
| Maximalt tjäl djup vintern 2001/2002 | 1,26 m | 2,35 m |

Skillnaden mellan den isolerade sträckan och referenssträckan är ca 1,1 meter. Total överbyggnad inklusive skumglaslagret är 550 mm, vilket innebär att tjälen har trängt ner under isoleringen. Skumglaset har ändå begränsat tjäl nedträngningen till tjälfarligt lager och stoppat problemen med tidigare registrerade tjällyft.

Spårutveckling:

Spårdjupet på den isolerade sträckan har sedan år 2001 hållit sig stabilt omkring 5 mm. Spårdjupet tenderar till att öka med ca 0,2 mm/år.

Jämnhetsutveckling:

Jämnheten på vägen håller samma nivå sedan år 2001. Det har inte registrerats några förändringar sedan färdigställandet (≈ 0 IRI/år). Det innebär att tidigare ojämnheter som bidragit till nedbrytningen av vägen är starkt reducerade. IRI-värdet ligger under 2.

Tabell C5-1.
Tjäl djupsmätning, väg 531.

Figur C5-1.
Vägkonstruktion, Väg 531 (Motsvarande konstruktion som för riksväg 31).

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 – TCI6 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 sättnings 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, 71 sid, 2007)
- 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)
- 18:4 **Handbok.**
Flygaska i mark- och vägbyggnad. Grusvägar
(58 sid, 2006)
- 18:5 **Handbok.**
Slaggrus i väg- och anläggningsarbeten
(40 sid, 2006)
19. **Deponiers stabilitet.**
Vägledning för beräkning
(46 sid, 2007)



Statens geotekniska institut
Swedish Geotechnical Institute

SE-581 93 Linköping, Sweden

Tel: 013-20 18 00, Int + 46 13 201800

Fax: 013-20 19 14, Int + 46 13 201914

E-mail: sgi@swedgeo.se Internet: www.swedgeo.se