



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE



Handbok

Gummiklipp

Information 18:7

LINKÖPING 2008

LULEÅ
TEKNISKA
UNIVERSITET



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

Information 18:7

Handbok Gummiklipp

TOMMY EDESKÄR

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 gummiklipp 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 för 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 anläggningsbyggande, 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), Ragn-Sells AB, Svensk Däckåtervinning AB, HAS Consult AS, Boliden Mineral AB, Vargön Alloys AB, samt Holmen Skog AB. Till projektet har ett 60-tal personer knutits från Vägverket, länsstyrelser, FoU-institut, konsult eller entreprenadbolag, samt producenter av material. Projektet har rapporterats i Vägverket Publikation 2007:110 ”Alternativa material i väg- och järnvägsbyggnad”.

Syftet med Vägverkets publikation 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. I Vägverkets publikation 2007:110 beskrivs en metodik för att sortera ut om ett material är lämpligt eller inte för användning i ett specifikt objekt. Bedömningen görs i varje enskilt objekt och i samråd med tillsynsmyndigheten eftersom krav på anmälan kan föreligga.

Denna handbok baseras på vunnen kunskap om gummiklipp och vänder sig till konsulter och entreprenörer, men också till väghållare och myndigheter. Den har utarbetats av Tommy Edeskär (LTU). Arbetet med handboken har följts av en styrgrupp som bestått av Yvonne Rogbeck (SGI), Ulf Håkansson (Ragn-Sells AB) och Lars Åman (SDAB), samt en referensgrupp där Arnt-Olav Håøya (Rambøll AS), Håkan Rosén (WSP), Bo Svedberg (Ecoloop AB) och Bo Westerberg (SGI/LTU) medverkat.

Linköping i september 2008

Statens geotekniska institut

LTU, Institutionen för Samhällsbyggnad

Innehållsförteckning

Förord	3
Sammanfattning	7
1 Inledning	8
1.1 Definitioner	8
1.1.1 Beteckningar	8
1.1.2 Benämningar	9
1.1.3 Vägkonstruktion	10
1.1.4 Sluttäckning av deponi	10
1.1.5 Avgränsning	11
1.2 Användningsområden	11
1.3 Materialbeskrivning	12
1.3.1 Materialklassificering	12
1.3.2 Faktorer som påverkar materialet	13
1.4 Särskild lagstiftning	13
2 Projekteringsförutsättningar	14
2.1 Dimensioneringsförutsättningar	14
2.1.1 Materialegenskaper	14
2.1.2 Sammanställning av karakteristiska egenskaper för gummiklipp	16
2.2 Tjälisoleringsmaterial i vägbyggnad	16
2.3 Lättfyllning	18
2.4 Dräneringslager	18
2.5 Hästsportanläggningar	18
2.6 Material för övriga tillämpningar	18
2.7 Miljöpåverkan	19
2.8 Materialkvalitet	19
2.9 Konstruktiv utformning	20
3 Redovisning i bygghandling	21
4 Utförande	22
4.1 Transport	22
4.2 Mottagningskontroll	22
4.3 Upplag/lagring/mellanlagring	22
4.4 Terrassering /etablering av anläggningsyta	22
4.5 Utläggning	22
4.6 Packning	22
4.7 Användning på vintern	23
4.8 Arbetsmiljö	23
4.9 Kontroll av utförande	23
5 Drift och underhåll	24
6 Återbruk, deponering eller överlåtelse	25
7 Kvalitetskrav och kontroll	26
8 Referenser / hänvisningar	27

Bilaga A	Varudeklaration teknik/miljö	29
Bilaga B	Tjälsoleringsmaterial i gång-cykelväg	32
Bilaga C	Projekteringsexempel: Bullervall	37
Bilaga D	Dräneringslager i topptäckning för deponi	41
Bilaga E	Hästsportanläggningar: Travbana och paddock	44
Bilaga F	Anmälan om användande av gummiklipp som konstruktionsmaterial	46

Sammanfattning

Gummiklipp är ett lätt-, dränerande- och tjälisolerande anläggningsmaterial. Internationellt sett har materialet använts i 30 år främst som lättfyllnadsmaterial i vägbyggnadssammanhang och konstruktionsmaterial för deponier. I Sverige är ännu användning av materialet relativt ung. Forskning och demonstrationsobjekt har utförts även i Sverige för att utveckla optimal användning ur teknisk och miljömässig synvinkel.

I jämförelse med konventionella granulära material är gummiklipp lätt, tjälisolerande, har hög dränerande förmåga och är elastiskt. Materialets egenskaper är oberoende av årstid.

Gång- och cykelvägar har tunna överbyggnader eftersom kraven på bärlighet är låg jämfört med bilvägar. För att motverka tjälskador på tjälfarlig mark behöver terrassen dräneras och isoleras. Gummiklipp som skyddslag erbjuder ett ekonomiskt intressant alternativ som tjälskadeförebyggande åtgärd vid anläggande av gång- och cykelvägar.

I bullervallskonstruktioner används gummiklipp som lättfyllnadsmaterial och täcks med anläggningsjord för att smälta in i landskapet. För en 4,4 m hög bullervall minskar erforderlig odränerade skjuvhållfasthet för stabilitet i undergrunden från 23 kPa till 9 kPa genom att använda en kärna av gummiklipp istället för en motsvarande homogen konstruktion av jordmaterial, en skillnad i erforderlig hållfasthet för undergrunden med 250 %.

Gummiklipp är väl lämpat som dräneringslager i en sluttäckning i en deponi. Förutom hög dränerande förmåga ($> 10^{-2}$ m/s) har materialet en låg egenvikt och verkar tjälisolerande. Det medför en lättare sluttäckningskonstruktion som är gynnsam för tätskiktets långsiktiga funktion och deponins stabilitet. I handboken föreslås två konstruktionskoncept, ett där skyddslagret ovan gummiklippet används för att kompensera ökande köldmängd och ett där dräneringslagret av gummiklipp ökas. I grundkonstruktionen används $0,35 \text{ t/m}^2$ gummiklipp.

Hästsportanläggningar ställer speciella krav på överbyggnaden. Förutom tillräcklig bärlighet ska ytan även vara skonsam mot hästarnas hovar och leder. Gummiklipp är ett elastiskt material och fungerar förutom som stötdämpande även dränerande och tjälisolerande vilket kan förlänga säsongen för en paddock eller travbana.

Föroreningsrisken förknippad med användning av gummiklipp i de tillämpningar som beskrivs i denna handbok är normalt ringa. Ur naturresurs- och energisynpunkt är användningen av gummiklipp ofta fördelaktigt jämfört med att industriellt framställa motsvarande produkter med de egenskaper som önskas. Inkluderas transporter i analysen är även föroreningsbelastningen på miljön oftast lägre än för konventionella lättfyllnadsmaterial.

I denna handbok beskrivs närmare hur projektering, utförande och kontroll kan utföras för användning av gummiklipp som tjälisoleringsmaterial i gång- och cykelvägar, lättfyllnadsmaterial i bullervallar, dräneringslager i en sluttäckning av en deponi och som elastiskt material i hästsportanläggningar.

1. Inledning

Denna handbok redogör för tekniska och miljömässiga egenskaper för gummiklipp för användningen i gång- och cykelvägar, som lättfyllning i bullervallar, dräneringslager i sluttäckning för deponier och för hästsporanläggningar (paddockar och travbanor).

Gummiklipp har använts i minst 30 år i anläggningstekniska tillämpningar, främst i Nordamerika, som lättfyllnads- och tjälisoleringsmaterial. I Sverige har materialet använts sedan 1991. Idag ökar användningen stadigt i och med att den praktiska kunskapen ökar om materialet och genomförda miljöuppföljningar visar att materialet inte påverkat omgivningen negativt.

Gummiklipp används som funktionellt lager där dess karakteristiska egenskaper låg densitet, hög permeabilitet och tjälisolerande egenskaper kommer till nytta. I konstruktionerna ersätter gummiklipp i de flesta fall industriellt tillverkade anläggningsmaterial. Till miljövinsterna med att använda gummiklipp hör energi och naturresursbesparingen genom att ersätta industriellt tillverkade material, i många fall minskade transporter eftersom materialet uppkommer över hela landet samt den miljöbelastning destruktions av materialet medför.

I denna handbok har dagens kunskap sammanställts för att underlätta användning av gummiklipp i anläggningskonstruktioner. Handboken beskriver materialparametrar, rekommendationer för dimensionering och centrala aspekter med avseende på utförande. Handboken innefattar följande delar:

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

1.1 Definitioner

1.1.1 Beteckningar

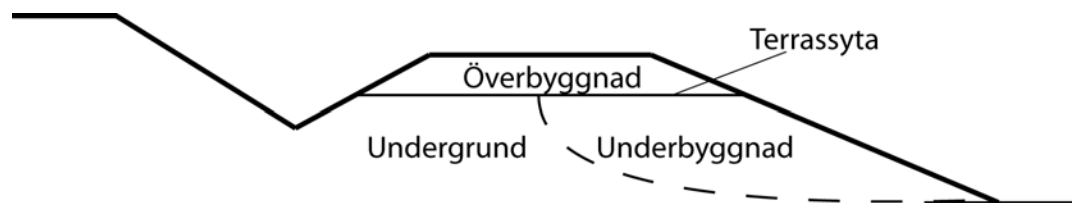
ATB VÄG	Allmän teknisk beskrivning som innehåller Vägverkets krav vid upphandling av vägobjekt
EN	Europasnorm
ISO	Internationell standard
VVMB	Vägverkets metodbeskrivningar

1.1.2 Benämningar

Begrepp	Beteckning	Enhet	Förklaring
Ballast			Vanlig benämning för sönderdelat eller granulärt material för anläggningsändamål, till exempel krossat berg, grus eller något återvunnet material.
Bulkdensitet	(ρ)	t/m ³	Skrymdensitet vid transport.
Byggvarudeklaration			Sammanställning av neutral och kvantifierad information, bland annat relevanta miljöaspekter, om en produkt.
Bärighet		MPa	Högsta enstaka eller ackumulerad last som accepteras för en vägkonstruktion avseende töjningar eller deformationer.
Bärförmåga		MPa	Ett mått på en konstruktions eller konstruktionens förmåga att bära last avseende styvhet, stabilitet och deformation.
Dubbelklipp			Gummiklipp av fraktionen 100–150 mm.
Finklipp			Gummiklipp av fraktioner <100 mm.
Friktionsvinkel	ϕ'	°	Hållfasthetsparameter för Mohr-Coloumbs brottsteori.
Grovklipp			Gummiklipp av fraktionen 100–300 mm.
Gång- och cykelväg	GC		Väg som främst är avsedd för fotgängare och cyklister samt servicefordon för vägens underhåll.
Gummiklipp			Fragmenterade bil- och anläggningsdäck.
Karakteristisk öppningsvidd	O_{90}		Mått på maskvidd för geotextila material.
Kohesionsintercept	c'	kPa	Hållfasthetsparameter för Mohr-Columbs brottsteori.
Kompaktdensitet	ρ_s	t/m ³	Den fasta fasens densitet.
Lättfyllning			Fyllning av ett material med lägre skrymdensitet än 1 t/m ³ för att minska belastningen på underliggande undergrund/deponi.
Paddock			Ridbana
Permeabilitet	k	m/s	(hydraulisk konduktivitet)
Porositet	n	%	Förhållandet mellan porvolym och den totala volymen.
Skrymdensitet	ρ	t/m ³	Förhållandet mellan ett materials totala massa och totala volym.
Skjuvhållfasthet	τ	kPa	Spänningskomponenten parallellt med brottplanet.
Släntvinkel	α	°	Vinkel mellan slänten och horisontalplanet, $0 < \alpha < 90^\circ$
Specifik värmekapacitet	c	J/kg,K	Den energimängd som krävs för att höja temperaturen av ett ämne en grad
Styvhetsmodul	E	MPa	Beskriver relationen mellan påfört belastningstryck och den elastiska deformationen.
Terrass			Den yta som bildas genom att plana ut och packa de i huvudsak naturliga jord- och bergmassorna under konstruktionen. Terrassytan bildar gräns mellan över- och underbyggnaden eller mellan överbyggnad och undergrund i en vägkonstruktion, se <i>Figur 1.1</i> .
Torr densitet	ρ_d	t/m ³	Förhållandet mellan ett materials fasta fas och totala volym.

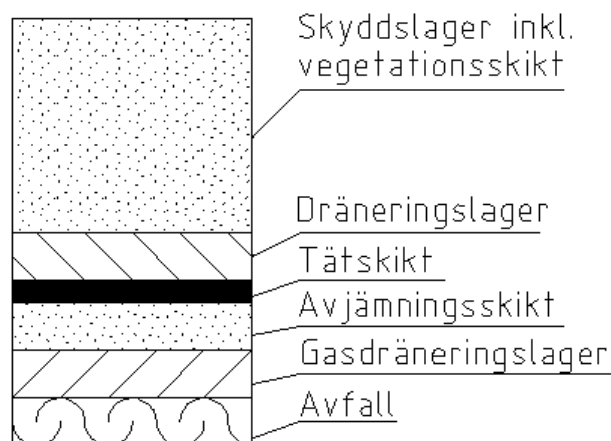
Begrepp	Beteckning	Enhet	Förklaring
Underbyggnad			Tillförda massor eller markförstärkningszon mellan undergrund och terrass. Se <i>Figur 1.1</i> .
Underhåll			Åtgärder för att bibehålla eller återföra egenskaper hos konstruktioner, anläggningar till avsedd nivå.
Undergrund			Del av naturlig mark till vilken last överförs från grundkonstruktionen för en byggnad, bro, väg, järnväg, bullervall o d.
Vattenkvot	w	%	Förhållandet mellan vattnets massa och den fasta fasens massa.
Vattenmättnadsgrad	S_r	%	Förhållandet mellan porvattnets volym och porvolymen.
Vägkonstruktion			Väggropp med undergrund, diken, avvattningsanordningar, slänter och andra anordningar et cetera, <i>Figur 1.1</i> .
Värmeledningstal	λ	W/m,K	Värmeledningsförmåga (värmekonduktivitet). Den värmemängd som vid en temperaturgradient av 1° passerar en ytenhet av ett material
Värmemotstånd		m ² K/W	Förhållandet mellan isoleringstjockleken och isoleringens praktiska värmekonduktivitet
Överbyggnad			Del av vägkonstruktion över terrass, se <i>Figur 1.1</i> . Innefattar bunden och obunden överbyggnad.

1.1.3 Vägkonstruktion



Figur 1.1.
Delar i en vägkonstruktion.

1.1.4 Sluttäckning av deponi



Figur 1.2.
Funktionella delar i en sluttäckning av en deponi.

1.1.5 Avgränsning

Gummiklipp kan användas i många anläggningstillämpningar. I denna handbok beskrivs fyra typlösningar där gummiklipp används, nämligen:

1. Gång- och cykelväg.
2. Lättfyllnadsmaterial i bullervall.
3. Dräneringslager, här som dräneringslager i en toptäckning i en deponi.
4. Hästsportanläggningar (travbana och paddock).

1.2 Användningsområden

Gummiklipp används i anläggningssammanhang för att konstruera funktionella lager, till exempel för lättfyllning, tjälisolering och dränering, se Figur 1.3. Till dessa funktioner används konventionellt industriprodukter idag, förutom vid dränering där även sorterad och/eller tvättad bergkross används.

De karakteristiska egenskaper hos gummiklipp som nyttjas i denna handbok är låg densitet, hög dränerande förmåga och värmeisolerande effekt. Materialets egenskaper är en kombination av de inneboende egenskaperna i gummimaterialet och den grova fraktionen som gummiklippen levereras i. I handboken beskrivs gummiklipp som:

- Tjälisoleringsmaterial i GC-vägar.
- Lättfyllnadsmaterial i bullervallar.
- Dräneringsmaterial vid sluttäckning av deponier.
- Elastiskt material i paddockar/ridbanor.

Förutom de användningsområden som beskrivs i denna handbok används gummiklipp även i andra tillämpningar som kortfattat beskrivs nedan:

Gasdräneringslager för deponi

Både i Sverige och internationellt har gummiklipp använts för deponigasdränering under tätskiktet i sluttäckning av deponier.

Motfyllnadsmaterial

Gummiklippetsfyllningar resulterar i låg horisontell belastning på omgivande konstruktioner, dels genom den låga densiteten och dels genom materialets inre kohesion om det utsätts för belastning. Detta har utnyttjats vid fyllning runt brofundament i bland annat USA. I Sverige har enskilda husgrunder kringfyllts med gummiklipp. I de fallen har främst den dränerande och tjälisolerande funktionen utnyttjats.

Rening av avloppsvatten

Gummiklipp används i framförallt USA som bärmaterial för biologiska reningssteg för avloppsvatten och lakvatten.

Filtermaterial för närsalter och organiska föroreningar

Gummiklipp används bla i USA som filtermaterial för närsalter (ammonium och fosfor), för skydd av grundvattnet och som absorptionsmaterial för organiska föreningar som BTEX.



Figur 1.3. Exempel på tillämpningar där gummiklipp används som anläggningssmaterial: Skyddslager i vägbyggnad, lättfyllning i bullervall, dräneringslager i sluttäckning av deponi, motfyllnadsmaterial.

BottendrÄnering av deponier

I framförallt Kanada har gummiklipp använts som bottendrÄneringsmaterial i deponier. Hög drÄnerande förmåga, beständigheten och låg densitet hos materialet har använts som motiv för valet av drÄneringsmaterial. I Sverige finns ännu ingen deponi med gummiklipp som bottendrÄnering men en förstudie finns framtagen.

Figur 1.4.
Exempel på olika fraktioner av gummiklipp.



1.3 Materialbeskrivning

Gummiklipp framställs genom fragmentering av främst bildäck. Utöver personbilsdäck kan materialet härröra från däck från lastbilar och anläggningsmaskiner samt från transportband. Bildäcken samlas in lokalt och transporteras till uppsamlingsplatser där de fragmenteras, vanligtvis av mobila processorer. Fragmenteringen sker främst av transportskål för att reducera volymen och sker oberoende av materialets användning eller avsättning. Den tillgängliga mängden gummiklipp i Sverige är cirka 60 000 – 70 000 ton per år vilket motsvarar cirka 85 000 – 100 000 m³ i konstruktioner. Materialet uppkommer och är tillgängligt i hela landet.

Figur 1.5.
Fördelning mellan huvudbeståndsdelarna av gummiklipp baserat på vikt.

Formen och storleken på gummiklippen beror på vilken typ av maskin som används för fragmenteringen samt i hur många steg de fragmenteras. För att minska storleken processas klippen om i samma maskin. Ju större fraktion av gummiklipp desto mer skivformade i genomsnitt är klippen. Det beror på att tjockleken varierar på ett personbilsdäck vilket återspeglas även i utseendet på gummiklippen. I snittytorna av gummiklippen sticker stÅlkord och textila material ut, se Figur 1.4.

Gummiklipp har samma sammansättning av ingående komponenter som råvaran bildäck. Ett genomsnittligt europeiskt sommarkdäck består av cirka 83 % gummi, 12 % stÅlkord och 5 % textila material, baserat på vikt, Figur 1.5.

Den kemiska sammansättningen redovisas närmare i avsnittet miljöbedömning och i, bilaga A Varudeklaration teknik/miljö.

1.3.1 Materialklassificering

Gummiklipp består av uppklippta däck utan inblandning av andra material eller föroreningar. Gummiklipp levereras i fraktionerna grovklipp, dubbelklipp och finklipp, se specifikationer i Tabell 1.1. Grovklipp är däck som har passerat genom en klippmaskin en gång är ca. 100 – 300 mm (minst 80 % < 300 mm), dubbelklipp har passerat två gånger och finklipp processas tills klippen passerar förvald sikt.

Vid leverans av gummiklipp deklarerar:

- Storlek av gummiklipp
- Sammansättning av råvaran (bildäck, anläggningsdäck och transportband)

Enligt ATB VÄG klassificeras gummiklipp som materialtyp 6, ”övriga jordarter och material i underbyggnad och undergrund”, dit även andra material med liknande teknisk funktion räknas såsom lättklinker, skumbetong och cellplast.

Tabell 1.1.
Benämning av fraktioner på gummiklipp. Finklipp levereras i önskad storlek.

Benämning	Storlek [mm]	Användningsområde
Grovklipp	100–300	DrÄneringslager, lättfyllning, GC-vÄgar
Dubbelklipp	100–150	GC-vÄgar, ridbanor
Finklipp	30×30, 50×50, 100×100	Ridbanor

1.3.2 Faktorer som påverkar materialet

Faktorer som påverkar nedbrytning av gummiklipp är UV-strålning, oxidation och höga temperaturer. Nedbrytning av UV-strålning är en långsam process och saknar betydelse för de tillämpningar som omfattas av denna handbok. Gummiklippen är skyddade mot UV-strålning av överliggande lager i konstruktionerna. Oxidation angriper svavelbryggorna i det vulkaniserade gummimaterialet. För att motverka nedbrytningsprocessen finns det åldringsskydd tillsatt i gummiblandningen. Försök att bryta ner svavelbryggorna i däckmaterial visar att dessa åldringsskydd även fungerar som skydd mot biologisk nedbrytning. Kemisk påverkanstakt uppgår till maximalt 1,25 µm/år av ytskiktet vilket inte påverkar de tekniska egenskaperna.

1.4 Särskild lagstiftning

Bildäck omfattas sedan 1994 av producentansvar genom förordningen (1994:1236) om producentansvar för däck. Det innebär att den som placerat däck på marknaden även är ansvarig för att ta omhand dem efter det att de tjänat ut. I Sverige sköts det av Svensk Däckåtervinning AB (SDAB).

Däck och däckmaterial har egenskaper som gör materialen mer lämpade för annan kvittblivning än deponering. I EGs deponeringsdirektiv (1999/31/EC) förbjuds därför deponering av alla former av uttjänta däck från och med 2005. Det innebär att däcksmaterial, dit gummiklipp hör, ska återanvändas, materialåtervinnas eller energiåtervinnas. Den användning av gummiklipp som behandlas i denna handbok är ett exempel på återanvändning av däcksmaterial. Användningen enligt denna handbok påverkar inte gummiklippets lämplighet för förbränning i ett senare skede.

2. Projekteringsförutsättningar

I detta kapitel beskrivs materialparametrar som ska hanteras vid dimensionering och karakteristiska värden för dessa presenteras. Vidare så presenteras de applikationer som omfattas i denna handbok. Det är viktigt att notera att gummiklipp på vissa punkter skiljer sig från gängse granulära material. Till exempel är förmågan för materialet att deformeras mycket stor vilket medför att gummiklipp sällan går till brott utan att det är den omgivande konstruktionens förmåga att deformeras som blir dimensionerande.

2.1 Dimensioneringsförutsättningar

Vid dimensionering ska rekommenderade karakteristiska värden på materialparametrar enligt avsnitt 1.1.1 användas för geotekniska konstruktioner. För vägbyggnad används värden på de värden som redovisas i bilaga A

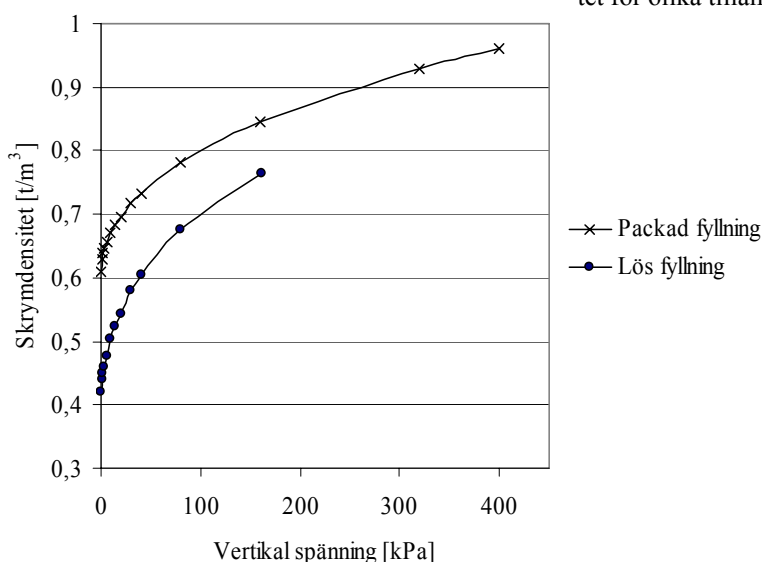
Varudeklaration miljö/teknik och bilaga B *Tjälisoleringsmaterial gång- och cykelbana*. Om andra värden används ska dessa redovisas och godkännas av beställaren samt kontrolleras i den färdiga konstruktionen.

2.1.1 Materialegenskaper

Densitet

Gummiklipp är kompressibelt vilket innebär att densiteten för gummiklipp beror på överlagringstrycket och varierar från cirka 450 kg/m³ vid lös fyllning till cirka 950 kg/m³ vid mycket höga överlast (cirka 400 kPa), Figur 2.1.

För de applikationer som omfattas av denna handbok belastas gummiklippen av en vertikal spänning i intervallet 5 – 50 kPa. Densiteten i detta intervall varierar för en packad fyllning mellan cirka 0,65 – 0,75 t/m³, vilket i anläggningssammanhang innebär en låg spridning i densiteten. I Tabell 2.1 redovisas val av densitet för olika tillämpningar och vid transport.



Figur 2.1. Skrymdensitet för gummiklipp för lös fyllning respektive packad fyllning under vertikal belastning.

Tabell 2.1. Karakteristiska värden för densitet i olika applikationer.

Förutsättningar	Rekommenderad densitet [t/m ³]	Exempel på tillämpning
Packad fyllning Överlast Finklipp	0,7	GC-vägar Dräneringslager deponi Paddock
Lös fyllning Grovkipp	0,6	Bullervall
Transport	0,5	Transport, lagring

Eftersom gummiklipp är ett kompressibelt material behöver gummiklippslagrets tjocklek kompenseras för detta innan överlast läggs på. I Figur 2.2 redovisas gummiklipps kompressibilitet vid överlast. För att kompensera kompressionen i gummiklippslagret av överbyggnaden behöver fyllningens höjd uppgå till 1,1–1,2 gånger högre än den slutliga höjden baserat på en överbyggnad som utsätter gummiklippsfyllningen för en vertikalspänning på 20 – 40 kPa.

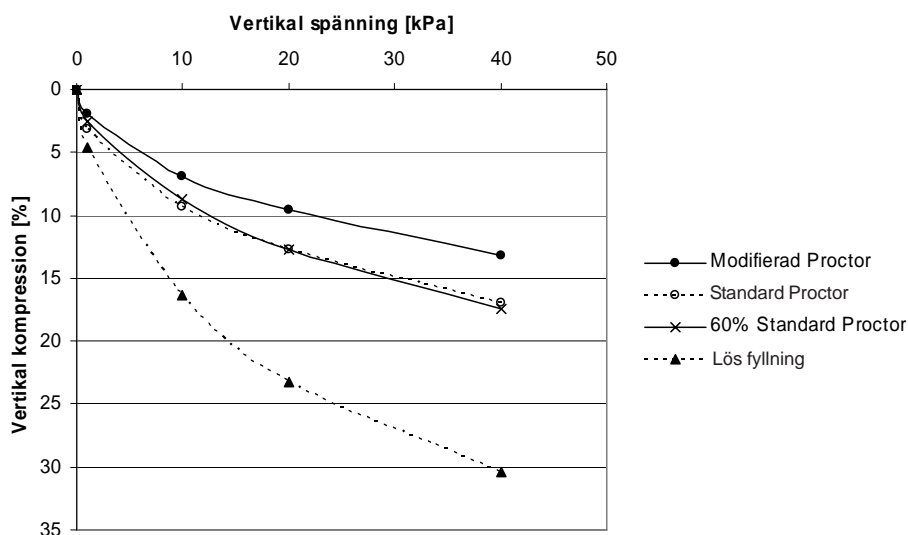
Styvhetsmodul

Det finns två olika styvhetsmoduler för användning av gummiklipp i de tillämpningar som omfattas av denna handbok. Den statiska modulen används för att beräkna deformationer av gummiklippslagret orsakat av överlast, tex i underbyggnadstillämpningar. Den dynamiska styvhetsmodulen som används vid överbyggnadsdimensionering enligt ATB VÄG, t.ex. då gummiklipp används som skyddslager.

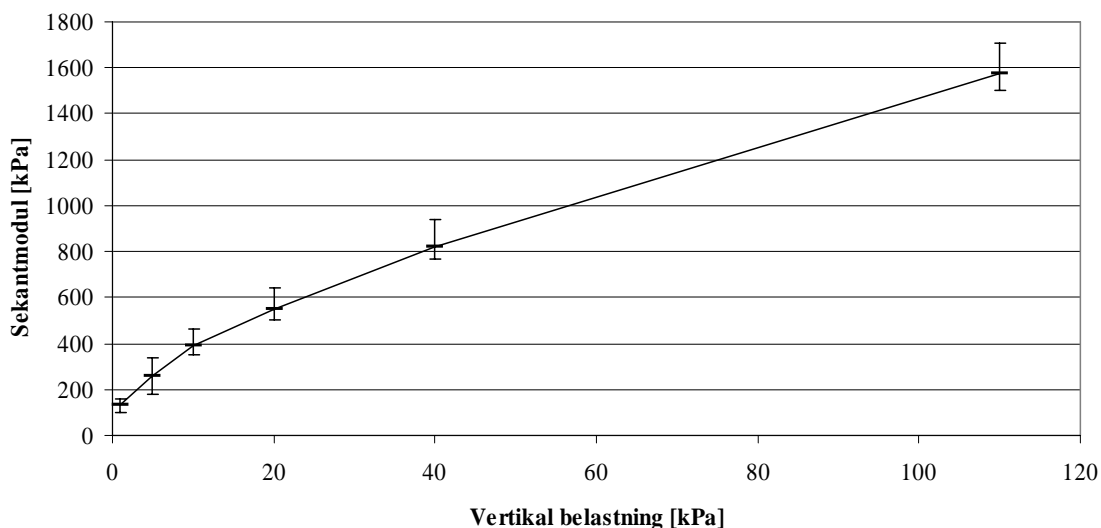
Gummiklipp är ett icke-linjärelastiskt material och styvhetsmodulen är spänningsberoende. Den statiska spänningsmodulen redovisas i Figur 2.3. Den vanligaste bestämmingsmetoden som använts i de publicerade studierna är ödometerförsök och utifrån ödometermodulen har sekantmodulen beräknats och redovisats. Den dynamiska styvhetsmodulen ansätts till 1 MPa.

Skjuvhållfasthet

Eftersom materialet är fritt dränerande (permeabilitet $> 10^{-2}$ m/s) så är odränerad skjuvhållfasthet ointressant ur dimensioneringssynpunkt. Den dränerande skjuvhållfastheten är väl utredd i direkta skjuvförsök och i triaxialförsök. Beroende på hur utvärderingen har skett och i vilka spänningsintervall, med eller utan kohesionsintercept, får materialparametrarna c' och ϕ' olika värden. I Tabell 2.2 redovisas konservativa värden på kohesionsintercept och friktionsvinkel enligt Mohr-Columbs brottkriterium för 10 % och 20 %



Figur 2.2. Gummiklipps vertikala kompressibilitet vid vertikal belastning för gummiklipp efter lös fyllning (ingen packning), packning motsvarande 60 % Standard Proctor, Proctor Packning och Modifierad Proctorpackning.



Figur 2.3. Den statiska styvhetsmodulens spänningsberoende baserat på ödometerförsök. Felstaplarna anger högsta respektive lägsta rapporterade värde.

Tabell 2.2.
Karakteristiska hållfasthetsvärden för brottskriterierna 10 % och 20 % töjning samt maximal karakteristisk skjuvhållfasthet.

Brottkriterium	Kohesionsintercept c' [kPa]	Friktionsvinkel ϕ' [°]
10 % töjning	0	25
20 % töjning	0	30
Maximal skjuvhållfasthet	0	45

horisontell deformation samt maximal skjuvhållfasthet. Det är hur mycket deformation den övriga konstruktionen tål som kommer att styra val av skjuvhållfasthet för gummiklipp.

I spänningsintervallet 0 – 50 kPa vertikal belastning rekommenderas för dessa tillämpningar som omfattas av handboken $c' = 0$ och $\phi' = 25^\circ$. Värdena är konservativt valda med 10 % deformation som brottkriterium. Efter noggrannare analys eller större tillåten deformation kan högre hållfasthetsvärden användas.

Med bärighet avses den belastning som leder till brott eller ger upphov till för stora deformationer som inte är tidsberoende (sättningar). Gummiklipp går inte i brott i traditionell mening, det vill säga att en maximal skjuvspänning uppnås under dränerade förhållanden, utan deformeras och kryper under ökande belastning. Därför är den största tillåtna deformationen för konstruktionen ett bättre mått än brottlast som bärighetskriterium för gummiklipp. Gummiklipp styvnar under belastning. Därför beror bärigheten på det spänningstillstånd som materialet utgår från vid belastning. En högre initieell belastning ger en högre bärformåga.

Tabell 2.3.
Karakteristiska värden för värmeledningstal och specifik värmekapacitet för gummiklipp för tjälberäkningsändamål.

Tillstånd	Värmeledningstal λ [W/m K] Ofruset	Värmeledningstal λ [W/m K] Fruset	Specifik värmekapacitet [J/kg K]
Torrt	0,13	0,14	1470
Vått	0,15	0,16	1470

Tabell 2.4.
Sammanställning av karakteristiska värden på materialegenskaper för gummiklipp.

Materialegenskap	Enhet	Karakteristiska värden	Kommentar
Kompaktdensitet ρ_s	t/m ³	1,15	
Torrdensitet ρ_d	t/m ³	0,45 – 0,90	Beroende av belastning
Skrymdensitet ρ	t/m ³	0,45 – 0,90	Skrymdensitet \approx torrdensitet
Porositet n	%	40 – 60	Beroende av belastning
Permeabilitet k	m/s	10 ⁻²	Vid 400 kPa vertikal belastning
Styvhetsmodul E	MPa	0,18 – 1,6	Spänningsberoende
Friktionsvinkel ϕ'	°	25 – 45	Beror av brottkriterium
Värmeledningstal λ	W/m K	0,20	Fruset, vått tillstånd
Specifik värmekapacitet	J/kg K	1470	Uppskattad

Värmeledningstal och specifik värmekapacitet

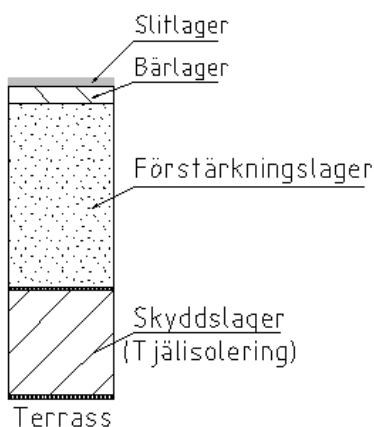
Värmeledningstalet λ är bestämt dels med metoder motsvarande ISO 8302 och dels genom tjälgränsmätningar och beräkningar från fältobjekt. Den specifika värmekapaciteten är uppskattad baserad på förhållandet mellan andelen gummi och stålkord i gummiklippet. Karakteristiska värden för värmeledningstal och värmekapacitet redovisas i Tabell 2.3.

2.1.2 Sammanställning av karakteristiska egenskaper för gummiklipp

I Tabell 2.4 är karakteristiska värden på materialparametrar för gummiklipp sammanställda. För val av karakteristiska värden för egenskaper som anges i intervall hänvisas till respektive egenskaps avsnitt under 2.1.1 Material-egenskaper.

2.2 Tjälisoleringsmaterial i vägbyggnad

Kombinationen av låg värmeledningsförmåga och hög dränerande förmåga gör gummiklipp lämplig som tjälisoleringsmaterial vid vägbyggnad för främst gång- och cykelvägar (GC). För GC-vägar kan tjällyftning utgöra ett större problem än för andra vägar eftersom vägöverbyggnaden blir tunnare i och med att konstruktionerna är dimensionerade för att ta mindre last. Användning av gummiklipp som skyddslager, se Figur 2.4, ger möjligheten att på ett kostnadseffektivt sätt isolera terrassen mot tjälnedträngning, förhindra vattentransport som bidrar till tjällyftning i vägöverbyggnaden och höja vägprofilen.

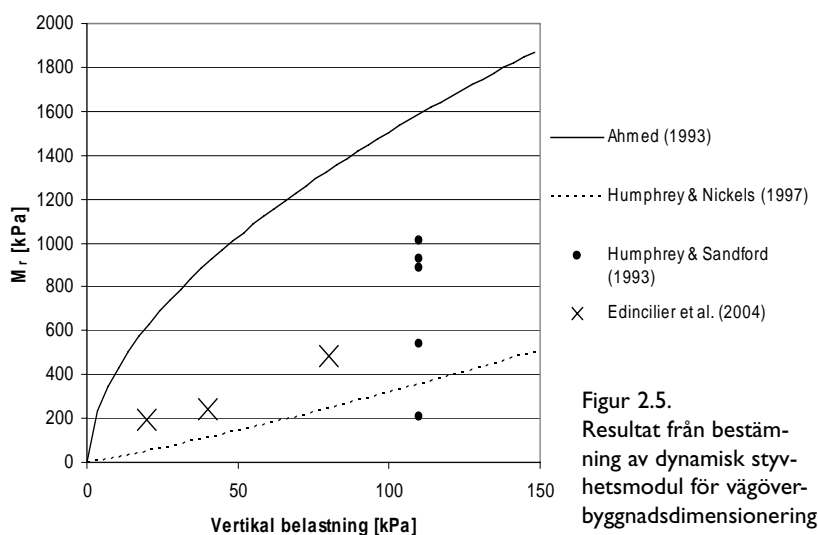


Figur 2.4
Principkonstruktion för gummiklipp som tjälisoleringslager i vägkonstruktion.

Gummiklipp skulle klassas i tjälfarlighetsklass 1, ”kännetecknas av att tjällyftningen under tjälprocessen är obetydlig”, enligt ATB VÄG (Vägverket 2005) om materialet hade varit att jämföras med ett jordmaterial. Den höga porositeten och storleken på de enskilda porerna medför att materialet i sig inte är tjällyftande. Ett lager gummiklipp i en konstruktion förhindrar tjällyftning i ovanliggande lager orsakad av vattentransport från ofrusna lager underifrån. Om gummiklipp används som tjälisoleringsmaterial i en vägkonstruktion ställs det krav på hur tjockt lagret minst ska vara i ATB VÄG baserat på materialets praktiska värmeledningstal. I Tabell 2.5 redovisas kraven på tjocklek av gummiklipp som tjälisoleringsmaterial. Notera att denna handbok inte rekommenderar att använda tunnare lager än 300 mm för att säkerställa en god dränerande funktion.

För tjäldjup och tjällyftningsberäkningar rekommenderas att följande storheter används, Tabell 2.6. Tjällyftning i själva gummiklippsmaterialet är försumbar eftersom porositeten är hög.

Den dynamiska styvhetsmodulen är svår att bestämma för gummiklipp enligt standardiserade metoder för överbyggnadsmaterial beroende dels på storleken av de individuella gummiklippen, dels på grund av den utstickande stålkorde. Det är tveksamt om den dynamiska styvhetsmodulen som redovisas här, se Figur 2.5, ger rättvisande resultat i den linjärelastiska dimensioneringsmodell som föreskrivs av Vägverket i ATB VÄG. Vid dimensionering av gång- och cykelvägar är det lämpligare att använda empirisk dimensionering eller att betrakta gummiklipp som ett underbyggnadsmaterial och istället använda den statiska styvhetsmodulen som redovisas i Tabell 2.4.



Figur 2.5.
Resultat från bestämning av dynamisk styvhetsmodul för vägöverbyggnadsdimensionering för gummiklipp.

Klimatzon	1	2	3	4	5
Referenshastighet VR 50 ≤ km/h[mm]	90	180	270	360	480
Referenshastighet VR 70 ≥ km/h[mm]	180	270	360	450	570

Tabell 2.5.
Krav på tjocklek på gummiklippslager enligt ATB VÄG för att uppfylla kraven på värmemotstånd i en vägkonstruktion.

Materialparameter	Enhet	Rekommenderat värde
Skrymdensitet	t/m ³	0,70
Vattenkvot	[%]	5
Värmeledningstal (effektiv)	W/m K	0,20
Specifik värmekapacitet	J/kg K	1470
Porositet	%	30
Vattenmättnadsgrad	%	0

Tabell 2.6.
Karakteristiska materialparametrar för beräkning av tjäldjup och tjällyftning med gummiklipp.

2.3 Lättfyllning

Lättfyllnadsmaterial används för att minska belastningen på undergrunden av stabilitetsskäl eller för att minska sättningar, se Figur 2.6. Till lättfyllnadsmaterial räknas i allmänhet material med en skrymdensitet som understiger $1,0 \text{ t/m}^3$. Skrymdensiteten för gummiklipp varierar med den yttre last som materialet utsätts för. Typiskt värde för skrymdensitet för gummiklipp är $0,70 \text{ t/m}^3$ i en lättfyllning under normala grundläggningsförhållanden, det vill säga under belastning av överliggande lager av en vertikalspänning i intervallet $0 - 50 \text{ kPa}$. Det är detta spänningsintervall som tillämpningarna i denna handbok behandlar. Vid mycket höga vertikalspänningar, 400 kPa , uppgår skrymdensiteten till cirka $0,95 \text{ t/m}^3$. Gummiklippets densitet är hälften till en tredjedel så hög som för jord- och bergmaterial. Gummiklipp har en låg vattenabsorptionsförmåga, $< 5 \%$, vilket innebär att den låga skrymdensiteten bibehålls med tiden.

Figur 2.7.
Principiell utformning av sluttäckning av en deponi.

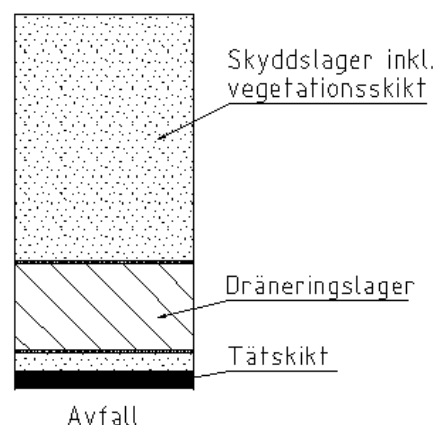


Figur 2.6.
Användning av gummiklipp i bullervall.
Foto Finsk däckåtervinning AB.

2.4 Dräneringslager

Gummiklipp har en mycket hög permeabilitet eftersom materialet har en hög porositet. Den höga permeabiliteten gör att den är svårbestämd i de spänningsintervall som är aktuella för tillämpningarna i denna handbok. Vid mycket höga spänningsnivåer, cirka 400 kPa , uppgår permeabiliteten till 10^{-2} m/s . I praktiken innebär det att permeabiliteten är oberoende av den överlagrande spänningen.

Den principiella utformningen av en sluttäckning av en deponi visas i Figur 2.7. Dräneringslagrets funktion i en sluttäckning av en deponi är att säkerställa att det inte byggs upp ett vattentryck på tätskiktet som medför inläckage av regn och ytvatten in i deponin. Äldre deponier är inte utformade för att bära



upp tung överlast vilket kan resultera i stabilitetsproblem och stora sättningar om sluttäckningen blir för tung. Den låga densiteten för gummiklipp minskar sättningar och ökar den globala stabiliteten för sluttäckningen.

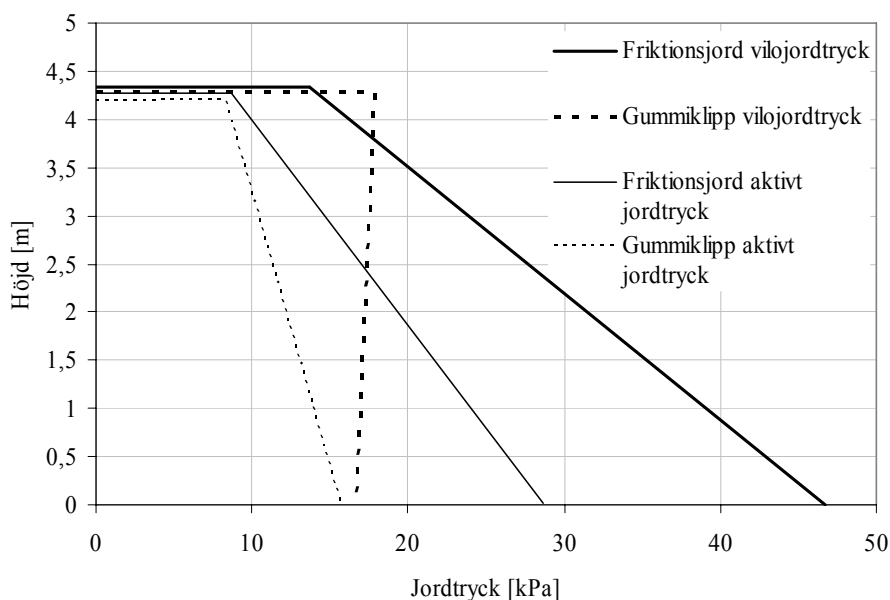
2.5 Hästsportanläggningar

Gummiklippets elastiska egenskaper används för att skona hästens leder. Den dränerande förmågan ökar också tillgängligheten för paddockar och travbanor utomhus. Bärighetsproblem orsakade av tjällossning kan också avhjälpas med gummiklipp.

2.6 Material för övriga tillämpningar

I USA har gummiklipp används som motfyllnadsmaterial. Låg densitet, hög dränerande förmåga och reducerat jordtryck är vinster med att använda gummiklipp jämfört med friktionsjord som motfyllnad, se Figur 2.8. Det reducerade horisontella jordtrycket är en kombinerad effekt av låg skrymdensitet och den höga rasvinkel som gummiklipp har när det utsätts för en överlast.

Gummiklipp används som bottendränering i deponier i bl.a. USA och Kanada. I Sverige har ingen deponi ännu konstruerats med gummiklipp men laboratorieförsök och en förstudie har genomförts för bedömning av materialets lämplighet. Denna handbok täcker inte denna tillämpning.



Figur 2.8. Uppmätt jordtrycksfördelning av gummiklipp jämfört med beräknat jordtryck för en friktionsjord mot en betongkonstruktion.

2.7 Miljöpåverkan

Användning av gummiklipp i de tillämpningar som omfattas i denna handbok är normalt ringa för närmiljön. Miljösystemanalyser visar att användningen av gummiklipp vanligen är fördelaktig ur miljösynpunkt i jämförelse med de material som gummiklipp ersätter. Vid varje projekt med gummiklipp bör en anmälan till kommunens nämnd för miljö och hälsoskydd upprättas, t.ex. enligt bilaga F *Anmälan om att använda gummiklipp som konstruktionsmaterial*. Som underlagsmaterial bör dels bakgrundsmaterial om materialets egenskaper (t.ex. bilaga A *Varudeklaration teknik/miljö*) och en platsspecifik bedömning av föroreningsrisk göras.

Platsspecifik bedömning av föroreningsrisk

Vid en bedömning av föroreningsrisk bör zink, järn, fenoler och PAH uppmärksammas. Halterna som lakar ut är låga och avtar med tiden. I jämförelse med de lakningskriterier som finns för klassificering av avfall för deponering är gummiklipp att betrakta som inert.

En viktig faktor för lakning är kontakttiden mellan perkolerande vatten och gummiklippen. Permeabiliteten i gummiklipp är hög vilket innebär att kontakttiden med vatten är kort och vattnet tillåts dränera. Av de föreningar som väntas laka ut är zink och fenoler lösliga och förväntas därför kunna transporteras ut i små mängder ut ur konstruktionen medan andra, som PAH, är svårslösliga i vatten och absorberas lätt på jord och andra ytor och kommer därmed att ha en låg spridningspotential.

Om konstruktionen inte placeras under grundvattenytan eller i ett vattendrag är potentialen för förorenings-spridning låg.

Som stöd för en bedömning av föroreningsrisk kan varudeklarationen i bilaga A användas.

2.8 Materialkvalitet

Råvaran, bildäck, anläggningsdäck och transportband, hämtas hos serviceställen. Endast rena däck accepteras. Uppklippningen sker på hårdgjorda ytor för att förhindra inblandning av jord i materialet. Gummiklippen förvaras på klippanläggningarna åtskilt från andra material. Materialet som levereras är fritt från främmande föremål eller föroreningar. Storleken på gummiklippen beror av hur många gånger däcken fragmenterats och om materialet siktas.

Grovklipp 100 – 300 mm

Grovklipp är lämpligt att använda i applikationer där gummiklipp läggs ut i tjockare lager (> 300 mm) och där överbyggnaden ovanför materialet minst uppgår till 300 mm av täckande material. Exempel på användningsområden är dräneringslager, lättfyllning och gång- och cykelvägar.

Dubbelklipp 100 – 150 mm

Dubbelklipp är lättare att hantera och packa i jämförelse med grovklipp. Dubbelklipp är lämpliga att använda i gång- och cykelvägar och ridbanor.

Tabell 2.7.
Användningsområden
för olika materialkvali-
teter av gummiklipp.

Användningsområde	Grovklipp 100–300 mm	Dubbelklipp 100–150 mm	Finklipp < 100 mm
Gång- och cykelvägar	(X)	X	X
Lättfyllning	X	X	(X)
Dränering	X	X	(X)
Hästsportanläggningar		X	X

Finklipp 30x30, 50x50 eller 100x100 mm

Finklipp levereras i förbestämda storlekar. Storleken anger den sikt som materialet passerar innan det är färdigklippt. Finklipp är lätt att hantera och är lämpligt för tillämpningar där gummiklipp läggs ut i tunna lager (< 300 mm) och där styvhet är en kritisk faktor. Exempel på lämplig användning är ridbanor.

Tabell 2.8.
Lägsta krav på bruksklass
enligt ATBVÄG för an-
vändning av geotextil
mot gummiklipp.

	Grovklipp 100–300 mm	Dubbelklipp 100–150 mm	Finklipp < 100 mm
Bruksklass	4	3	3

Vid leverans ska det deklarerats levererad mängd, typ av gummiklipp och råvara (bil-
däck, anläggningsdäck och transportband).

ningsprocesser eller vid dynamisk belastning. För att undvika detta rekommenderas att använda materialavskiljande geotextilier mellan gummiklippsfyllningen och omgivande lager, se Figur 2.9. Karakteristisk öppningsvidd (O_{90}) väljs efter kornstorleken av det material som ska avskiljas. Krav på bruksklass avseende mekaniska egenskaper anges i Tabell 2.8.

2.9 Konstruktiv utformning Brandförebyggande åtgärder

Av brandsäkerhetsskäl begränsas tjockleken på fyllningar med gummiklipp till maximalt 4 m och gummiklippen får inte vara förorenat av annat organiskt material eller skrot.

Dräneringslager

Minsta lagertjocklek som rekommenderas för utnyttjande av gummiklipps egenskaper är 0,3 m för att garantera den dränerande funktionen. För dräneringsapplikationer är det viktigt att använda materialavskiljande geotextil för att förhindra att omgivande material tränger in i gummiklippsfyllningen och därmed minskar den dränerande förmågan.

Materialavskiljning

Den höga porositeten innebär risk för att omgivande material kan migrera in i gummiklippsfyllningen genom perkolation, vid tjäl-

Karakteristiska värden på skjuvhållfasthetsparametrar för olika typer av geosyntetiska material ges i Tabell 2.9. För geonät ska skjuvhållfastheten bestämmas i en särskild undersökning med den fraktion av gummiklipp som geonätet ska samverka med.

Beskrivning av geotextil	ϕ' [°]
Icke-vävd (glatt)	20
Icke-vävd (rå)	32

Försiktighetsåtgärder av miljöhänsyn

Av försiktighetsskäl för miljön ska det söras för en god dränering från konstruktionen för att undvika långvarig kontakt. Vidare bör inte däckklipp placeras i lågpunkter som kan bilda vattenansamlingar av samma skäl. Av miljöskäl bör heller inte en gummiklippskonstruktion överlagras av pH-höjande material eller dränera bort basiskt vatten (här $\text{pH} > 7,5$) utan att en särskild miljöbedömning genomförs eftersom det ökar lakningen av organiska föreningar.

Tabell 2.9.
Karakteristiska skjuvhåll-
fasthetsparametrar för oli-
ka typer av geosyntetiska
material. Den karakteristiska
friktionsvinkeln gäller
för kohesionsinterceptet
 $c' = 0$ kPa.



Figur 2.9.
Materialavskiljande geo-
textil skall användas för
att undvika materialtrans-
port från omgivande jord
in i gummiklippsfyllningen.

3. Redovisning i bygghandling

På arbetsritningarna ska förutom sedvanlig redovisning anges följande:

- Principsektion för konstruktionens uppbyggnad i längdriktning.
- Normalsektion för konstruktionens uppbyggnad i tvärled.
- Vid behov upprättas även ritningar för kompletterande tvärsektioner.
- På ritningarna visas utformning av underbyggnad, överbyggnad och släntskydd (släntlutning, skiktjocklek, materialkrav och packning).
- Storlek på gummiklipp.
- Dimensionerande värden för densitet, stabilitets- och tjälberäkningar där beräkningar är utförda.
- Totalt använd mängd.
- Eventuella restriktioner/villkor från konstruktör eller myndigheter som avser gummiklippen.
- Uppföljningsprogram om sådant finns.
- Hänvisning till:
 - Denna handbok
 - Utförd dimensionering
 - Utförd miljöbedömning

4. Utförande

Hantering av gummidäckklipp skiljer sig inte nämnvärt från hantering av traditionella granulära material. Konventionell utrustning och metoder kan användas med få undantag.

4.1 Transport

Transport av gummiklipp bör ske med täckta fordon för att undvika nedskräpning längs transportvägen. Materialet omfattas inte av särskilda transportrestriktioner. Vid transport av gummiklipp för ändamål som täcks av denna handbok krävs inte tillstånd enligt 15 kap. 29§ för transport av avfall eftersom materialet transporteras för återanvändningsändamål. Vid transport kan densiteten 500 kg/m^3 användas för överslagsberäkning av den totala fordonsvikten om fordonet inte kontrollvägs, eftersom materialet inte packas vid lastning av fordonet.

4.2 Mottagningskontroll

Vid mottagning ska en okulär kontroll ske om det levererade materialet överensstämmer med leveransspecifikationen. Ur anläggningssynpunkt för de tillämpningar som täcks av denna handbok bör däck som överstiger halv däckstorlek sorteras ut. Finns en anvisad lagringsplats ska materialet lossas där om det inte lossas direkt för utläggning.

4.3 Upplag/lagring/ mellanlagring

De tekniska egenskaperna hos gummiklipp påverkas inte av lagring utomhus eller av nederbörd. Vid uppläggning under en längre tid bör kontakt tas med miljönämnden i den kommun upplaget är i, för anvisning av plats om detta inte redan är behandlat i arbetsplanen eller motsvarande. Upplag av gummiklipp dammar inte. Rostutfällningar på marken i anslutning till upplaget är att vänta om upplägningstiden blir lång. Undersökningar av mark under platser där däck hanterats under lång tid visar att lagring medför obetydlig förorening. Upplagens storlek bör inte överskrida $20 \times 20 \times 4 \text{ m}^3$ (bredd \times längd \times höjd) av brandsäkerhetsskäl. Om den lagrade mängden gummiklipp överstiger 1000 ton bör räddningstjän-

ten underrättas om upplagsplats och mängd gummiklipp.

4.4 Terrassering/etablering av anläggningsyta

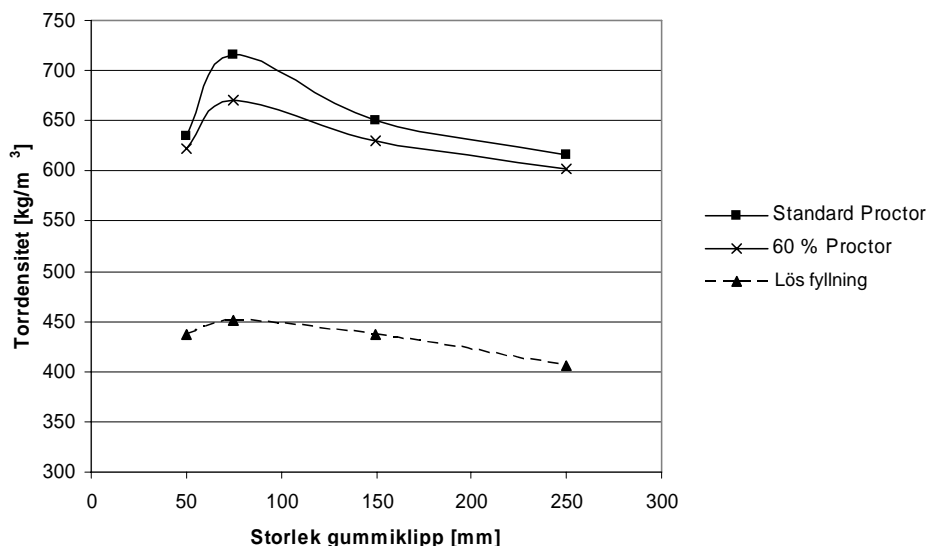
Terrassering/underarbeten för ett gummiklippslager ska utformas så att tvärfall erhålls som säkerställer avvattning. Det ska undvikas att vatten blir stående under konstruktionen. Gummiklippslagret kommer att fungera som dränerande lager för vattentransport i horisontalld.

4.5 Utläggning

Utläggning av materialet kan ske med konventionell utrustning. Bandfordon är att föredra eftersom det föreligger punkteringsrisk från den utstickande stålkorden. Gummiklipp behöver inga stödanordningar vid utläggning på sluttande mark eller sidostöd vid fyllningar. Maximal pallhöjd vid utläggning är 0,5 m. Utläggning sker till den förutbestämda överhöjningsnivån för att kompensera den kompression som gummiklipppet kommer att utsättas av från överbyggnaden i den slutgiltiga konstruktionen.

4.6 Packning

Packning av gummiklipp är viktigt eftersom det ökar styvheten och minskar sättningarna. Finklipp är lättare att packa än grovklipp, det vill säga högre torrdensitet uppnås för lika packningsarbete, se Figur 4.1. Maximal pallhöjd som rekommenderas är 0,5 m. Packning utförs med konventionell utrustning. Av betydelse för packningsresultatet är hög linjelast och minst fyra överfarter. Ytterligare ökning av överfarter ger marginellt bättre packningsresultat. Vatten och val av packningsmetod, vibrerande eller statisk packning har försumbar inverkan. Packningseffekten minskar för varje överfart och efter sex överfarter förväntas ingen ytterligare styvhetshöjning eller sättningsreduktion.



Figur 4.1. Inverkan av storlek på gummiklipp och densitet vid packningsförsök.

4.7 Användning på vintern

Gummiklipp kan hanteras oavsett väderlek eftersom det är fritt dränerande och inte fryser ihop. Gummiklipp påverkar perkolerande vatten i liten omfattning men det kan förekomma rostutfällningar vid anläggningsplatsen om gummiklippen lagrats en längre tid utomhus.

4.8 Arbetsmiljö

Den skyddsutrustning som behövs vid anläggningsarbeten med gummiklipp är skyddshandskar och skyddsskor med trampskydd mot spikar och som skydd mot den vassa stålkorden. Dammet är undersökt avseende total mängd, inandningsbara partiklar ($< 5\mu\text{m}$), organisk halt, PAH-halt och metallhalt i dammet för olika arbetssituationer. Dammhalterna och dess innehåll bedömdes inte kräva någon skyddsutrustning för arbete utomhus. Om obehag upplevs av dammet kan ansiktsskydd användas. Dammet i form av rostpartiklar från stålkorden kan utgöra ett estetiskt problem i känsliga miljöer vilket kan kräva dammbekämpning i form av vattenbegjutning inom till exempel tätorter.

4.9 Kontroll av utförande

Kontroll av utförandet är central för att åstadkomma en god funktion hos konstruktionen och för att ta i anspråk de egenskaper som man vill utnyttja med användningen av gummiklippen. Nedan föreslås ett antal punkter som bör ingå i ett kontrollprogram:

- Information / arbetsberedning
- Arbetsmiljö
- Okulärbesiktning av materialet
- Packningskontroll

Packning är kritiskt för styvheten. Utförandekontroll ska ske genom att kontrollera att inte pallhöjden överstiger 0,5 m mellan packningssomgångar och att packning sker med minst fyra överfarter. Efter packning kilas materialet ihop vilket gör att det är svårt att kontrollera packningseffekten annat än visuellt.

Vid vägbyggnad bör även styvheten hos slutkonstruktionen verifieras genom statisk plattbelastning.

Det förekommer långtidsdeformation i materialet. Därför bör en uppföljning ske efter 1 år för att konstatera att deformationerna håller sig inom konstruktionens krav om det bedöms som nödvändigt. För att mäta deformationerna för hela konstruktionen är avvägning lämpligt och för långtidsdeformationer i gummiklippslagret rekommenderas slangättningsmätning.

Verifiering	Metod
Bärighet	Statisk plattbelastning
Sättning konstruktion	Avvägning av yta
Långtidsdeformation	Slangättningsmätning

Tabell 4.1. Verifieringsmetoder för anläggningsobjekt med gummiklipp.

5. Drift och underhåll

De tillämpningar som beskrivs i denna handbok är inte av den typen där underhåll normalt utförs. Nedan redovisas dock erfarenheter från försöksobjekt.

Utskiftning

Att skifta ut gummiklipp är enkelt. Avskiljningen med geotextil mot omgivande lager fungerar väl och det är lätt att avskilja från jordmaterial genom siktning på grund av den stora densitetsskillnaden och kornstorleken.

Öka bärförmåga

För att öka gummiklippslagrets bärförmåga (styvhet) behöver överlasten ökas. Armering med geonät och stålarmring kan också användas för att öka bärförmågan i en konstruktion.

6. Återbruk, deponering eller överlåtelse

Enligt de generella kraven på material enligt ATB Väg Kapitel A8.2 Hygien, hälsa och miljö (Vägverket 2005), ska vid projekteringen tillses att materialet inte ger problem vid återanvändning, deponering eller destruktion. En bedömning görs av hur materialet ska hanteras.

Gummiklipp är ett beständigt material som ur nedbrytnings synpunkt i det temperaturintervall som är aktuellt i de ingående tillämpningarna främst påverkas av UV-strålning om materialet utsätts för direkt solljus. Undersökningar av tekniska egenskaper, kemisk status och strukturell status visar att gummimaterialet påverkas ett par μm av ytskiktet. Tekniskt sett kan materialet fylla funktionen under lång tid.

Materialet är lätt att ta upp med konventionell anläggningsutrustning. Att avskilja gummiklipp från jord om det skulle vara nödvändigt kan göras med siktar. Skillnaden i kornstorlek och densitet underlättar siktning.

Återanvändning

Användning av gummiklipp som dräneringslager eller lättfyllnadsmaterial påverkar inte den fortsatta användningen för samma ändamål om materialet skulle utskiftas.

Återvinning

De materialåtervinningsalternativ som står till buds idag, till exempel kryomalning, kan kräva tvättning av materialet för att avskilja eventuella jordpartiklar som följer med materialet. Gummimaterialet åldras inte kemiskt innanför det yttersta lagret.

Deponering

Det är inte tillåtet att deponera gummiklipp eftersom EU har förbjudit detta alternativ som styrmedel mot återvinning av däckmaterial. Sedan 2002 har det varit förbjudet att deponera däck eftersom de kan klassas som brännbart avfall. Däremot är det tillåtet att använda gummiklipp som konstruktionsmaterial i deponier, till exempel som dräneringsmaterial i botten- eller sluttäckningskonstruktioner och som deponigasdräneringsmaterial.

Energiåtervinning

Gummiklipp har ett högt energiinnehåll och uppfyller definitionen för brännbart avfall. Energivärdet är 28 – 35 MJ/kg vilket är jämförbart med eldningsolja.

Överlåtelse

Vid överlåtelse bör dokumentation upprättas där det framgår:

- Var gummiklippet har använts.
- Ritning som visar aktuell konstruktion med gummiklipp vid överlåtningstillfället.
- Mängden gummiklipp som använts.
- Dokumentation över eventuella skyddsåtgärder som vidtagits vid användandet av gummiklippet.
- Eventuellt myndighetsbeslut som rör konstruktionen med avseende på gummiklipp.

7. Kvalitetskrav och kontroll

Kvalitetskrav och kontroll syftar i detta kapitel primärt till att säkerställa att erforderlig funktion erhålls för konstruktionen som helhet, det vill säga vad avnämaren bör kontrollera med avseende på ingående material, projektering samt utförande.

Tabell 7.1.
Schematisk skiss över kvalitets- och kontrollkrav.

Aktör	Moment	Egenskaper	Dokument
Materialleverantör	Ingående material	Miljö/Teknik	Byggvarudeklaration
Konsult	Projektering	Miljöbedömning Dimensionering	Ev. anmälan Bygghandling
Utförare	Kontroll av utförande	Se kap 4	Kvalitetsplan
Utförare / avnämare	Verifiering av utförande	Funktion	Relationshandling

8. Referenser/hänvisningar

Referenser till handboken

- AB-Malek, K. and Stevenson, A. (1986).** The effects of 42 years immersion in sea water on natural rubber. *Journal of Materials Science*, Vol. 21, pp. 147-154.
- ASTM. (1998).** ASTM Standard Practise for Use of Scrap Tires in Civil Engineering Applications. ASTM standard D 6270-98, American Society for Testing and Materials, Washington D.C.
- Bergström, M. och Östman, M. (2004).** Däckklippss packningsegenskaper - En laboriestudie, Examensarbete 2004:27 CIV, Institutionen för Samhällsbyggnad, Luleå tekniska universitet, Luleå.
- Bernal, A., Salgado, R., Swan, R.H., Jr. and Lovell, C. (1997).** Interaction Between Tire Shreds, Rubber-Sand, and Geosynthetics. *Geosynthetics International*, Vol. 4, No. 6, pp. 623-643.
- BLIC. (2001).** Life cycle assessment on an average European car tyre. Bureau de Liaison des Industries du Caoutchouc (BLIC), Brussels.
- Christiansson, M., Stenberg, B. and Holst, O. (1999).** Toxic Additives - A Problem for Microbial Waste Rubber Desulphurisation. *Resource and Environmental Biotechnology*, Vol. 3. 11-21.
- Cosgrove, T.A. (1995).** Interface strength between tire chips and geomembrane for use as drainage layer in a landfill cover. *Proceedings of Geosynthetics'95*, Industrial Fabrics Association, St. Paul, MN, Vol. 3, pp. 1157-1168.
- CSTEE (2003).** Questions to the CSTEE relating to scientific evidence of risk to health and the environment from polycyclic aromatic hydrocarbons in extender oils and tyres, Opinion of the Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment (CSTEE), Document C7/GF/csteeop/PAHs/12-131 103 D(03), European Commission - Health & Consumer Protection Directorate, Bryssel.
- Edeskär, T. (2004a).** Technical and Environmental Properties of Tyre Shreds Focusing on Ground Engineering Applications, Technical Report 2004:05, Department of Civil and Environmental Engineering, Luleå University of Technology, Luleå.
- Edeskär, T. (2004b).** Gummiklipp som skyddslager i ett fullskaleprojekt, Forskningsrapport 2004:13 FR, Institutionen för Samhällsbyggnad, Luleå tekniska universitet, Luleå.
- Edeskär, T. (2004c).** Gummiklipp som konstruktionsmaterial i mark- och anläggnings-tekniska tillämpningar, Licentiat uppsats 2004:39 LIC, Institutionen för Samhällsbyggnad, Luleå. (In Swedish).
- Edeskär, T. (2006).** Use of Tyre Shreds in Civil Engineering Applications - Technical and Environmental Properties, Doctoral Thesis 2006:67, Luleå tekniska universitet, Luleå.
- Eurolex (2005).** The Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the Landfill of Waste. <http://europa.eu.int/eur-lex/>, Bryssel.
- Huhmarkangas, H. och Lindell, F. (2000).** Däckklipp som konstruktionsmaterial tillämpat som dränerande lager i en bottenskonstruktion under en askdeponi vid Högbytorp, Examensarbete 2000:320, Avdelningen för Geoteknik, Luleå tekniska universitet, Luleå.
- Humphrey, D.N., Sandford, T.C., Cribbs, M.M., Chearegrat, H.G., and Manion W. P. (1992).** Tire Chips as Lightweight Backfill for retaining Walls - Phase I, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Maine, Orno.
- Håøya, A.O. (2002).** E6 Rygge Kommune - Miljøriskovurdering ved bruk av kvernet dekk i støyvoll. Report 1. Vegkontoret i Østfold, Statens Vegvesen., Moss. (In Norwegian).
- Lisi, R. D., Park, J. K. och Stier, J. C. (2004).** Mitigation nutrient leaching with a sub-surface drainage layer of granulated tires. *Waste Management*, Vol. 24, pp. 831-839.
- Meng, X., Hua, Z., Dermatas, D., Wang, W. and Kuo, H.Y. (1998).** Immobilization of mercury(II) in contaminated soil with used tire rubber. *Journal of Hazardous Materials*, Vol.54, pp. 231-241.

- Moo-Young, H., Sellasie, K., Zeroka, D. and Sanis, G., 2003.** Physical and Chemical Properties of Recycled Tire Shreds for Use in Construction. *Journal of Environmental Engineering*, Vol 129, No 10, pp. 921-929.
- Naturvårdsverket (2004a).** Deponering av avfall, Handbok 2004:2, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Naturvårdsverket (2004b).** Naturvårdsverkets allmänna råd till 3-33 §§ förordningen (2001:512) om deponering av avfall, NFS 2004:5, Naturvårdsverket, Stockholm.
- O'Shaughnessy, V. and Garga, V.K. (2000).** Tire-reinforced earthfill. Part 3: Environmental assessment. *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 37, pp. 117-131.
- Peterson, A. (2004).** Miljösystemanalys för alternativa lättfyllnadsmaterial i vägar, Examensarbete, Avd. för Industriellt miljöskydd, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm.
- Rowley, A. G., Husband, F. M. and Cunningham, A. B. (1984).** Mechanisms of metal adsorption from Aqueous solutions by waste tyre rubber, *Water Resources*, Vol. 18, No. 8, pp. 981-984.
- Rixlex (2005a).** Förordningen (1994:1236) om producentansvar om däck. <http://rixlex.riksdagen.se/>, 2005-09-30.
- Smith, C. C., Anderson, W. F. and Free-wood, R. J. (2001).** Evaluation of shredded tyre chips as sorption media for passive treatment walls, *Engineering Geology*, Vol. 60, pp. 253-261.
- Tatliso, N., Edil, T.B. and Benson, C.H. (1998).** Interaction between reinforcing geosynthetics and soil-tire chip mixtures, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, November 1998, pp. 1109-1119.
- Tweedie, J.J., Humphrey, D.N. and Sandford, T.C. (1998).** Full Scale Field Trials of Tire Chips as Lightweight Retaining Wall Backfill, At-Rest Conditions, Transportation Research Record No. 1619, Transportation Research Board, Washington, D.C., pp. 64-71.
- Toxnet (2005).** Hazardous Substances Database. <http://toxnet.nlm.nih.gov/>, National Library of Medicine, Bethesda.
- Ulfvarson, U., Ekholm, U. och Bergström, B. (1998).** Däckåtervinning - En pilotstudie, Rapport KTH/IEO/R-98/5-SE, Institutionen för Industriell Ekonomi och organisation, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm. (In Swedish).
- Westerberg, B. och Mácsik, J. (2001).** Laboratorieprovning av gummiklippers miljögeotekniska egenskaper. Teknisk rapport 2001:02, Avd. För Geoteknik, Luleå tekniska universitet, Luleå.
- Østeraas, T. (2003).** Bruk av dekklipp i Regionfelt Østfold, Miljøkonsekvenser ved bruk av dekklipp i Forsvaret, Interconsult.

Lagar och föreskrifter

- Miljöbalken
Förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd.
Förordningen (1994:1236) om producentansvar om däck.
The Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the Landfill of Waste.

Standarder

- ASTM. (1998). ASTM Standard Practise for Use of Scrap Tires in Civil Engineering Applications. ASTM standard D 6270-98, American Society for Testing and Materials, Washington D.C.
CEN, prEN 14243 End-of -life-tyre - Recycling - Materials, European Committee for Standardization, Bryssel

Publikationer utgivna av Vägverket

- ATB Väg 2004
VVMB 301, "Beräkning av tjällyftning", Vägverket publikation 2001:101.
VVMB 606, "Bestämning av bärighetsegenskaper med statisk plattbelastning", Vägverket 1993.

Fördjupningslitteratur

- Edeskär, T. (2004).** Technical and Environmental Properties of Tyre Shreds Focusing on Ground Engineering Applications, Technical Report 2004:05, Department of Civil and Environmental Engineering, Luleå University of Technology, Luleå.
- Edeskär, T. (2004).** Gummiklipp som skyddslager i ett fullskaleprojekt, Forskningsrapport 2004:13 FR, Institutionen för Samhällsbyggnad, Luleå tekniska universitet, Luleå. (In Swedish)
- Edeskär, T. (2004).** Gummiklipp som konstruktionsmaterial i mark- och anläggnings-tekniska tillämpningar, Licentiat uppsats 2004:39 LIC, Institutionen för Samhällsbyggnad, Luleå.
- Edeskär, T. (2006).** Use of Tyre Shreds in Civil Engineering Applications - Technical and Environmental Properties, Doctoral Thesis 2006:67, Luleå tekniska universitet, Luleå.

Bilaga A – Varudeklaration teknik/miljö

Varunamn

Gummiklipp

Användningsområde

Anläggningsändamål. Lättfyllnads- tjälisolerings och dräneringsmaterial.

Kort varubeskrivning

Återvunnet däckmaterial. Gummiklipp består av nedklippta bildäck som levereras i specificerade materialkvaliteter.

Företagsinformation

Leverantörens uppgifter.

Varuinformation

Tekniska data för dimensioneringsändamål: Tabell A1 avser geoteknisk dimensionering och Tabell A2 vägdimensionering.

Ingående material

Råvaran består till 100 % av däckmaterial. Gummiklipp består i huvudsak av gummi (83 %), stålkord (12 %) och textila material (5 %), baserat på vikt. I Tabell A3 anges gummiklippets huvudbeståndsdelar uppdelade på kemiska ämnesgrupper och miljö- respektive hälsoklassning enligt Kemikalieinspektionens ämnesregister. För HA-oljor har PAH valts som representativ kemisk ämnes grupp (utgör 4,5 – 16 % av HA-oljan i olika däck) och som representant för ämnesgruppen PAH används Benz(a)pyren (BaP).

Tillverkning och produktion

Gummiklipp framställs genom fragmentering av bildäck. Råvaran, bildäcken, samlas in från däckverkstäder till uppsamlingsplatser i kommunerna där de processas av vanligtvis mobila kvarnar. Produktionen omfattas av anmälningsplikt enligt miljöbalken. I Tabell A4 listas energislag och råvaror som ingår i processen

Materialegenskap	Enhet	Karakteristiska värden
Kompaktdensitet (ρ_s)	t/m ³	1,15
Torrdensitet (ρ_d)	t/m ³	0,45 – 0,90
Skrymdensitet (ρ)	t/m ³	0,45 – 0,90
Porositet (n)	%	40 – 60
Permeabilitet (k)	m/s	10 ⁻²
Styvhetsmodul (E)	MPa	0,18 – 1,6
Friktionsvinkel (ϕ)	°	25 – 45
Värmeledningstal (λ)	W/m K	0,20
Specifik värmekapacitet	J/kg K	1470

Tabell A1.
Karakteristiska värden för geoteknisk dimensionering.

Materialegenskap	Enhet	Karakteristiska värden
Dynamisk styvhetsmodul (M_r)	MPa	1
Tvärkontraktionstal (v)	–	0,28
Skrymdensitet (ρ_d)	t/m ³	0,7
Porositet (n)	%	50
Värmeledningstal (λ)	W/m K	0,20
Vattenkvot	%	5
Värmeledningstal	W/m K	0,20
Tjällyftningshastighet	J/kg K	1470

Tabell A2.
Karakteristiska värden för dimensionering av gång- och cykelvägar enligt ATB VÄG.

Bilaga A

Tabell A3.
Kemiska beståndsdelar i gummiklipp. Representerativa föreningar har valts för varje beståndsdelsgrupp förutom för HA-oljor där PAH har valts som representativ grupp även om PAH utgör en mindre del av HA-oljor. Miljö- och hälsoklassning enligt Kemikalieinspektionens ämnesregister.

Beståndsdel	Vikt %	Representativ förening	CAS	Miljöklassning	Hälsoklassning
Syntetiskt gummi (SBR)	25	Styren-butadiene gummi	9003-55-8		
Naturgummi (NR)	17	Naturgummi	9006-04-6		
Kimrök	24	Kimrök	1333-86-4		
Krita (Si)	5	Kisel	7440-21-3		
Svavel	1,3	Svavel	7704-34-9		
Zinkoxid	1,6	Zinkoxid	1314-13-2		
Aromatiska oljor	6	PAH (beståndsdel)	130498-29-2	Miljöfarlig ¹	Cancer-framkallande ¹
Stearinsyra	0,8	Stearinsyra	57-11-4		
Acceleratorer	0,9	CBS	95-33-0	Miljöfarlig	Irriterande
Antioxidanter	1,5	6PPD	793-24-8	Miljöfarlig ²	
Återvunnet gummi	0,5	Styren-butadiene gummi	9003-55-8		
Belagd metallkord	11,5	Stål	68467-81-2		
Textila material	4,9	Polyamid	63428-83-1		
Totalt %	100				

¹⁾ Beror på förening

²⁾ Enligt tillverkare

Tabell A4.
Energislag och råvaror vid tillverkning av gummiklipp.

Energislag/råvara	Mängd	Utsläpp till vatten	Utsläpp till luft	Markpåverkan
Diesel			Avgaser	
Däck	100 %	-	-	-

Tabell A5.
Benämningar och fraktioner för gummiklipp.

Det uppkommer inget farligt avfall i tillverkningsprocessen. Vid service av maskiner uppkommer smörjoljor och liknande.

Distribution av färdig produkt

Materialet är en bulkprodukt som levereras företrädesvis med lastbil. Om transportkapacitet finns kan även båt eller tåg komma ifråga.

Byggskedet

Behov av utrustning och maskiner:

- För utläggning är bandfordon att föredra
- Konventionell packningsutrustning

Inget förbrukningsmaterial åtgår i byggskedet. Utsläpp i byggskedet består av avgaser från anläggningsmaskiner till luften. Det uppkommer inget farligt avfall i produktionen.

Byggvaruanpassning

Gummiklipp levereras i de fraktioner och benämningar som redovisas i Tabell A5. Det är möjligt att även leverera i andra fraktioner.

Benämning	Storlek [mm]
Grovklipp	100-300
Dubbelklipp	100-150
Finklipp	30×30, 50×50, 100×100

Bruksskedet

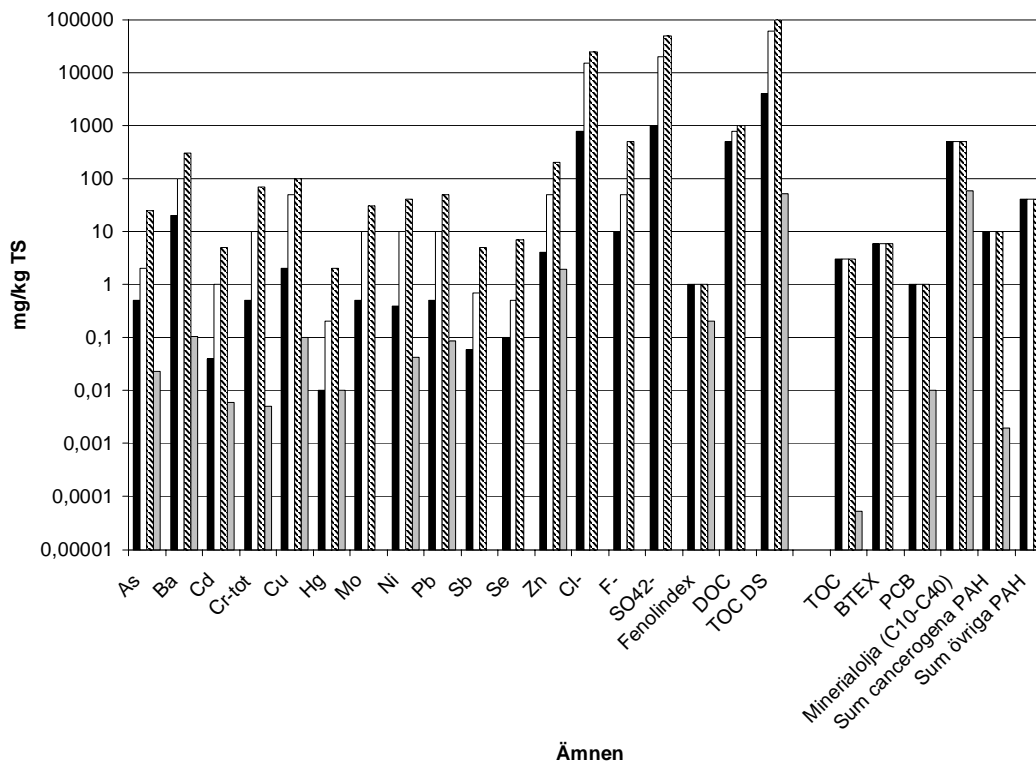
I bruksskedet förväntas utsläpp till vattnet på grund av lakning från konstruktionen. Totalt utlakad mängd under livslängden redovisas i Tabell A6.

I jämförelse med EU:s avfallsklassificeringsregler för avfall till deponi är gummiklipp att betrakta som inert avfall, se Figur A1.

Konstruktionen är underhållsfri. Däremot bör kontroll genomföras av estetiska skäl efter ett år, att vegetation har etablerat sig och att inte jord eroderat från konstruktionen.

Metaller	mg/kg TS	Organiska föreningar	mg/kg TS
Cd	0,006	DOC	52
Co	–	Σ cancerogena PAH	< 0,0002
Cr	–	Σ övriga PAH	< 0,003
Cu	0,1		
Fe	7,04		
Mn	0,728		
Ni	–		
Pb	0,1		
Zn	1,9		
As	–		

Tabell A6.
Långtidsutsläpp
(L/S 10).



Figur A1.
Lakning enligt EN
12457-3 för gummi-
klipp, jämfört med
mottagningskriterierna
för avfall till deponik-
lasserna inert-, icke-
farligt-, och farligt avfall
(NFS 2004:10).

Livslängd

Gummiklipp är mycket motståndskraftiga mot fysisk, kemisk och biologisk nedbrytning. Kemisk påverkanstakt är ca. 1,25 µm/år vilket inte påverkar de tekniska egenskaperna.

Rivning

Konstruktionen kan rivnas med vanlig anläggningsutrustning (grävmaskiner). I och med att materialet anläggs med materialavskiljande geotextil hålls materialet åtskilt från jord- och bergmaterial. Om en materialseparering ändå är nödvändig fungerar siktning väl eftersom densitets- och storleksskillnaden är stor jämfört med omgivande jord- och bergmaterial.

Inga särskilda åtgärder behöver vidtas för skydd mot människa eller miljö.

Ämnen

Restprodukter/avfall

Gummiklipp är inte farligt avfall. Gummiklippen kan återanvändas i nya tillämpningar om materialet är intakt eller energiåtervinnas. Gummiklipp får inte deponeras eftersom däckmaterial omfattas av återvinningskrav enligt EU-lagstiftning.

Bilaga B – Tjälisoleringsmaterial i gång-cykelväg

Allmänt

Gummiklipp fungerar utmärkt som ett tjälisolerings- och lättfyllnadsmaterial i gång- och cykelvägar. För GC-vägar kan tjällyftning utgöra ett större problem än för andra vägar eftersom vägöverbyggnaden blir tunnare i och med att konstruktionerna är dimensionerade för att ta mindre last. Användning av gummiklipp ger möjligheten att på ett kostnadseffektivt sätt isolera terrassen mot tjälnedträngning, förhindra vattentransport som bidrar till tjällyftning i vägöverbyggnaden och höja vägprofilen.

Som referensobjekt används även vägar och körytor med högre bärighetskrav eftersom de använts för att verifiera egenskaper. Arbete pågår för att korrelera gummiklipps egenskaper med Vägverkets dimensioneringsmodell.

Dimensionering

Anvisningar för dimensionering av gång- och cykelväg (GC-väg) finns i avsnitt C i ATB VÄG. Vid dimensionering av flexibel överbyggnad ska en linjärelastisk materialmodell ansättas för beräkning av töjningar och spänningar och egenvikten för de ingående materialen försummas. Denna materialmodell fungerar dåligt för gummiklipp som i större utsträckning än konventionella bergmaterial är icke linjärt elastiskt och vars styvhet i hög grad är beroende av överlasten (de överlagrande materialens egenvikt).

Dimensioneringsparametrar

Tjockleken av förstärkningslager, bärlager och slitlager ovanför gummiklipppet ska minst uppgå till 400 mm för att undvika uppäckning av de överliggande obundna materiallagren. Enligt ATB VÄG ska avståndet till ytan på slitlagret uppgå till minst 500 mm för att undvika frosthalka.

I Tabell B1 redovisas nödvändig tjocklek på gummiklippslagret för att uppfylla ATB VÄG:s krav på värmemotstånd i en konstruktion om avsikten med användningen av gummiklipp är tjälisolering.

För tjäldjup och tjällyftningsberäkningar rekommenderas att värden på parametrar används enligt Tabell B2.

Bundet slitlager

Analytisk dimensionering

Analytisk dimensionering med gummiklipp är under utveckling eftersom erfarenheter från fullskaleprojekt visar att uppmätta värden på styvhet inte överensstämmer med analytiska beräkningar avseende deformationer, troligen beroende på att materialet inte är linjärelastiskt.

Empirisk dimensionering

För bundna slitlager bör tjockleken av överbyggnaden ovanför gummiklipppet uppgå till 900 mm och en mjuk beläggning, typ MJOG

Tabell B1.

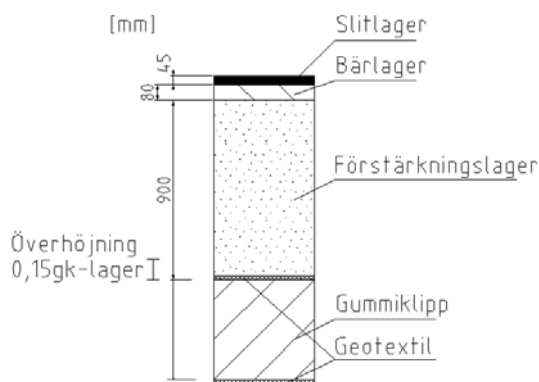
Krav på tjocklek på gummiklippslager enligt ATBVÄG för att uppfylla kraven på värmemotstånd i en vägkonstruktion.

Klimatzon		1	2	3	4	5
Referenshastighet VR 50 ≤ km/h	[mm]	90	180	270	360	480

Tabell B2.

Materialparametrar för beräkning av tjäldjup och tjällyftning med gummiklipp.

Materialparameter	Enhet	Rekommenderat värde
Skrymdensitet	t/m ³	0,70
Vattenkvot	[%]	5
Värmeledningstal (effektiv)	W/m,K	0,20
Specifik värmekapacitet	J/kg,K	1470
Porositet	%	30
Tjällyftningshastighet		0
Vattenmättnadsgrad	%	0



väljas, för att töjningarna inte ska bli för stora i underkant av beläggningen vid trafik av större fordon, till exempel vid snöröjning eller tillfälliga transporter. Styvhetsmodulen ökar inte hos gummiklipp under tjälperioden vilket gör att en bärighetsökning vintertid inte kan tillgodoräknas. Tunnare överbyggnad är att anse som experimentell.

Obundet slitlager

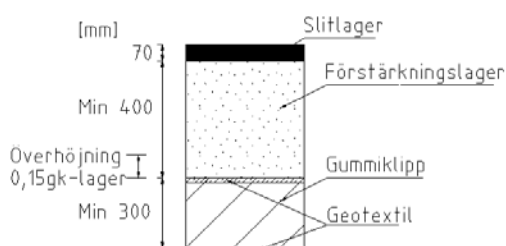
Om obundet slitlager används är inte konsekvenserna av elastiska töjningar i slitlagret ett lika stort problem som vid bundet slitlager. Överbyggnaden kan därmed göras betydligt tunnare.

Analytisk dimensionering

Analytisk dimensionering med gummiklipp är under utveckling eftersom erfarenheter från fullskaleprojekt visar att uppmätta värden på styvhet inte överensstämmer med analytiska beräkningar avseende deformationer, troligen beroende på att materialet inte är linjärelastiskt.

Empirisk dimensionering

Den totala överbyggnadstjockleken ska minst uppgå till 400 mm för att undvika uppäckning. Erfarenheter visar att det är lätt av överskatta den initiella kompressionen av gummiklipp. Därför rekommenderas att påföra ytterligare 100 mm lager till konstruktionen. Då uppfylls även kraven på avstånd till vägytan i ATB VÄG för att minska risken för frosthalka. En principkonstruktion redovisas i Figur B2.



Konstruktiv utformning

Kompressibilitet

Gummiklipp är ett kompressibelt material och för att nå önskad tjocklek på gummiklipplagret i konstruktionen behöver gummiklipplagrets kompression från egentygden av överliggande lager kompenseras. För en vägkonstruktion kan överslagsmässigt $1,15 \times$ gummiklipplagrets sluttjocklek användas som approximation för att kompensera för kompressionen.

Försiktighetsmått

Befogade försiktighetsmått för skydd av miljön ska vidtas enligt miljöbalken. Ur exponeringssynpunkt är det vattenburna föreningar som är aktuella för en GC-väg med gummiklipplager. Laboratieförsök visar att lakning från gummiklipp är låg och kontaktidsberoende. Uppföljningar, se nedan, visar att även om inga försiktighetsmått alls vidtas är föroreningsspridningen försumbar eller lägre i jämförelse med omgivande aktiviteter. Befogade försiktighetsmått är därför att minimera kontakttiden med vatten. Detta görs genom att se till att avvattningsanordningar (diken) uppfyller de krav som ställs i ATB VÄG och att gummiklippen inte placeras i stadigvarande kontakt med stillastående vatten.

Referensobjekt

Gång- och cykelväg Skogså,

Bodens kommun

En gång och cykelväg anlades parallellt med väg 357 i Bodens kommun av Skogså Byaförening 2005. Gummiklipp användes som bankfyllnadsmaterial under överbyggnad med bundet slitlager.



Figur B3
Anläggande av
gång- och cykelbana
i Skogså.

Ingen teknisk uppföljning har skett av gång- och cykelvägen.

Figur B2 (till vänster)
Principutformning för
GC-väg med obundet
slitlager och gummiklipp
som bankfyllningsmaterial.

Körplan Länna avfallsanläggning, Huddinge Kommun

På Ragn-Sells AB:s anläggning Länna deponi undersöktes möjligheterna att använda gummiklipp som ett mark- och anläggningsmaterial i en körplan för avfallssortering. Gummiklippsfyllningens funktion, förutom som pilotobjekt, är att tjänstgöra som fördröjningsmagasin under körplanen för spillvatten till det kommunala VA-nätet utifall utsläpp av föroreningar skulle ske på avfallsanläggningen.

Användandet är anmält till nämnden för miljö- och hälsoskydd i Huddinge kommun och kontrollprogrammet är utformat efter synpunkter från Stockholm Vatten.

Utförande

Efter att marken beretts så lades gummiklippen ut genom ändtippning från lastbil och lades ut med en 20 tons grävmaskin med larvfötter som användes för packning av gummiklippen genom tilltryckning med skopan. Ytan justerades med en planeringsskopa. Utläggningen tog lika lång tid som för användning av konventionella material. Arbetet utfördes vintertid och inga problem relaterade till kyla noterades.

Gummiklippen lades ut med en överhöjning som motsvarar $0,2 \times$ fyllningens sluttjocklek för att kompensera för dålig packning och kompression av överlast. En materialavskiljande geotextil lades ut mellan gummiklippsfyllningen och överbyggnaden. Vissa problem med vidhäftning mellan geotextil och stålkorsten i gummiklippen noterades.

Förstärkningslagret, bergkross 0 – 150 mm, fylldes ut i ett skikt på 0,7 m och packades med en 15 tons vibrovält. Lagret påfördes genom tippning vid kanten och bladades ut. Inga

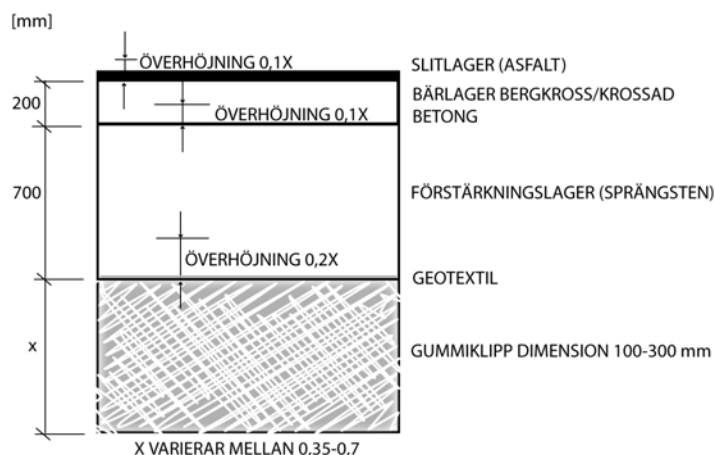
tendenser till brott i gummiklippen kunde noteras under utbladningen ens i kanten. Bärlagergrus lades ut varefter körytan började trafikeras. Asfaltering skedde 6 månader senare. Då justerades bärlagret upp med i genomsnitt 50 – 100 mm.

Miljöuppföljningen som omfattade provtagning av lakvatten i lysimetrar 2 ggr/år under åren 2001 – 2005 visade att organiska ämnen (extraerbar gaskromatografiskt organiskt material) minskade med tiden från 370 $\mu\text{g/l}$ till cirka 50 $\mu\text{g/l}$ (detektionsgränsen). Inga cancerogena PAH kunde påvisas i analyserna medan halten övriga PAH-föreningar har varierat från under detektionsgränsen ($< 0,5 \mu\text{g/l}$) till maximalt 0,44 $\mu\text{g/l}$. Zinkhalterna låg i intervallet 150 – 200 $\mu\text{g/l}$ förutom ett enstaka prov där halten uppgick till 489 $\mu\text{g/l}$. Kromhalterna var något högre än förväntat. Uppföljningen kan sammanfattas med att lakningen av organiska ämnen var låg.

Slutsatser

- Gummiklipp är lättarbetat som anläggningsmaterial.
- Överhöjningen (kompensationen för kompression) var för stor vilket resulterade i en tunnare överbyggnad än vad som var avsett. Överhöjningen borde varit $0,15 \times$ sluthöjd för gummiklippslagret istället för $0,2 \times$ sluthöjd.
- Krypsättningar gör det lämpligt att vänta med beläggning i minst 2 – 3 månader.
- Bärigheten är lägre med gummiklipp som fyllnadsmaterial jämfört med en fyllning av traditionella jord- och bergmaterial.
- Miljöuppföljningen visar att lakningen av organiska ämnen är låg och att zinkhalterna varierade men i allmänhet var relativt låga.
- Körplanen har fungerat bra.

Figur B4. Uppbyggnad av körplan på Länna avfallsanläggning. Gummiklippsfyllningens tjocklek (x) varierade mellan 0,35 och 0,7 m. Överhöjning avser kompensation (avvägningsytan vid utläggning) för gummiklippskompression när lasten från överbyggnaden påförs.



Bottnevägen Ö Änghagen, Göteborgs kommun

I ett fullskaleförsök som finansierades av Trafikkontoret och Renhållningsverket i Göteborgs kommun användes gummiklipp som ett lättfyllnadsmaterial i en bostadsgata. Vägen byggdes 1991 och färdigställdes med beläggning 1992.

Som materialavskiljande lager mot terrassen användes en geotextil i bruksklass 2. Gummiklippen lades ut i 0,75 m tjocka pallar och packades med en bandtraktor på minst 20 ton med 6 överfarter. Stödfyllning lades ut runt gummiklippsfyllningen innan den andra pallen däckklipp lades ut. Över gummiklippsfyllningen lades ett nytt lager geotextil ut innan vägöverbyggnadsmaterialet påfördes. Det packades med vibrerande vält och 6 överfarter i två pallar.

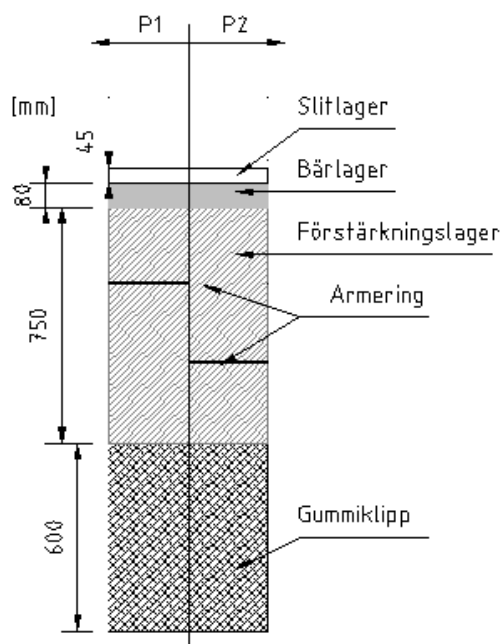
Slutsatser från försöket var bland annat:

- Gummiklipp i storleken 50 – 150 mm kan vara lämpliga som lättfyllning i vägbankar.
- Placering av gummiklipp ovanför grundvattenytan kan anses vara ofarligt.
- Packning med en medeltung bandtraktor eller en tung statisk vält fungerade väl.

Analysen på vatten ur en dikesbrunn uppströms konstruktionen, i en dikesbrunn nedanför konstruktionen och i en vattenansamling vid bankfyllningen med däckklipps släntfot har analyserats på metaller och cancerogena PAH. Halterna var i samma storleksordning uppströms och nedströms konstruktionen. I vattenansamlingen vid släntfoten var metallhalterna mycket låga men cancerogena PAH nära detektionsgränsen registrerades. Källan till dessa PAH är troligen från någon annan, till exempel avgaspartiklar, eftersom zinkkoncentrationen i denna vattenansamling låg under detektionsgränsen.

Väg 686, Bodens kommun

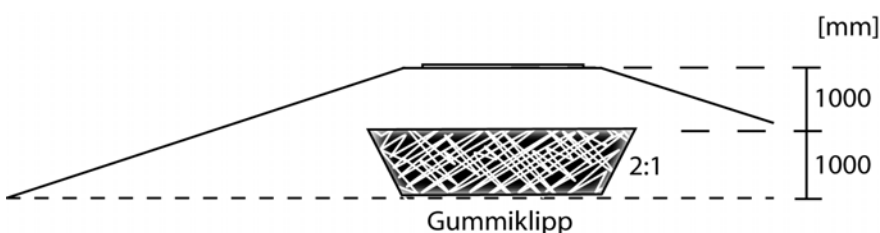
En försökssträcka med gummiklipp byggdes på väg 686 i Bodens kommun 2002 – 2003. Provsträckan ingår i en vägsträcka där bärighetshöjande åtgärder behövde vidtas. Undergrunden består av tjälfarlig siltig morän. Konstruktionen är uppbyggd av 600 mm gummiklipp, 750 mm förstärkningslager 0 – 100 mm bergkross, 80 mm obundet bärlager 0 – 30 mm bergkross och 45 mm MJOG 16 som slitlager. Armering tillfördes konstruktionen när hyttsten som förstärkningslager byttes ut mot bergkross. Stålarmeringsnäten är inlagda på två olika nivåer; 370 mm under vägytan respektive 620 mm under vägytan.



Figur B6. Uppbyggnad av provsträcka med gummiklipp för väg 686. Provsträckan består av två delsträckor, P1 och P2, som skiljer sig åt med avseende på var i förstärkningslagret armeringen är placerad.

Erfarenheter

Entreprenören ansåg materialet som lättanvänt. Ursprungligen var det tänkt att använda hyttsten som förstärkningslager men under den tid som gick mellan att förstärkningslagret färdigställdes och beläggningen, knappt 1 år, hade förstärkningslagret nöts ner mer än vad som var acceptabelt. Hyttstenen skiftades ut och armeringsnät lades in i konstruktionen.



Figur B5. Principskiss väguppbyggnad.

Figur B7.
Packing av tjälisole-
ringslager i väg 686
hösten 2002.



Provsträckan med gummiklipp uppvisar inga tecken på tjälskador eller andra problem i beläggningen. Tjälskador har däremot noterats på andra delar av vägen som byggdes om konventionellt. Tjälisoleringsförmågan för gummiklippet är som förväntat god. Viss anrikning av metaller och PAH har noterats i teststräckan med gummiklipp jämfört med referenssträckan. Metallhalterna i lakvattnet sjönk när hyttstenen byttes ut mot bergkross. PAH-koncentrationerna i lakvattnet sjönk på två år till nära detektionsgränsen i en lysimeter och under detektionsgränsen i den andra.

Slutsatser

- Materialet var lätt att hantera vid byggandet av vägen
- Vinterförhållanden utgör inga problem för hantering av gummiklipp
- Tjälisoleringen motsvarar förväntningarna.
- PAH-koncentrationerna i lakvattnet var initieilt låga och har efter 2 år sjunkit till detektionsgränsen för analyserna.

Bilaga C – Projekteringsexempel: Bullervall

Projekteringen omfattar en bullervall med gummiklipp som lättfyllnadsmaterial som täcks med vegetation.

Utformning för bullerdämpande funktion

Enligt Väg- och gatuutrustning (VGU) bestäms den bullerdämpande förmågan för en bulleravskärmning (bullervall) av höjd, utsträckning, täthet, tjocklek och placering, Tabell C1. En 2 m hög avskärmning som täcker hela siktinkeln mot vägen (180°) kan ge en bullerdämpning på 10 dB om det är hård mark mellan väg och bebyggelse.

Faktor	Utformning
Höjd	Bryta siktlinjen mellan bullerkälla och mottagare
Utsträckning (längd)	Bryta siktlinjen mellan bullerkälla och mottagare
Täthet	En bullervall är per definition helt tät
Tjocklek (bredd)	För en bullervall påverkas inte bullerdämpningen av tjockleken
Placering	Ju närmare bullerkällan desto bättre

Utformning av bullervall med kärna av gummiklipp

De tekniska vinsterna med att använda gummiklipp som kärna i en bullervall är en lättare konstruktion jämfört med jord- och bergmaterial och en hög släntvinkel (1:1,5). En lättare konstruktion och en hög släntvinkel är bland annat önskvärt när:

- Undergrunden är sättningsbenägen.
- Vid stabilitetsproblem.
- För att placera bullervallen nära bullerkällan för att öka den dämpande förmågan.
- När utrymmet kräver en smal bullervall.

För användning i en bullervall är grovklipp lämpligt eftersom det har en lägre skrymdensitet i konstruktionen och den extra bärighet som finklipp ger inte är nödvändig för funktionen. Grovklipp är även billigare att producera än finklipp.

Av brandsäkerhetsskäl har den maximala höjden på kärnan gummiklipp begränsats till 4 m. Det finns exempel på där högre konstruktioner använts men då krävs en särskild utredning. För att minska konsekvenserna av en brand kan en 1 m tjock vertikal vägg med jordmaterial anläggas som brandbarriär. I Tabell C2 jämförs skillnaden i belastning på undergrunden med att använda gummiklipp som kärna i en bullervall jämfört med att använda enbart jord- och bergmaterial.

Lättfyllnadskonstruktioner används för att minska belastningen på svag undergrund. I Figur C1 jämförs erforderlig odränerad skjuvhållfasthet för undergrunden mellan bullervallar med gummiklipp som fyllnadskärna (med 0,4 m täckning av jordmaterial) och motsvarande konstruktion av jord- och bergmaterial. Vid beräkningen av odränerad skjuvhållfasthet har säkerhetsfaktorn 1,5 mot skjuvbrott och allmänna bärförmågekvaktionen använts. Vid användning av maximal fyllnadshöjd av gummiklipp (4 m fyllning och 0,4 täckning av jord) krävs en odränerad skjuvhållfasthet $\tau_{fu} = 9$ kPa och för motsvarande bullervall med jord- och bergmaterial $\tau_{fu} = 23$ kPa.

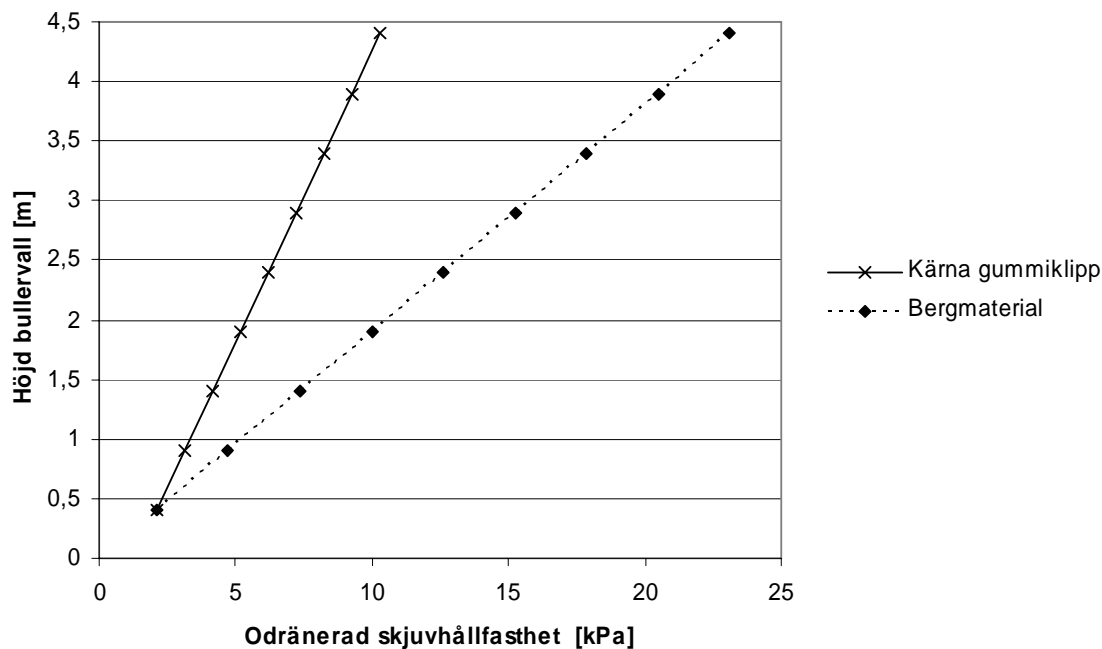
Tabell C1.
Utformningsaspekters påverkan på bullerdämpning för en bullervall.

Tabell C2.
Jämförelse mellan bullervallar konstruerade med kärnor av gummiklipp och bullervallar av jord- och bergmaterial ($\rho = 1,8$ t/m³) med samma geometri.

Höjd på bullervall [m]	Jord- och bergmaterial [kPa]	Kärna av gummiklipp [kPa]	Skillnad [kPa]
4,4	79	31	48
2,4	43	19	24

Bilaga C

Figur C1.
Erforderlig odränerad skjuvhållfasthet i undergrunden för en bullervall med gummiklippskärna respektive byggd med bergmaterial ($\rho = 1,8 \text{ t/m}^3$). Säkerhetsfaktorn mot brott i undergrunden är 1,5 och beräkningen baserar sig på allmänna bärförmågeekvationen.



Bullervallen består av en maximalt 4 m hög kärna av gummiklipp som överlagras av 0,3 – 0,4 m jord. Släntlutning 1:1,5, (cirka 34°) krön 1,5 m brett, däckfyllningsföt 10,5 m, med jordtäckning 12,6 m inklusive avrinningsanordning. Under konstruktionen utformas terrassen så att ett tvärfall på 2,5 % uppnås. Om det är önskvärt ur dräneringssynpunkt så kan tvärfallet utformas så att allt vatten avleds till ena sidan.

Kärnan av gummiklipp utgör inget stabilitetsproblem. Materialet kan ta upp stora deformationer innan det går till brott. Friktionsvinkeln vid brott är konservativt bedömd till $\phi' = 45^\circ$. Hänsyn behöver dock tas till att en plan glidy-

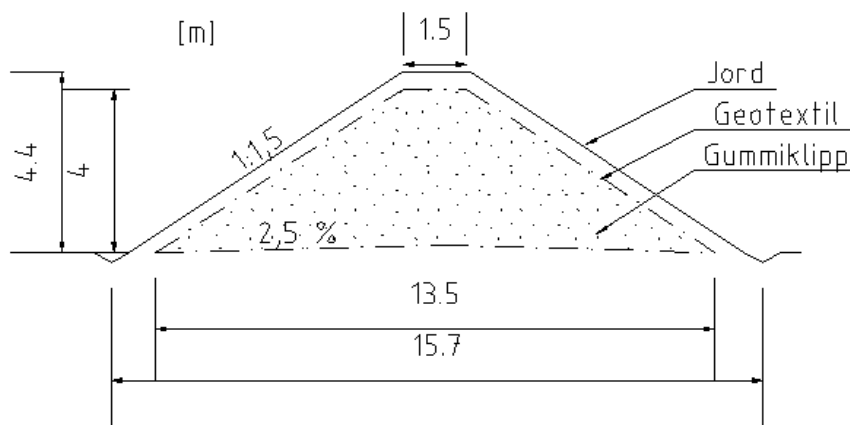
ta kan utbildas mellan geotextilen och den täckande jorden. Vid släntlutningar som uppgår till högst 1:1,5 behöver inte risk för plan glidyta beaktas.

Den föreslagna konstruktionen kan ändras på följande sätt utan att stabilitet eller funktion ändras:

- Släntlutningen kan göras flackare än 1:1,5.
- Krönets bredd kan göras bredare än 1,5 m.

Den beräknade materialåtgången per löpmeter för några olika geometrier för bullervallar som uppfyller specifikationerna i denna handbok redovisas i Tabell C3.

Figur C2.
Tvärsektion för bullervall med en 4 meter hög lättfyllnadskärna av gummiklipp. Terrassen är utformad så att ett tvärfall på 2,5 % avleder perkerande vatten åt båda sidor av bullervallen.



Höjd gummiklipp m	Släntlutning V:H	Krönbredd m	Gummiklipp		Geotextil m ²	Täckmassor	
			m ³	ton		m ³	ton
4	1:1,5	1,5	30	18	29,5	6,4	11,5
4	1:1,5	2,5	34	24	31,5	6,8	12,2
3	1:1,5	1,5	18	10,8	23	4,9	8,9
3	1:1,5	2,5	21	12,6	25	5,3	9,6

Tabell C3.
Materialåtgång per löp-
meter bullervall base-
rad på 0,4 m täckande
jordlager på bullerval-
len för några olika geo-
metrier.

Konstruktiv utformning

Ytan för bullervallen avjämnas så att ett tvärfall om 2,5 % uppnås. En geotextil, lägst bruksklass 3 för finklipp och lägst bruksklass 4 för grovklipp, placeras ut på undergrunden. Gummiklippskärnan byggs upp genom uppläggning av gummiklippen med en grävmaskin. Packning sker med grävmaskinen. Ingen överhöjning av gummiklippskärnan är nödvändig eftersom belastningen av överliggande lager är låg. Geotextilier av icke-vävd typ har i allmänhet högre friktionsvinkel mellan jord och geotextil än vävda. Uppnås inte nödvändig friktion mellan täckjord och geotextil kan geonät, jutesäckar eller motsvarande användas för att öka stabiliteten. Våderna läggs ut över ryggen på bullervallen. Behöver de skarvas ska skarven förankras.

För att minska kontakten med stillastående vatten anläggs som försiktighetsåtgärd ett dike vid bullervallens fot, 0,3 m djupt, för att undvika stillastående vatten mot gummiklippskärnans botten.

Miljö

Lokalisering

Risken för miljöpåverkan av en konstruktion med gummiklipp beror till stor del av lokaliseringen. Om bullervallen anläggs så att den inte permanent är i kontakt med en vattenansamling är miljöpåverkan att betrakta som försumbar eller ringa. Ur miljösynpunkt är det mer fördelaktigt att anlägga bullervallen på finjordar och jordar med hög organisk halt där fastläggningsmekanismer ytterligare bidrar till att minska föroreningsspredningen. Även låg permeabilitet är gynnsamt ur miljösynpunkt.

Av konsekvensskäl bör inte en konstruktion med gummiklipp anläggas inom ett vattenskyddsområde eller i direkt anslutning till en enskild brunn även om sannolikheten för förorening är liten.

Försiktighetsmått

Befogade försiktighetsmått för skydd av miljö ska vidtas enligt miljöbalken. Ur exponeringssynpunkt är det vattenburna föreningar

som är aktuella för en bullervall med kärna av gummiklipp. Laboratorieförsök visar att lakning från gummiklipp är låg och kontaktidsberoende. Uppföljningar, se nedan, visar att även om inga försiktighetsmått alls vidtas är föroreningsspredningen försumbar eller lägre i jämförelse med omgivande aktiviteter. Befogade försiktighetsmått är därför att minimera kontakttiden med vatten. Detta görs genom att se till att ett tvärfall på minst 2,5 % finns under konstruktionen och att avvattningsanordningar i form av diken finns i anslutning till bullervallens fot.

Kontakt med miljömyndigheter

I lagstiftningen råder det osäkerhet om återvunna material är att betrakta som avfall eller inte. Allmän praxis är att kontakta miljömyndigheten, i första hand nämnden för miljö- och hälsoskydd i den kommun där bullervallen ska anläggas. Det kan bli aktuellt att anmäla bullervallen som miljöfarlig verksamhet om nämnden så anser. Ett exempel på en anmälan finns som bilaga F. Om bullervallen ingår i ett projekt som redan är prövad enligt Väglagen eller Järnvägslagen kan bullervallen redan ingå i prövningen. Det måste kontrolleras.

Exempel på utförande

Bullervall Huggenes

En 450 m lång bullervall med en 5 m hög kärna av gummiklipp byggdes 2002 vid E6 i Huggenes i Moss kommun för att åtgärda bullerproblem från vägen. Undergrunden består av 2 – 3 m sand som överlagras 10 – 15 m marin lera. Av stabilitetsskäl krävdes en lätt konstruktion. Använd fraktion av gummiklipp är grovklipp 50 – 300 mm. Vid anläggandet användes cirka 7000 ton gummiklipp. Bullervallen är uppbyggd i sektioner som skiljs åt med 1 m tjock vertikal vägg av jord med 70 – 80 m emellan. En av sektionerna är speciellt utformad för miljöuppföljning.

Bullervallen är ett pilotobjekt för uppföljning av utsläpp av gummiklipp från konstruktioner och omgärdas av omfattande provtagning. Övervakningen har pågått sedan 2002. Metaller, PAH och fenoler studeras i lakvatten från

Bilaga C

gummiklipp, i angränsande vattendrag uppströms konstruktionen som referenslokal och i dikesvattnet som är åtskilt från däckklippskonstruktionen med geomembraner.

Uppföljningen av bullervallen vid E6 Rygge, utanför Moss, visar att innehållet av PAH i lakvattnet från konstruktionen med gummiklipp (där vattnet fritt får perkolera genom konstruktionen) är lägre än PAH-innehållet i dikesvattnet som är opåverkat av konstruktionen. Fenolerna i lakvattnet motsvarar bakgrundshalterna. Av metaller finns förhöjda halter av koppar, zink och bly men halterna anses inte öka belastningen på recipienten.

En miljösystemanalys där gummiklipp bland annat jämfördes med lättklinker (konventionellt material som sällan miljöbedöms) som lättfyllnadsmaterial i Stockholmsområdet visade att gummiklipp var att föredra framför lättklinker inom alla studerade miljöaspekter; växthuseffekt, försurning, eutrofiering, human toxicitet, fotokemiskt ozon, ekologisk toxicitet och energianvändning (Peterson 2004).

Bilaga D – Dräneringslager i topp-täckning för deponi

Utformningen av sluttäckningen med gummiklipp som dräneringslager är utformad enligt de rekommendationer som Naturvårdsverket ställer i krav på konstruktion, funktion och material för topptäckning av en deponi genom NFS 2001:512 och Handbok 2004:2 ”Deponeering av avfall”. Dräneringslagrets funktion är att förhindra att ett vattentryck uppstår på tätskiktet i sluttäckningen. Förutom den dränerande funktionen hos gummiklipppet medför användningen av konstruktionen:

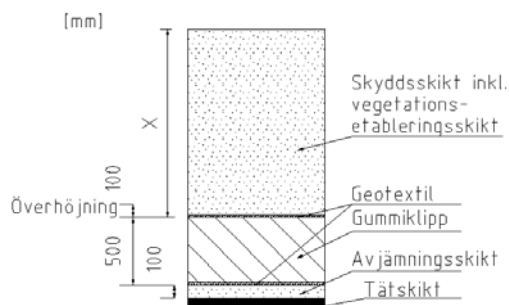
- Minskar sättningar (lättare konstruktion)
- Tjälisolerande (skyddar tätskikt mot tjälkador/lättare konstruktion)
- Grävskydd för tätskikt

Den dränerande funktionen beror dels på materialets dränerande förmåga och dels avrinningsförutsättningarna, det vill säga lutningen på tätskiktet. Differentiella (ojämna) sättningar i deponin kan bidra till att vattenansamlingar bildas på tätskiktet trots att dräneringsskiktet har en god dränerande förmåga. Ju lättare täckningen är desto mindre blir sättningarna. Gummiklipp i dräneringslagret bidrar till en lättare konstruktion dels genom den låga densiteten och dels genom att skyddsskiktet kan minskas ur tjälskyddssynpunkt.

Utformning

Materiallager

I Figur D1 redovisas uppbyggnaden med lager för en sluttäckning av en deponi ovan tätskiktet. Ovanför tätskiktet läggs ett 0,1 m tjockt skyddslager av siktad morän (kornstorlek < 20 mm) som verkar dels skyddande mot gummiklippens utstickande stålkord och dels vattenhållande. Den vattenhållande förmågan är viktig som skydd mot uttorkning av tätskiktet och ger även ett visst frysmotstånd mot tjälnedträngning. Ovanför läggs ett 0,6 – 0,7 m tjockt lager gummiklipp ut på en materialavskiljande geotextil. Geotextilen ska uppfylla lägst bruksklass 4. Efter kompression av överliggande skyddslager kommer tjockleken på gummiklippslagrets tjocklek att uppgå till cirka 0,5 m beroende på skyddslagrets tjocklek



Figur D1. Sluttäckningskonstruktion för deponier med gummiklipp som dräneringslager. Skyddsskiktets tjocklek beror på dimensionerande köldmängd.

Efter ett nytt lager av materialavskiljande geotextil läggs ett skyddslager av morän ut. Tjockleken beror på klimatet. Dock bör inte skyddslagrets tjocklek understiga 1 m, eftersom den totala tjockleken på topptäckningen ska vara minst 1,5 m (deponi för icke-farligt avfall).

Om tjockleken på det övre skyddslaget blir stor, och därmed tung, för att förhindra tjälnedträngning i tätskiktet kan tjockleken på dräneringslagret med gummiklipp istället ökas och även fungera som tjälisoleringsmaterial. Se mer under *Tjäle* nedan.

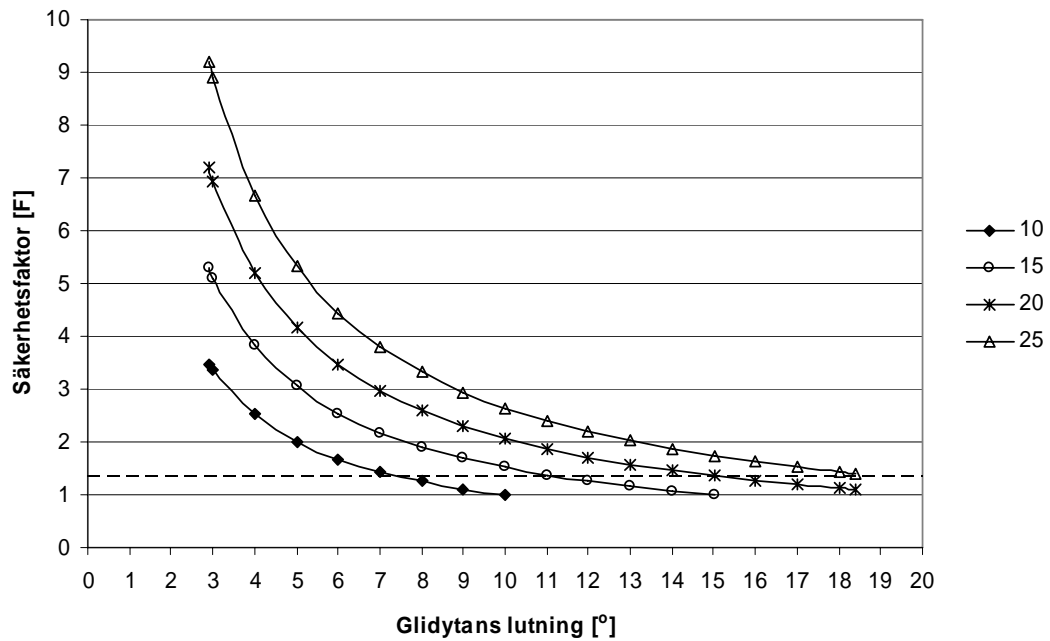
Stabilitet

Topptäckningens lutning bör lägst vara 1:20 (V:H) och högst 1:3 (V:H) av avrinnings- och stabilitetsskäl. Det motsvarar en lutning mellan cirka 2,9° – 18°. Tänkbara plana glidytor i topptäckningen är mellan de olika skikten. Framst vid de materialavskiljande lagren av geotextil. Av betydelse för släntstabiliteten är interaktionen mellan jord-geotextil och gummiklipp-geotextil. Enligt Naturvårdsverkets föreskrifter NFS 2004:5 ska säkerhetsfaktorn för stabilitet vara lägst 1,5 vid totalspanningsanalys och lägst 1,35 vid kombinerad analys. Eftersom gummiklipp är fritt dränerande är dränerad analys tillämplig. Eftersom olika fabrikat av geotextil har olika råa ytor kan inte en generell analys göras. Den lägsta uppmätta interaktionen mellan gummiklipp och en glatt geotextil är $\phi' = 15^\circ$. I Figur D2 visas nödvändig friktionsvinkel ϕ' mellan material, gäller både för gummiklipp och skyddslager (bergmaterial) och geotextil för givna släntlutningsvinklar. Säkerhetsfaktorn 1,35 är inlagd som streckad linje.

Bilaga D

Figur D2.

Säkerhetsfaktor mot plan glidyta mellan geotextil och skyddslager ovan respektive under gummi-klippslager för friktionsvinklarna ϕ' 10°, 15°, 20° och 25° för glidytor längs med materialavskiljande geotextil för olika lutning på glidyterna. Glidyterns vinkel ligger mellan 1:20 (cirka 2,9°) och 1:3 (cirka 18,4°). Den streckade linjen anger säkerhetsfaktorn 1,35.



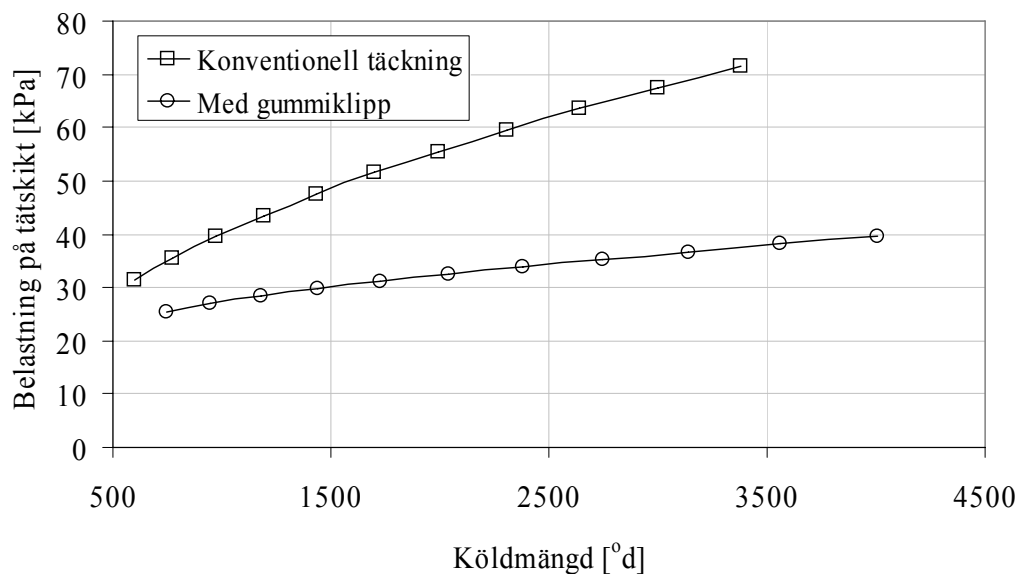
Interaktionen mellan geotextil och gummi-klipp är hög, bland annat för att stålorden armerar gummiklippen lokalt in i materialet på andra sidan av gummiklippen. Pull-out tester visar att skjuvhållfastheten mellan gummiklipp och geotextil är högre än skjuvhållfastheten i själva materialet, (Tatloisoz et al. 1998), vilket innebär att en plan glidyta inte utbildas i detta gränsskikt. Friktionsvinkeln mellan fyllningsmaterialet och geotextilen måste redovisas vid dimensioneringen.

Tjäle

Materiallagren ovan tätskiktet i sluttäckningen ska bl.a. skydda tätskiktet från påverkan av tjäle. Den dimensionerande köldmängden varierar dels med deponins lokalisering och dels med klimatutvecklingen över lång tid. I Figur D3 visas skillnaden mellan belastning på tätskiktet om gummiklipp används som dräneringslager och tjälisoleringsmaterial jämfört med en konventionell konstruktion av bergmaterial. Konstruktionen med gummiklipp utgår från konstruktionen som redovisas i Figur D1. Ökad dimensionerande köldmängd kompenseras med ökad tjocklek på dräneringslagret med gummiklipp.

Figur D3.

Belastning på tätskikt mellan en konventionell sluttäckningslösning och en där gummiklipp används som kombinerat dränerings- och tjälisoleringslager.



Konstruktiv utformning

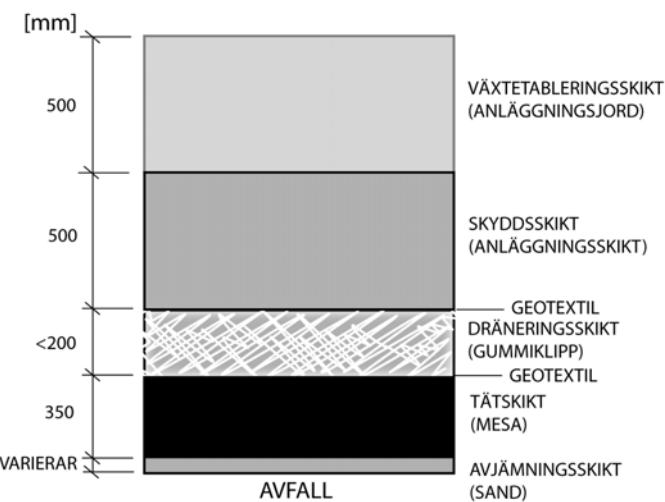
Ett 0,1 m tjockt skyddslager av grus eller morän läggs ut på tätskiktet. En materialavskiljande geotextil läggs ut innan dräneringslagret av gummiklipp påförs. Geotextilen ska lägst motsvara bruksklass 3 för finklipp och lägst bruksklass 4 för grovklipp. Gummiklipppet läggs ut i en 0,6 – 0,7 m tjock pall och packas med minst 4 överfarter med statisk last. Rekommenderad överhöjning av gummiklippslagret för att kompensera för kompression av överliggande lager är minst $0,2 \times$ dräneringslagrets önskade sluttjocklek. Ett nytt lager med geotextil läggs ut och det övre skyddslagret läggs ut och packas löst. Eventuellt kan ett tunnt lager med anläggningsjord påföras. Ytan sås in för att snabba på vegetationsetablering.

Exempel på utförande

Sluttäckning av Stordalens deponi, Timrå kommun

Vid sluttäckningen av Stordalens deponi i Timrå kommun testades användningen av alternativa material för att åstadkomma funktionella lager. Mesa, en restprodukt från pappers-tillverkning, fungerar som tätskikt och gummiklipp som dräneringslager. Sluttäckningen och återställningsarbetet av deponin påbörjades hösten 2002 och färdigställdes i juni 2004. En traditionell sluttäckning av deponin hade kostat 8 – 12 Mkr. Användningen av de alternativa materialen sänkte kostnaden till 5,8 Mkr.

Stordalens deponi har ännu inte följt upp eventuell påverkan från lakning av gummiklipp i dräneringslagret. Ett kontrollprogram kommer att påbörjas under 2006.



Figur D4.
Uppbyggnad av sluttäckning av Stordalens deponi i Timrå kommun.

Bilaga E – Hästsportanläggningar: Travbana och paddock

Figur E1.
Uppbyggnad av
travbana.

En bra hästsportbana ska vara mjuk under hovarna för att skona hästen, beständig mot kvarstående deformationer och torr. Konventionellt byggs en sådan bana upp med dräneringsrör i botten och olika lager med ballastmaterial. Att istället använda ett lager med gummiklipp förenklar konstruktionen. Stötupptagning i gummiklippslaget från hovarna innebär att ytan kan göras stryktåligare jämfört med att dämpningen enbart sker i ett ytlager av sand.

- Mjukt underlag är bra för hästen – minskar skadorna.
- Dränerade underlag ger god tillgänglighet/litet underhåll.
- Helhetslösning.
- Materialet används inom andra sporter som golf och fotboll för dess goda funktions skull.

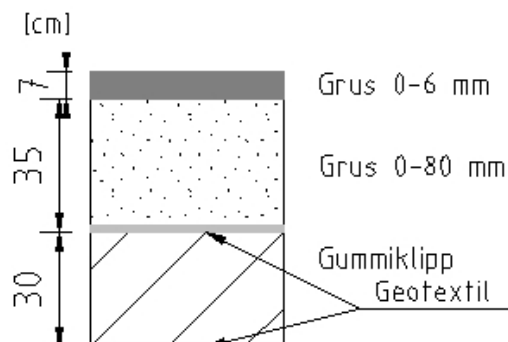
Återvunnet gummi från bildäck används idag inom många sporter, till exempel fotboll, på friidrottsarenor och inom golfporten under många år. Kombinationen av goda tekniska egenskaper, robust material, väl undersökta miljöegenskaper och ett bra pris gör materialet mycket konkurrenskraftigt.

Genom laboratoriestudier där kraftförloppet hos hovar i en travsituation simulerats har en optimal konstruktion provats fram för travbana. Lagertjocklekarna är optimerade för att ge ett mjukt underlag, god stabilitet och en robust yta som kräver minimalt med underhåll. Paddocken har tagits fram empiriskt av erfaret hästfolk med höga krav.

Travbana

Travbanan är uppbyggd av 300 mm gummiklipp som överlagras av ett 350 mm lager 0–80 mm och ett 70 mm 0–6 mm lager av bergmaterial. Över och under gummiklippslaget läggs en materialavskiljande geotextil ut. Används finklipp används lägst bruksklass 3 och vid grovklipp lägst bruksklass 4. Uppbyggnad av konstruktionen visas i Figur E1.

Figur E2.
Uppbyggnad av
paddock.



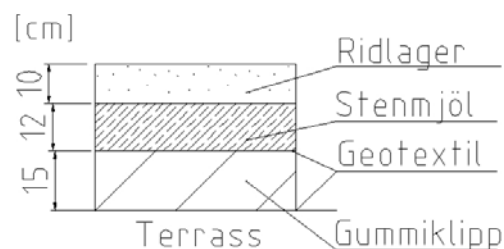
Anläggning

En terrass med 1–2 % tvärfall och diken anläggs. En materialavskiljande geotextil, lägst bruksklass 3 vid användning av finklipp och lägst bruksklass 4 vid användning av grovklipp.

Gummiklippet läggs ut, jämnas av och packas med minst 4 överfarter. Sluthöjden ska vara cirka 330 mm för att kompensera kompressionen av överliggande lager. Därefter läggs en geotextil ut som materialavskiljande lager. På geotextilen läggs 350 mm tjockt lager bergmaterial 0–80 mm läggs ut och packas med 4 överfarter. Som toptäckning används 0–6 mm bergmaterial som packas fuktigt med vält.

Paddock

Paddocken är uppbyggd av ca. 20 cm gummiklipp, geotextil, 12 cm stenmjöl och en toptäckning av 10 cm sand. Geotextilen mellan terrass och gummiklipp ska lägst hålla bruksklass 3 och mellan gummiklipp och stenmjöl av bruksklass 4. Topptäckningen av sand bibehåller fukten i stenmjölslaget.



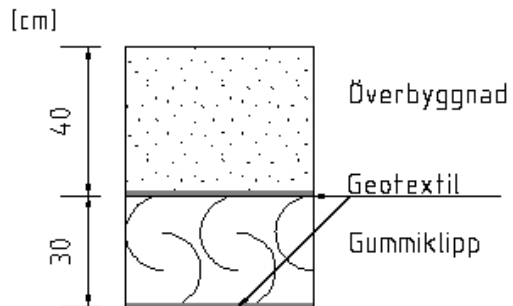
Anläggning

Markytan jämnas av så att ett litet fall skapas, cirka 1 – 2 %, för att undvika kvarstående vatten under konstruktionen. Har det tidigare varit problem med vatten på platsen så kan ett dike grävas runt konstruktionen för att avleda vatten. Ytan packas med en vält. På ytan läggs en materialavskiljande geotextil (lägst bruksklass 3), gummimaterialet läggs ut och jämnas av. Därefter packas gummimaterialet med minst 4 överfarter med en vält och en duk med geotextil av lägst bruksklass 4 läggs över ytan. Sluthöjden ska vara cirka 20 cm för att kompensera kompressionen av överliggande lager. Därefter läggs ett 12 cm tjockt lager av stensmjöl och ytan täcks med sand. Därefter är paddocken klar att användas.

Nannestads Hestesportscenter, Romerike (Norge)

En 1000 m lång travbana byggdes under 2003. Använd fraktion gummiklipp var $10 \times 10 \text{ cm}^2$. Överbyggnaden består av en grusöverbyggnad och packad sand som slitlager. Utläggningen av gummiklipp skedde med en banddriven grävmaskin.

Miljöuppföljningen visar att zinkkoncentrationerna är låga i det provtagna vattnet, PAH-halterna under detektionsgränserna och fenolkoncentrationerna i allmänhet under detektionsgränserna.



Figur E3.
Uppbyggnad av travbana för Nannestad Hestesportscenter.

Bilaga F – Anmälan om användande av gummiklipp som konstruktionsmaterial

Här ges ett exempel på ett upplägg och innehåll i en anmälan enligt 9 kap miljöbalken. I det enskilda fallet rekommenderas att kontakt tas med den lokala miljömyndigheten för samråd om utformning och innehåll.

Anmälan rekommenderas göras även i situationen att föroreningsrisken bedömts som mindre än ringa då det aktuella materialet betraktas som ett avfall.

ADMINISTRATIVA UPPGIFTER

Vad avser anmälan ?

Anmälan enligt förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd och tillhörande bilaga med hänvisning till SNI-kod 90.007-C, SFS 1998:899. Uppläggning av material för anläggningsändamål med mindre än ringa / ringa föroreningsrisk.

Information om verksamhetsutövaren

Här anges också uppgifter avseende den, verksamhetsutövaren, som lämnar anmälan. Informationen avser bl.a. kontaktuppgifter, organisationsnummer och i förekommande fall fastighetsbeteckning där materialet ska användas.

BESKRIVNING AV VERKSAMHETEN (§ 25, SFS 1998:899)

Här beskrivs verksamheten som underlag för tillståndsmyndighetens bedömning. Beskrivningen görs kort och koncis och vid behov hänvisas till kompletterande underlag i t.ex. bilagor.

BESKRIVNING AV MILJÖEFFEKTER

Här sammanfattas utförda miljöbedömningar, exempel på sammanfattning skulle kunna vara:

En MKB innefattande platsspecifik bedömning av föroreningsrisk har utförts. Den platsspecifika bedömningen visar att föroreningsrisken är ringa/mindre än ringa i det aktuella fallet, se underlag i bilaga/referenser. Vid användning av materialet beaktas följande: Upplag skyddas mot nederbörd, vid hantering används skyddshandskar, materialet bevattnas i syfte att reducera damning vid utförande, kontroll utförs avseende grundvatten i grundvattenrör enligt separat kontrollprogram (bifog-

gas).

ANVÄNDNING AV MATERIALET I FÖRHÅLLANDE TILL DE S.K. HÄNSYNSREGLERNA I 2 KAP. MILJÖBALKEN

• Kunskapskrav (§ 2)

Här beskrivs hur kunskapskravet har beaktats, exempelvis:

Platsen och materialet är välundersökt. Den aktuella applikationen är en vedertagen konstruktion. Det finns erforderlig erfarenhet av användning av materialet.

• Försiktighetsmått (§ 3)

Exempelvis: Materialet ersätter ett farligare och placeras ovan grundvattenytan med god marginal. Utförande sker enligt handbok för det aktuella materialet. Dokumentering sker i relationshandlingar hos...

• Produktvalsprincipen (§ 4)

Exempelvis: Produktvalsprincipen har tillämpats. En jämförelse har gjorts med andra alternativ (t.ex. traditionellt material) och det aktuella materialet. Exempelvis miljömässiga egenskaper som lakning, resursaspekter, arbetsmiljö m fl har ingått i jämförelsen, se bifogad dokumentation. Det aktuella materialet och den valda applikationen rekommenderas därvid.

• Hushållning (§ 5)

Exempelvis: Återanvändning av materialet innebär att råvaror och energi sparas samt att de goda tekniska egenskaperna hos materialet kommer till användning, ev hänvisning till utförd miljösystemanalys och/eller MKB. Vid situationen att materialet är ett avfall kan t ex Naturvårdsverkets avsiktsförklaring tillämpas där det anges att resursaspekter bör överväga om föroreningsrisken bedöms som ringa.

När konstruktionen tjänat ut kan materialet återvinnas/återbrukas....

• Val av plats (§ 6)

Lokaliseringen är viktig för att reducera risken för föroreningsspridning, exempelvis: Lokalisering har ingått i bedömningen av mil-

jöeffekter. Materialet används inte i ett område med stort eller mycket stort skyddsvärde och känslighet.

- **Rimlighetsavvägning (§ 7)**

Hänsynsreglerna skall tillämpas efter en avvägning mellan nyttan av skyddsåtgärder, andra försiktighetsmått och kostnader. Denna bedömning görs normalt av miljömyndigheten. I förekommande fall kan dock sökanden underlätta denna genom redogöra för dennes bedömning, exempelvis: Kraven på hänsyn enligt 2 till 6§ för den aktuella användningen av materialet har ställts i relation till föroreningsrisk och nödvändiga försiktighetsmått betraktas som uppfyllda.

EXEMPEL PÅ BILAGOR:

- Handlingar som beskriver verksamheten, t.ex. utredningar, plan-, sektions- och profilritningar
- Miljöbedömning, t.ex. MKB och/eller bedömning av föreningsrisk
- Program för kontroll- och uppföljning
- Annan dokumentation

Referenser (ej bilagda):

- Handbok för det aktuella materialet
- Vägledning Alternativa material, VV Publ
- Annan dokumentation



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