ID 13201 och 13360

Dränerande hårdgjorda ytor i stadsmiljö – nedbrytnings-tester med HVS-utrustning hos VTI -del 2+3

”Krossmaterial från ett entreprenörperspektiv”

SBUF-projekten ingår i Vinnovaprogrammet – Hållbara attraktiva städer

Rapporten är en fortsättning av SBUF-projektet 12832, som avrapporterades 2015.

Förord

Denna rapport beskriver ett arbete som utförts som en del av det större programmet ”Klimatsäkrade systemlösningar för urbana ytor”. Hela programmet är en Vinnova-satsning inom området ”Utmaningsdriven innovation - Hållbara attraktiva städer”.

Det tidigare arbetet SBUF 12832 gav värdefull kunskap, som nu verifierats och förbättrats till användbara manualer och anvisningar för byggande av dränerande ytor.

SBUF-projekten avser fullskaletester, fältprovning och utarbetande av dimensioneringsanvisningar för olika markbyggnadskonstruktioner, som kan komma att användas i framtidens stadsmiljöer.

Avsikten är att bedöma dräneringsförmåga, bärighet och nedbrytning och att ge råd om utförande.

Projektets nytta tillfaller dels entreprenören, som väljer rätt material, uppbyggnad och utförande och dels markägaren (beställaren), som får en fungerande och långsiktig lösning av dränerande stadsytor. Detta ger möjlighet till en grönare stad med friska träd, lägre risk för översvämningsskador etc.

Fullskaletesterna har utförts hos VTI i Linköping under ledning av Fredrik Hellman och personalen vid testhallen. Uppbyggnad av markkonstruktionerna har skett med personal från NCC Industry AB med undertecknad som ansvarig chef och med Isac Stigenhed som praktisk handläggare för första etappen. Från företaget Stenteknik deltog Anders Junghage, Starka har medverkat Jan Lang och från Sveriges stenindustrier Kurt Johansson. Övergripande projektledare har varit Jörgen Larsson vid Rise (fd SP). Utöver dessa har en stor mängd fackkunniga personer bidragit med arbete och synpunkter.

Till alla inblandade parter framförs ett stort tack.

Utan SBUF-bidrag hade näringslivets andelen av programmet inte uppnåtts och SBUF ska därför ha ett stort tack för snabb och obyråkratisk hantering av våra ansökningar.

Linköping 2017-09-11

Olov Didriksson

NCC Industry AB, projektledare

Läsanvisning

Denna rapport är en sammanfattning med rekommendationer för entreprenörer, projektörer och anläggningsägare. Här berörs de praktiska delarna av arbetet som ett utdrag från Vinnova-rapporten samt en del uppfångade kommentarer från projektmöten. Sammanfattningen innehåller nya uppgifter från arbetena under 2016-2017, men också några kommentarer från det tidigare projektet 2013-2015.

Efter denna SBUF-anpassade del följer den officiella rapporten till Vinnova-projektet (29 sidor). Där finns tekniska uppgifter, förslag till gränsvärden, arbetsbeskrivningar mm.

Den totala programrapporten, som är projektets rapportering från Rise till Vinnova, finns att läsa på projektets hemsida www.klimatsakradstad.se
Där ingår byggnadstekniska avsnitt, men också kapitel som avser samhälls-planering, förutsättningar för växtlighet, vattenflödesberäkningar mm. ”HVS-försök” och ”Dimensionering av dränerande överbyggnader” finns i särskilda delrapporter.

Syfte

Syftet med de fullskaliga försöken är att studera olika konstruktionslösningar för dränerande markytor och ge underlag för dimensioneringsberäkningar. Hållfasthet och nedbrytning undersöks i verkliga konstruktioner. De använda bergmaterialen ska vara tillräckligt dränerande, men också kunna bära aktuella laster.

Sammanfattning

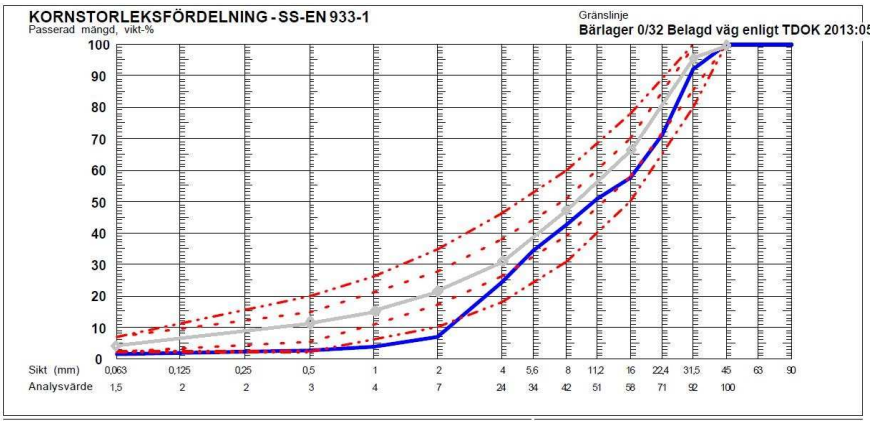
Totalt har 6 konstruktioner byggts upp och testats med HVS-maskinen hos VTI i Linköping. Uppbyggnaderna av två av dessa ytor framgår i kapitel 9.

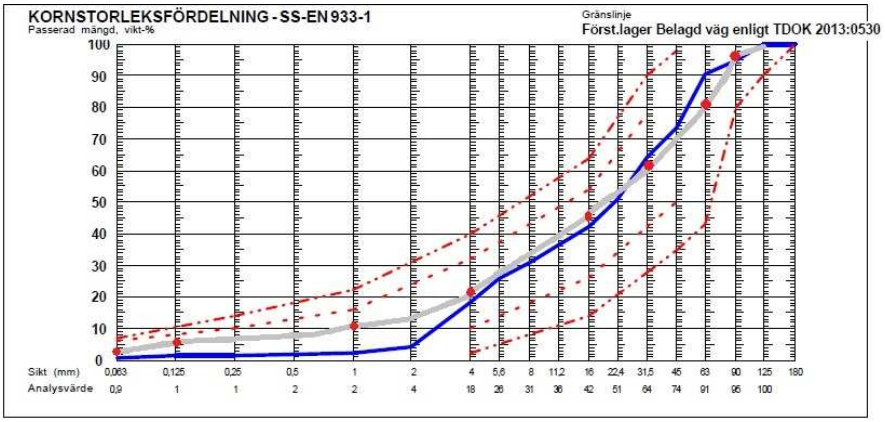
Det är i huvudsak två materialegenskaper som måste studeras då man bygger dränerande markkonstruktioner - permeabilitet och bärighet.

Det är också viktigt att notera att olika täktmaterial fungerar olika. Det kan vara mineralinnehåll, kornform, packningsförmåga, permeablitet mm som skiljer. Man måste alltså göra tester för varje anläggning som ska tillverka dränerande produkter.

De material som huvudsakligen använts och testats i detta projekt är bärlager och förstärkningslager med max stenstorlek 32 resp 90 mm.

Vid en jämförelse i siktdiagram kan man se att de dränerande materialen (blå kurva) har något lägre andel av de finare fraktionerna jämfört med ordinarie bär- och förstärkningslager (grå kurva). De röda linjerna är gränslinjer för leveranser till Trafikverket.





Uppbyggnaden av provytorna har skett på sådant sätt som är standardförfarande vid markbyggnad. Olika lager har packats med tung vibroplatta. Lagertjocklekar har dokumenterats. Marksten och natursten har lagts enligt fabrikanternas anvisningar.

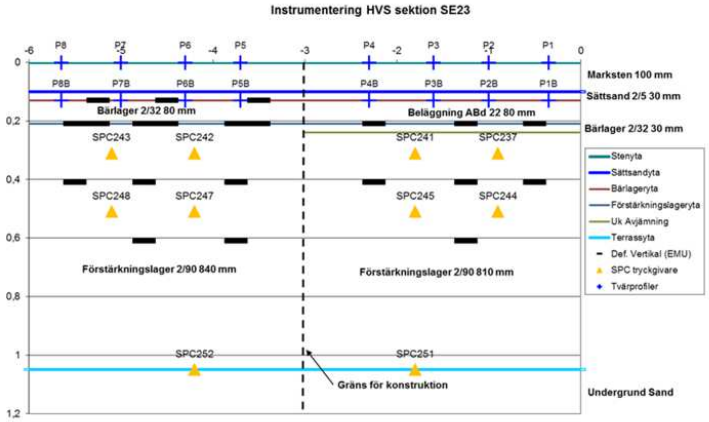
De packade obundna lagren har en uppmätt bärighet vid plattbelastning av Ev_2 = 140-170 MPa, vilket är goda värden.

Permeabilitetsvärden har mätts med rörpermeameter och gav värden i storleksordningen $k = 10^{-3}$ m/s för bär-och förstärkningslager och $k = 10^{-2}$ m/s för sätt- och fogmaterial. Värdena överensstämmer med förväntade värden och uppgifter i litteraturen.

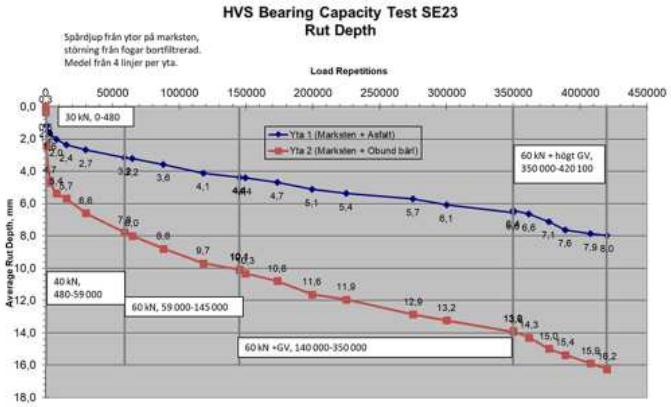
HVS-testerna visar att konstruktionerna klarar belastningsprogrammet väl. Efter en initialsättning ökar spårbildningen långsamt och konstruktionerna visar olika sättningsförlopp. Alla konstruktioner ligger på rimliga spårdjup efter fullföljda belastningar (max kring 20 mm). HVS-testerna innebär upprepad belastning med ökande axeltryck och uppfyllning med vatten i terrassen mot försökens slut. Totalt belastas med 400-500.000 cykler, något som aldrig kommer att inträffa på en stadsgata.

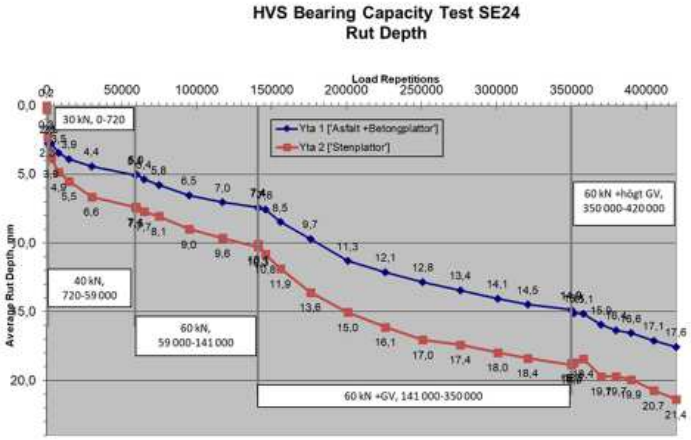
HVS betyder Heavy Vehicle Simulator och det där en stor men mobil utrustning, som ägs av VTI. Den rullar ett belastat hjul fram och åter och detta ska simulera trafiken.

En stor mängd mätutrustning byggdes in i provytorna för att mäta i vilka lager deformationer uppträdde.



Mätresultaten från HVS redovisas som diagram med sättning och antal lastöverfarter. Även axellasten vid olika steg och vattenfyllning i terrassen kan utläsas.





Inititalsättningen vid försökens start kan tyckas stor, men är i praktiken knappt synbar på en plattyta (2-6 mm). Inget vatten blir heller stående eftersom konstruktionen är dränerande. Inititalsättningar är svåra att undvika och de förekommer även vid vanlig asfaltväg.

Den som vill läsa mer om HVS-försöken hänvisas till delrapporten ”HVS-försök” skriven av Fredrik Hellman, VTI. www.klimatsakradstad.se

Från det tidigare arbetena 2013-2015 (SBUF 13832) finns följande noteringar:

HVS-testerna med dränerande stensättning och dränerande bärlager visade en större efterpackning i starten och därefter en långsam spårbildning.

Totalt visar mätningar spårbildning i storleksordningen 14-16 mm jämfört med 9-10 mm för referensytorna. Det var svårare att uppnå god packning med dränerande bärlager och dränerande sättsand. Plattbelastningsförsök visade i något fall att man måste öka antalet överfarter vid packningen från minst 6 till minst 6+8 i ett av försöken.

HVS-försök och övriga mätningar med skelettjord visade att skelettjorden har god bärighet, men att deformationerna minskar om man dessutom bygger in 100 mm asfaltbundet bärlager (AG) mellan bärlager och sättsand.

Det är möjligt att ”baklängesräkna” på E-moduler och den vägen konstatera var de svaga delarna i konstruktionerna ligger. Ett viktigt och allmänt konstaterande är att tjocka sättsandslager kan vara instabila och ge omlagringar, materialförflyttning och därmed sättningar.

Slutsatser och rekommendationer

Som praktiska rekommendationer kommer vi delvis tillbaks till gamla sanningar. Noggrannhet, god packning, kontroll av eget arbete osv.

Här några slutsatser + kompletterande synpunkter från projektmöten:

- Det går att utforma dränerande konstruktioner som fungerar.

  I en annan del av Vinnova-programmet finns dimensioneringsanvisningar för plattbelagda ytor och kontrollprogram för utförandet.

- God packning av belastade körytor är nödvändig för gott slutresultat. Projektet ger rekommendation att göra plattbelastningsmätningar och att då uppnå värden på Ev_2 = 110-140 MPa (beroende av ytans användning)

- Ökat antal överfarter med packningsredskap är ett ”tråkigt” men ganska billigt sätt att öka kvaliteten och minska spårbildning. Angivet antal överfarter enligt AMA Mark kan ge för låg bärighet.

- Kontrollera lagertjocklekar, speciellt sättmaterialen. Det är svårt att få bärlagrets överyta exakt och då är det lockande att göra en tjockare avjämning med sättmaterial. Det är ett känt fenomen att finkorniga sättmaterial riskerar att förflytta sig och ge omlagringar som visar sig i spårbildning i ytan efter många lastcykler.
  Det är alltså viktigt att hålla lagertjocklekar så att sättmaterialen blir tunna och jämntjocka.

- Vid dränerande uppbyggnad ska man vara observant på om sättmaterialet tenderar att rinna ner i underliggande lager. I så fall får man endera ändra fraktionerna (kornstorlekarna) eller lägga in ett materialskiljande skikt av textilduk.

- Utformning med ett asfaltbundet bärlager (AG 22) reducerar spårbildningen enligt HVS-mätningarna. Denna typlösning används redan i flera kommuner och innebär givetvis en högre kostnad och innebär större ingrepp vid uppgrävning men ger en robustare köryta.

- Luftigt förstärkningslager 16/90 har god bärighet och kan jämföras med dagens standardlösningar. Det passar utmärkt för trädplanering.

Dimensionering

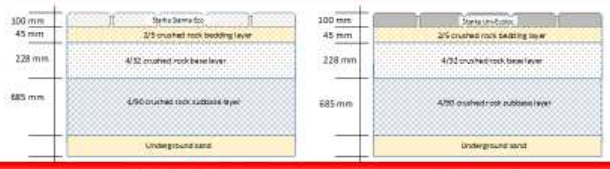
Med utgångspunkt från provningsresultat och HVS-körningar har projektet utarbetat dimensioneringsanvisningar. Som exempel visas nedanstående tabeller. För den totala bilden hänvisas till delrapport ”Dimensionering av permeabla överbyggnader och öppna förstärkningslager med avseende på trafiklaster”.

Modified Design Tables

Structure 1 and 2

		Tillåtet antal standardaxlar englit ATB VÄG, Trafikklas englit VÄG 94							
Klimatzon 1-6, krossat material i förstärkningslagret		0	0	<50000		50000-500000	500000-1000000	1000000-2500000	2500000-5000000
		G*	GC	0*		1	2	3	4
Marksten (Sienna Ecoloc)[1]		50	60	80	80	80	80	100	100
Sättsand (2/5)		30	30	30	30	45	45	45	45
Obundet bärlager (4/32)		Hela ÖB	80	80	30	228	228	228	228
Subbase (4/90) thickness på terras av materialtyp									
	1	0	0	0		0	55.8	223.2	334.8
	2	0	130.2		0	148.8	260.4	409.2	520.8
	3	148.8	130.2		0	316.2	409.2	520.8	613.8
	4	186	130.2		0	372	483.6	632.4	744
	5	260.4	316.2		186	613.8	725.4	948.6	1134.6

[1] If Uni-Ecoloc concrete blocks are used instead of the Sienna Eco concrete blocks, the thickness of the subbase layer may be reduced by 30%.



Structure 1 Structure 2 vti

Modified Design Tables

Structure 5 and 6

		Tillåtet antal standardaxlar englit ATB VÄG, Trafikklas englit VÄG 94							
Klimatzon 1-6, krossat material i förstärkningslagret		0	0	<50000		50000-500000	500000-1000000	1000000-2500000	2500000-5000000
		G*	GC	0*		1	2	3	4
Marksten (Uni Ecoloc)		50	60	80	80	80	80	100	100
Sättsand (0/4)		30	30	30	30	30	30	30	30
Obundet bärlager (0/32)[1]						118	118	118	118
Obundet bärlager (32/64)		Hela ÖB	80	80	30	155	155	155	155
Skeletal soil (100/150) thickness på terras av materialtyp									
	1	0	0	0		0	54	216	324
	2	0	126		0	144	252	396	504
	3	144	126		0	306	396	504	594
	4	180	126		0	360	468	612	720
	5	252	306		180	594	702	918	1098

[1] If 80 mm permeable asphalt concrete is used instead of the crushed rock base layer, the thickness of the subbase layer may be reduced by 30%.

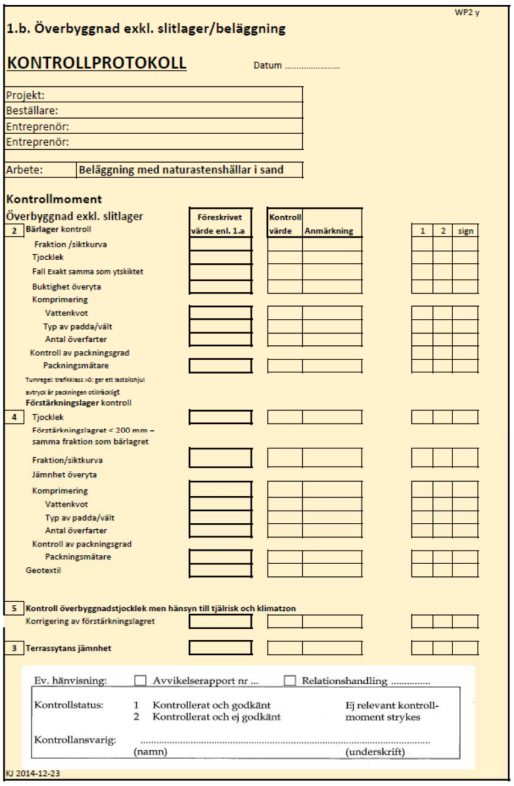
Structure 5 Structure 6 vti

Bidrag till utarbetandet av dessa anvisningar har till stor del kommit genom projektet SBUF 13360 .

Dessa dimensioneringstabeller mm kan sökas på www.klimatsakradstad.se

Dimensionering av permeabla överbyggnader och öppna förstärkningslager med avseende på trafiklaster.
Dimensionering av markbeläggningsplattor av natursten.
Uppdaterat webbaserat dimensioneringsverktyg uppgraderat med dimensionering med avseende på trafiklaster för överbyggnadstyperna som utvärderats inom projektet.

Här några andra kapitel om dimensionering



WP2 y

1.b. Överbyggnad exkl. slitlager/beläggning

KONTROLLPROTOKOLL Datum .....

Projekt:	
Beställare:	
Entreprenör:	
Entreprenör:	
Arbete:	Beläggning med naturastenshällar i sand

Kontrollmoment

Överbyggnad exkl. slitlager	Föreskrivet värde enl. 1.a	Kontroll värde	Anmärkning	1	2	sign
2 Bärlager kontroll						
Fraktion /siktkurva						
Tjocklek						
Fall Exakt samma som ytskiktet						
Buktighet överyta						
Komprimering						
Vattenkvot						
Typ av padda/vält						
Antal överfarter						
Kontroll av packningsgrad						
Packningsmätare						
Tumregel: trafikklass >0: ger ett lastplintjui avtryck är packningen otillräckligt						
Förstärkningslager kontroll						
4 Tjocklek						
Förstärkningslagret < 200 mm – samma fraktion som bärlagret						
Fraktion/siktkurva						
Jämnhet överyta						
Komprimering						
Vattenkvot						
Typ av padda/vält						
Antal överfarter						
Kontroll av packningsgrad						
Packningsmätare						
Geotextil						
5 Kontroll överbyggnadstjocklek men hänsyn till tjälrisk och klimatzon						
Korrigering av förstärkningslagret						
3 Terrassytans jämnhet						

Ev. hänvisning: ☐ Avvikelserapport nr ... ☐ Relationshandling .....

Kontrollstatus: 1 Kontrollerat och godkänt; 2 Kontrollerat och ej godkänt; Ej relevant kontroll-moment strykes

Kontrollansvarig: ..... (namn) (underskrift)

KJ 2014-12-23

Exempel på kontrollprotokoll för överbyggnadskonstruktion.

Med denna SBUF-inriktade inledning önskas god läsning av resten av rapporten, som innehåller 30 sidor (ny sidnumrering startar)