

Grågröna systemlösningar för hållbara städer



Överbyggnad med naturstens- och markbetongbeläggning

Förenklad dimensioneringsberäkning för trafikclass G/C, 0, 1 och 2 i urban miljö

Program: Vinnova – Utmaningsdriven innovation – Hållbara attraktiva städer

Diarienummer: 2012-01271

Datum: 2014-12-20

Rapportansvarig: Kurt Johansson, STEN

1 Förord

Föreliggande rapport är en del av projektet *Grågröna systemlösningar för hållbara städer*, ett tvärvetenskapligt samarbetsprojekt mellan Betonginstitutet (CBI), Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP), NCC, CEC Design, STEN Sveriges Stenindustriförbund, Institutet för jordbruks- och miljöteknik (JTI), Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Stockholm Stad Trafikkontoret, Sweco, Benders, Starka, Cementa, Movium (SLU), Pipelife, VTI Statens Väg- och transportforskningsinstitut, Hasselfors Garden, VIÖS, MinBaS, Thorbjörn Andersson – Landskapsarkitekt, Växjö Kommun, Malmö Stad och StormTac.

Projektet bedrivs inom ramen för Vinnovas program ”Gränsöverskridande samverkan och inriktningen Utmaningsdriven innovation” och delfinansieras av Vinnova.

Resultaten från projektet publiceras på projektets webbplats www.greenurbansystems.eu

2 Sammanfattning

Rapporten beskriver en förenklad modell för dimensioneringsberäkning av överbyggnaden med obundet bärlager för halvelastiska beläggningar i urban miljö för trafikklasserna G/C, 0, 1 och 2. Med halvelastiska beläggningar avses beläggningar med natursten, markbetong och tegel.

Trafikklasserna anges dels enl. ABT VÄG dels som Förenklad trafikklassindelning Svensk Markbetong 2002. Har slityteleverantören angett tjockleken på slitytan kan man med hjälp av informationen på ett Excelblad och där angiven formel få fram dimensionen på överbyggnaden. Jämfört med en noggrannare beräkning kan detta avvika med någon centimeter. Beräkningsresultatet kan dock anses tillräckligt i samband med besiktning eller egenkontroll, och är i många andra sammanhang ett hjälpmedel. Denna förenkling har gjorts i samarbete mellan Sveriges Stenindustriförbund och Svensk Markbetong. Med hjälp av en Excel formel kan de olika lagrens tjocklek räknas fram. Detta kan sägas vara ett expertsystem för icke-permeabla urbana överbyggnader för trafikklass G/C till t.o.m. trafikklass 2.

3 Innehållsförteckning

Grågröna systemlösningar för hållbara städer.....	1
Förenklad dimensionsberäkning för lcke-permeabla överbyggnader med slitlager av natursten och marksten trafikklass G/C - 2 i urban miljö	1
1 Förord	2
2 Sammanfattning.....	3
3 Innehållsförteckning.....	4
4 Bakgrund	5
4.1 Överbyggnadssituationen i praktiken	5
4.2 Kontroll och besiktningssituationen.....	5
4.3 Krav på överbyggnaden i framtiden2	5
5 Avgränsningar.....	5
6 Aktuella anvisningar för överbyggnader	5
7 Överbyggnadens olika delar: Funktion och krav.....	6
8 Beräkningsgången för dimensionering	8
8.1 Trafikklasser	8
8.2 Bärlager.....	8
8.3 Förstärkningslager	8
8.4 Slitlager/beläggning	9
8.5 Ev. ökning av förstärkningslager p.g.a. klimatzon och tjälfarlighet.....	10
8.6 Övriga hänsynstagande.....	11
9. Excel-bladen bilaga A och B.....	11
10 Referenser	12
Bilaga A	
Bilaga B	

4 Bakgrund

4.1. Överbyggnadssituationen i praktiken.

Det är uppenbart att i vissa fall överensstämmer inte den utförda överbygganden inte med föreskrivande handlingar, att dessa i sin tur avviker från gällande anvisningar eller är otydliga. Det är framförallt bärlagrets överyta som är ojämn och inte håller rätt nivå, varför då sättsanden blir utjämningslager, vilket den inte är lämpad för. Sättsandslagret skall vara en tunn bädd för beläggningsplattorna/slitlagret. Ett annat problem kan vara bär- och förstärkningslager är otillräckligt komprimerade/packade. Tjockleken på de olika lagren visar sig vara annorlunda än anvisningarna. Ibland hävdar man att det är svårt att få fram rätt information, att det är utspritt på flera olika anvisningar som är svåra att hitta i. Då tappas tydligen respekten för de krav som måste ställas på varje enskilt lager. Tillverkarna av slitlagret har egna anvisningar hur överbyggnaden ska dimensioneras, vilket ger en mängd olika anvisningar.

4.2. Kontroll- och besiktningssituation.

När besiktning ska utföras är svårt att se hur överbyggnaden under slitlagret ser ut. Är denna inte utförd på rätt sätt tar det något år innan felaktigheter i de undre skikten ger sig till känna. Egenkontrollsystemet har sina brister.

4.3. Kravet på överbyggnaden i framtiden.

I detta projekt, "Grågröna systemlösning för hållbara städer" utvecklas nya system av överbyggnader som b.l.a. ska vara permeabla. Detta ställer väsentligt större krav på exakthet och precision i utförandet än de nuvarande. Målet är att utveckla ett expertsystem för dessa nya överbyggnader och då är det viktigt att ha som grund de traditionella, kända överbyggnader. Givetvis måste utförandet och kontrollen av detta förbättras även för av de traditionella. Det fanns alltså flera skäl att ta fram ett dimensioneringssystem eller expertsystem om man vill kalla det så.

5 Avgränsningar

Följande avgränsningar har gjorts:

- Endast havelastiska överbyggnader dvs. natursten, markbetong och
- Endast icke-permeabla överbyggnader, med slitskikt lagt i sand/stenmjöl
- Urbana överbyggnader från trafikklass C/G t.o.m. trafikklass 2
- Obundet bärlager

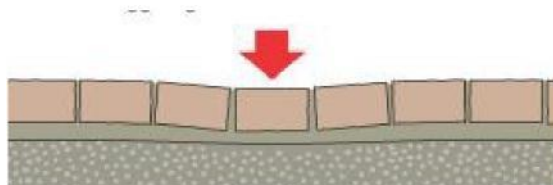


Fig. 1. Halvelastisk över byggnad.

6 Aktuella anvisningar för överbyggnader

T.o.m. Mark AMA 83 fanns det där samlade anvisningar för överbyggnadsdimensionering. Nu måste man leta information i ett antal olika anvisningar Bl.a.

ABT VÄG

TVRKB 10

AMA Anläggning DCB

AMA Anläggning DCG

RA Anläggning 13

Svensk Markbetong 2002

Teknisk PM Scandiaconsult 2002

Markstensbeläggnings bärformåga, Teknisk rapport, KTH, 1999

Utemiljö, Sveriges Stenindustriförbund

Sveriges Stenindustriförbund och Svensk Markbetong har nu enats om en förenklad dimensionsbräkning. Förenklingen består i att de överbyggnadsmått som anges i de loka anvisningarna har sammanjämkats där det bara skiljer centimetrar. Det är alltså inga nya utan endast samordnade befintliga anvisningar.

Mycket har tagits från Svensk Markbetong 2002, både text och bilder.

7 Överbyggnadens olika delar: Funktion och krav

Varje del i överbyggnaden har sin funktion vilket i sin tur leder till krav på utförandet. Dessa utförandekrav måste respekteras, vilket kan underlättas om man förstår deras funktion och enkelt kan beräkna dem.

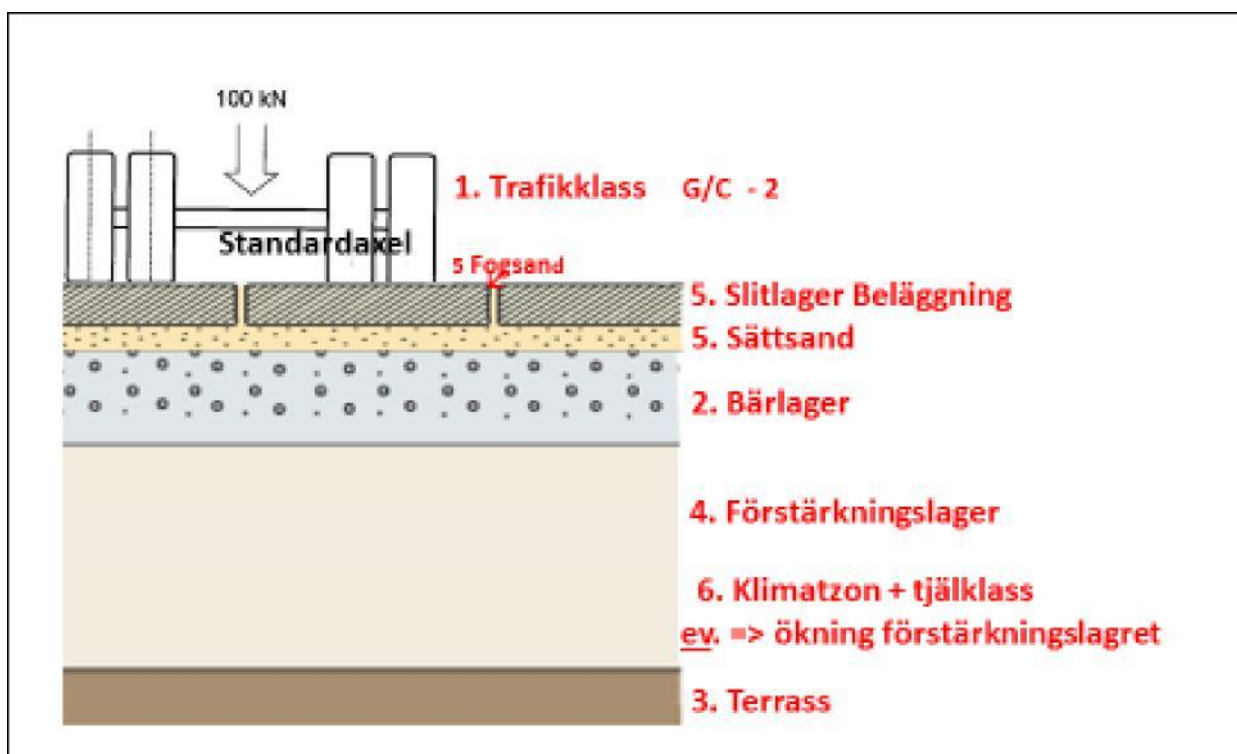
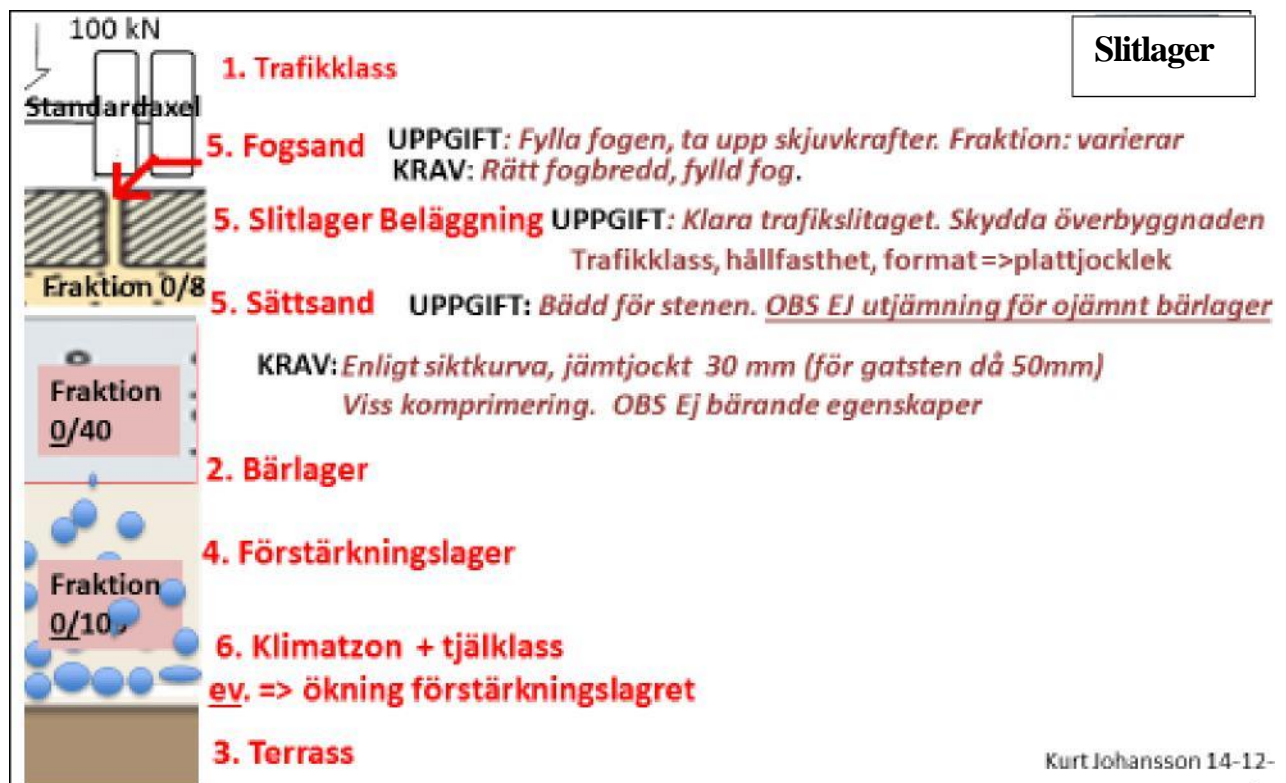


Fig2 Överbyggnadens olika lager. Siffrorna anger i vilken ordning beräkningen ska ske,



Fig. 3. Överbyggnaden, exklusive slitlager. De olika lagrens funktion/uppgift och kraven på dem.



Materialskiljande lager mellan de olika lagren ej inritad

FIG 4. Slitlagrets olika delar, dess funktion/uppgift och krav. Materialskiljande lager mellan de olika lagren ej inritad.

8. Beräkningsgången för dimensionering

Refererande till figurerna ovan, avsnitt 7-

Som **bilaga A** finns ett sammanställningsblad: "**Förenklad dimensionsberäkning för icke-permeabla överbyggnader med slitlager av natursten och marksten trafikklass G/C - 2 i urban miljö**". I detta avsnitt 8 beskrivs bakgrunden till denna bilaga.

8.1. Trafikklasser

Trafikbelastningen, uttrycks i trafikklasser bestämmer bärlagrets tjocklek. Trafikklassindelningen görs med hjälp av antalet standardaxelekvivalenter (100 kN dvs. 10 ton) som passerar objektet under dess livslängd. Omräkningsfaktorn, skalfaktorn är $(P/100)^4$ där P är axeltrycket på passerande fordon.

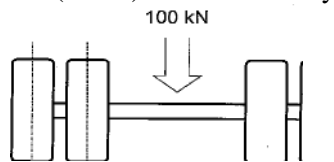


Fig. 5. Standardaxel

Trafikklass	Antal standardaxlar
GC	0
0	<50000
1	50000 - 500000
2	500 000 - 1000 000

Tabell 1. Trafikklasser Enligt ATB Väg

ATB Vägs trafikklasser kan vara svåra att tillämpa på dessa låga trafikklasser, varför Svensk Markbetong har utarbetat ett förenklat system för dessa.

Beräkningen börjar alltså med fastställandet av trafikklassen. Steg 1

8.2. Bärlager

Bärlagrets uppgift är att bära trafiklasten. TRVKB och AMA anläggning DCB3 skall följas. Materialet ska en siktkurva som ger bärighet/styvhet. Vanligen 0/32 eller 0/40. Lagret ska vara väl packat, ha jämn ovanyta och fall som slitlagret-

Bärlagrets tjocklek bestäms av trafikklassen. Steg 2

Bärlager	
Trafikklass	Tjocklek mm
G/C	80
0 Terrass 1	80
0 Terrass 2	150
1	150
2	150

Tabell 2. Bärlagrets tjocklek beroende på trafikklass

8.3. Förstärkningslager

Förstärkningslagrets uppgift är att förstärka terrassen. TRVKB och AMA anläggning DCB2 skall följas. Materialet ska en siktkurva som ger bärighet/styvhet. Vanligen 0/90 eller 0/100. Lagret ska vara väl packat, ha jämn ovanyta och fall som slitlagret. Om förstärkningslagrets tjocklek är <200 mm måste en finare fraktion användas, mest praktiskt är att fortsätta med bärlagerfraktionen 0/32.

Förstärkningslagrets tjocklek bestäms av trafikklassen och terrassmaterialet. Tabell 3 Steg3

Materialtyp och tjälfarighetstyp i terrassen

Materialtyp	Bergtyp	Kulkvarnsvärde	Halten av (vikt-%) x/y			Exempel på jordarter	Tjälfarighetsklass
			Finjord 0,063/ 63 mm	Ler 0,002/ 0,063 mm	Organisk jord % / 63 mm		
1	1 2	≤ 18 19-30	< 10		≤ 2		1
2			≤ 15		≤ 2	Bl, St, Gr, Sa, sa Gr, gr Sa, Gr Mn, Sa Mn	1
3A	3	> 30	≤ 30		≤ 2		2
3B			16-30		≤ 2	si Sa, si Gr, si Sa Mn, si Gr Mn	2
4A			30-40		≤ 2	le Mn	3
4B			> 40	> 40	≤ 2	Le, Le Mn	3
5A			> 40	≤ 40	≤ 2	Si, le Si, si Le, Si Mn	4
5B					3-6	gy Le, dy Si	4
6A					7-20	le Gy	3
6B					> 20	Gy, T	1
7	Övrigt material enligt särskild utredning					Restprodukter, återvunna material, m.m.	

Teckenförklaring: Bl=blockjord; St=stenjord; Gr=grus; Sa=sand; Mn=morän; Si=silt; J=jord;
Le=lera; Gy=gyttja; Dy=dy; T=torv; Mu=mulljord
Exempel: si
Le=siltig lera; Gr Mn=grusig morän

Indelning av berg och jord i materialtyp från TRVK (Trafikverket, 2011)

Tabell 4. Materialtyp och tjälfarighetstyp.

Från tabell 4 hämtas lämpligt värde på terrassmaterial och med hjälp av detta ta fram lämplig lagertjocklek enligt tabell 5 nedan. Steg 4.

Terrass material	Trafikklass			
	G/C	0	1	2
1	30*	30*	0	10*
2	80*	30*	80*	120*
3	80*	30*	170*	200
4	80*	140*	200	240
5	180*	230	330	370

*Samma fraktion som i bärlagret används, men kan behöva packas separat

Tabell 5. Sammanvägda värden baserade på .”Beläggning med plattor och marksten av betong”.

I tabell 5 har värdena i ”Beläggning med plattor och marksten av betong, Tabell 4.6 och 4.13” vägts samman, för att förenkla beräkningsgången. Det har då rört sig om kompromiss på någon cm vilket har bedömts ha ringa praktisk betydelse. Önskas millimeterprecision måste man använda de exakta värdena i nämnda tabeller.

8.4. Slitlager/beläggning.

Slitlagret består av sättsand (naturesand eller stenhjöl) som utgör bädd för beklädnadsplattorna, beläggingsplattor som ska stå emot trafikslitaget samt fogsand som ska hålla isär beklädnadsplattorna och ta upp skjuvkrafter. Sättsanden saknar styvhet och bäringhet och sättsandslagret ska vara så tunt som möjligt.

För dimensionering av slitlagret hänvisas till respektive slitmaterialtillverkares rekommendation. Där finns för markbetong ”Beläggning med plattor och marksten av betong” 2002. För natursten finns anvisning i Sveriges Stenindustris ”Utemiljö”. Som bilaga B bifogas här en beräkningsmall för markbeläggning av natursten. Steg 5

8.5. Ev. ökning av förstärkningslagret p.g.a. klomatzon och tjälfarlighet

Vid terrass med hög tjälfarlighetsklass och ogynnsam klimatzon måste förstärkningslagrets tjocklek ökas. Det ska kontrolleras. Steg 6.

Klimatzon erhålls av fig. 6 nedan. Tjälfarlighetsklassen framgår av tabell 4 ovan.

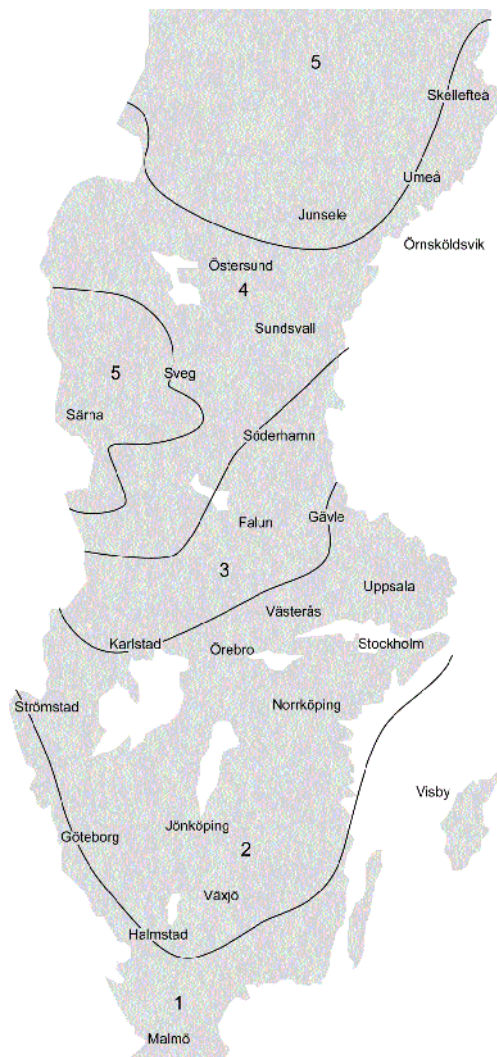


Fig. 6. Klimatzoner enligt ATB VÄG

Information från fig. 6 och tabell 4 kontrolleras mot nedanstående tabell 6 som anger krav på totala förstärkningslagertjocklek. Ev. justera förtärningslagret. **Steg 7**

Krav total överbyggnadstjocklek m.h.t tjällyftning, millimeter						
Tjälklass	Klimatzon					
	1	2	3	4	5	6
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	200	375	425	1150
4	0	0	545	1000	1000	1250

Tabell 6. Överbyggnadstjocklek vid tjälrisk. Källa Tekniskt PM, Scandiaconsult, 2002

8.6. Övriga hänsynstagande

Det finns ett antal ytterligare förhållande att ta hänsyn till, t.ex. om okrossat material används i förstärkningslagret. Men för överbyggnader i urbana miljöer antas detta vara sällsynt, tar vi det inte med i denna förenklade beräkningsmodell.

9. Excelbladen i bilaga A och B

Dimensioneringen av överbyggnaden sker i två steg: Först överbyggnaden exklusive slitlagret, sedan slitlagret/beläggningen. Dessa föreligger som interaktiva Exceldokument.

9.1. Överbyggnad exkl. slitlager. Bilaga A

Bilaga A omfattar ”Förenklad dimensioneringsberäkning av överbyggnad för trafikklass G/C, 0, 1 och 2 i urban miljö”.

Där finns sammanfattat beräkningsgången enl. avsnitt 8 ovan inklusive en beräkningsformel i Excell som är aktiv om den tas hem från en hemsida. Med hjälp av denna kan man få fram tjockleken på överbyggnadens bär- och förstärkningslager.

9.2. Slitlager/beläggning

Dimensionering av slitlagret/beläggning av natursten framgår av Bilaga B. Där finns också en beräkningsformel för hållar i Excel som är aktiv om den tas från en hemsida. Med hjälp av denna kan man få fram tjockleken på beläggningsplattorna givet trafikklass, ytdimension och stenens böjhållfasthet.

För markbetong rekommenderas Svensk Markbetongs ”Beläggning med Plattor och marksten av betong” 2002

10. Referenser

ABT VÄG

TVRKB 10

AMA Anläggning DCB

AMA Anläggning DCG

RA Anläggning 13

Svensk Markbetong 2002

Teknisk PM Scandiaconsult 2002

Markstensbeläggnings bärförmåga, Teknisk rapport, KTH, 1999

Utemiljö, Sveriges Stenindustriförbund