



Examensarbete inom Landskapsingenjörsprogrammet. 2006:11
ISSN 1651-8160

Trafikklasser för markplattor av natursten – förslag till klassificeringstabell



av
Jonas Hansson

Institutionen för Landskaps- och träd-
gårdsteknik LT
Box 66
230 53 ALNARP

Förord

Föreliggande rapport är ett examensarbete inom Landskapsingenjörsprogrammet. Arbetet är genomfört på institutionen för Landskaps- och Trädgårdsteknik, LT vid Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU i Alnarp. Arbetet är skrivet inom ämnet Teknologi på C-nivå och omfattar 10 poäng. Examinator för arbetet är Jesper Persson, forskare vid LT.

Mina handledare har varit Kaj Rolf universitetsadjunkt vid LT och bergingenjör Kurt Johansson, ordf. i Sveriges Stenindustriförbund, SSF. Ett stort tack till er båda för trevligt samarbete och inspiration om ämnet natursten.

För arbetets genomförande utfördes även en provning vid Sveriges Provnings- och forskningsinstitut, SP i Borås. Utan SP:s hjälp hade inte provningen varit möjlig att genomföra. Bemötandet från deras sida har varit mycket trevligt och uppskattat av mig.

Jag vill därför rikta ett stort tack till Björn Schouenborg, Fil. Dr. Mineralogi Petrologi och Katarina Malaga, Fil. Dr. Kemi för all handledning och hjälp med både provningen och annan formalia runt examensarbetet. Jag vill också passa på att tacka Gert-Olof Johansson, Lennart Hagnestål och Göran Malmqvist, alla vid SP, som med sitt kunnande och visade engagemang bidragit till intressanta diskussioner och nya lärdomar.

Tack även till alla inblandade parter från stenindustrin som har bidragit till genomförandet av detta arbete.

Slutligen vill jag återigen framföra ett stort tack till bergingenjör Kurt Johansson som med sitt brinnande intresse och engagemang hjälpt till att utforma detta examensarbete och möjliggjort genomförandet av det.

Jonas Hansson, Alnarp 2006

Förklaringar

ATB VÄG 2005 är en Allmän Teknisk Beskrivning (ATB) som innehåller Vägverkets krav på byggande, underhåll och bärighetsförbättring av vägkroppar.

SIS – Standardiseringskommissionen i Sverige.

SP - Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.

SS - Svensk Standard.

SS-EN – Svensk Standard som följer Europanormen.

SSF - Sveriges Stenindustriförbund.

Väg 94 är en äldre version av ATB VÄG 2005.

VV – Vägverket.

Alla figurer, tabeller och fotografier är ritade och tagna av författaren om inget annat anges.

Övriga fotografier är publicerade med resp. fotografers tillstånd.

Fotografiet på framsidan är från busstationen vid Malmö centralstation.

Sammanfattning

Det finns idag inom betongindustrin tabeller och dimensioneringsanvisningar framtagna för ytor av plattor och marksten i betong. De är framtagna för att underlätta för projektörer så de kan välja rätt produkt för rätt trafikklass. Från stenindustrins sida har inga liknade tabeller tagits fram. Detta har setts som en brist av både branschfolk och projektörer. Föreliggande rapport behandlar området hårdgjorda ytor och vilka faktorer det är som ligger bakom och styr de dimensioneringskrav som finns.

Natursten och betong är båda material som har använts historiskt under en lång tid och används fortfarande även idag. Användningsområdena, på grund av dess goda tryckhållfasthet och beständighet, är ofta ytor som utsätts för trafik och för konstruktioner utomhus som t ex murar.

De trafikerade ytorna är uppbyggda av en så kallad överbyggnad som består av ett antal olika lager i olika dimensioner. Beroende på trafiksituation så varierar utformningen. Vägverket delar in överbyggnader i två typer, styva (ex. betongväg) och flexibla (ex. asfaltväg). Ytor av markplattor och marksten i betong och natursten räknas in till de flexibla överbyggnaderna på grund av deras verknings sätt. De olika lager som är typiska för flexibla överbyggnader med beläggning av plattor eller marksten är uppifrån sett slitlagret (plattan/markstenen), sättsandslager, bärlager och förstärkningslager. Bär- och förstärkningslager utgörs materialmässigt främst av samkross eller makadam och mer sällan idag av naturgrus. Tillsammans vilar de här lagren i överbyggnaden på terrassen. Lagren har olika funktioner och krav ställda på sig som exempelvis dränerande förmåga, jämnhet och styvhet.

Överbyggnadsdimensionering är det som är viktigast vid utformningen av en trafikerad yta. Om inte de krav som ställs av Vägverket uppfylls finns det stor risk att brott uppstår och ytan blir trafikfarlig. De faktorer som ligger bakom de beräkningar som görs för överbyggnader är bland annat klimat, geologi och tjälfarlighet. Trafiklast och hur mycket trafik som beräknas förekomma är också av största betydelse för överbyggnadsdimensionering. För att förenkla beräkningsgångar har Vägverket räknat fram olika trafikklasser som används när man skall bestämma dimensioneringen för en överbyggnad. Vikten av att ha valt rätt material till de olika lagren i överbyggnaden har stor inverkan på hur bra överbyggnaden kommer att hålla. De olika materialen har olika styvhet, E-modul, och väljs fel material så finns risk för att ojämnheter uppstår. Ett högt värde visar på hög styvhet och härigenom också en ökad hållbarhet för överbyggnaden. E-modulen varierar också för de olika materialen med årstiden.

Ytor av plattor eller marksten kan läggas i olika mönster. De fogar som blir mellan mönstren måste fyllas upp med fogsand så att ytan blir stabil. De krafter som uppstår vid belastning blir härmed jämnt fördelade och risken för att sättningar och skador i beläggningen skall uppstå minskar.

En undersökande provning utfördes på plattor av natursten, av två sorter, vid SP i Borås. Syftet med provningen var att se om de värden som uppnåddes för brottlast var överförbara till liknande tabeller som betongbranschen använder sig av. Provningsresultaten visade på höga värden och resultaten, tillsammans med litteraturstudien, ledde fram till författarens förslag av en klassificeringstabell där markplattor av natursten delas in i olika trafikklasser med avseende på deras tjocklek och hållfasthet.

Summary

There is today, within the concrete industry, tables and instructions for surface dimensions of slabs and paving stones. This has been done to make it easier for constructors to choose the right product and use it in the appropriate situation, dependent on the level, or volume, of traffic. There are no similar tables made for the natural stone industry. This has been seen as a disadvantage from people within the business as well as constructors. The present report deals with hard surfaces and the factors which are behind the criteria for dimensioning.

Historically, natural stone and concrete are both materials that have been used for a very long time and are still used today. The field of application is often surfaces that bear traffic or outside constructions like walls. This is due to good pressure strength and sustainability. A surface with traffic is built up of pavement made up of different layers. Depending on the traffic situation there are variations in the construction. The Swedish Road Administration (SRA) divides pavement into two types: stiff (i.e. concrete), and flexible (i.e. asphalt). Paved surfaces of slabs and paving stones made of concrete or natural stone belong to the flexible pavement because of their way of function. The different layers that are typical for flexible pavement with a surface of slabs or paving stones are (from the top and down): tearing layer (slabs/paving stones), bedding course, road base and sub base. Road- and sub base layers are mostly made from mixed gravel and macadam and more seldom from natural gravel. All together these layers in the pavement lie atop of the subsoil. Each layer has different functions and demands on them; for example drainage capability, levelness and stiffness.

Pavement dimension is the most important when designing and constructing a paved traffic surface. If you don't fulfill the demands that the SRA has put up, there will be a big risk for a breakdown in the surface, thereby making it dangerous to traffic. Climate, geology and risk of frozen soil are a few examples of contributing factors when making these calculations. Traffic load and how much traffic that is being calculated for the situation is also of great importance when dimensioning pavement.

To make it easier for calculation, the SRA has made a table to use when dividing the amount of traffic into different classes. The importance of choosing the right material for the different layers has a great affect on how much the pavement will tolerate before breakdown. The different materials vary in stiffness, E-module, and if the wrong material is chosen there will be a risk for unevenness to occur. A high value of the E-module shows a high level of stiffness resulting in increased stability. Additionally, the E-module varies over the seasons for the different kind of materials.

Surfaces of slabs and paving stones can be laid in different kinds of patterns. The joints that come in between the patterns must be filled with fine sand to make the surface secure. The forces that come with loading will hereby be spread out and the risk of settling and defects in the paved surface will be smaller.

At the Swedish National Testing and Research Institute (SP), in the city of Borås, a test was made on slabs of two kinds of natural stone. The meaning of this test was to see if the values that were reached for breakload was transferable to the same tables that the concrete industry is using. The testing showed very high values and the result, together with the written study, led to the author's suggestion for a classification table where slabs of natural stone were divided in to different classes depending on traffic, thickness and durability.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte och mål.....	1
1.3 Metod.....	1
1.4 Målgrupp och avgränsningar.....	1
2 LITTERATURSTUDIE	3
2.1 Översikt.....	3
2.1.1 Inledning.....	3
2.1.2 Natursten som byggnadsmaterial.....	3
2.1.3 Betong som byggnadsmaterial.....	4
2.2 Överbyggnad	4
2.2.1 Styv och flexibel överbyggnad	4
2.2.2 Uppbyggnad av markstens- och plattytor	5
2.2.3 Slitlager.....	5
2.2.4 Sättsandslager	5
2.2.5 Bärlager	5
2.2.6 Förstärkningslager	5
2.2.7 Terrass	5
2.3 Överbyggnadsdimensionering	6
2.3.1 Bakgrund.....	6
2.3.2 Klimat	6
2.3.3 Geologi	7
2.3.4 Trafiklast	8
2.3.5 Standardaxel	8
2.3.6 Trafikklasser	10
2.3.7 Bärighetsberäkningar	11
2.3.8 E-modul hos olika material och lager	11
2.4 Verkningsätt och hållfasthet.....	12
2.4.1 Verkningsätt för slitlager av marksten och plattor	12
2.4.2 Läggningsmönster	13
2.4.3 Sättsand och fogar	13
2.4.4 Hållfasthetsklasser för plattor och marksten i betong	14
2.4.5 Försöksserie gjord på prefabricerade betongplattor.....	15
2.4.6 Jämförelseprovning av betong och skiffer.....	16
3 UNDERSÖKANDE PROVNING	17
3.1 Stensorter för provning.....	17
3.2 Förberedelser	18
3.3 Avvikelser från standarden	19
3.4 Jämförande provning.....	20
4 RESULTATREDOVISNING	22
4.1 Provresultat.....	22
4.2 Sammanfattning resultat	24
5 DISKUSSION.....	26
Källförteckning	30
BILAGA 1.....	32
BILAGA 2.....	37
BILAGA 3.....	39
BILAGA 4.....	41

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Betongindustrin har tagit fram dimensioneringsanvisningar med tabeller som underlättar för projektörer och beställare att välja rätt plattor och marksten till olika trafikklasser. För stenindustribranschen har ingen liknande uppställning gjorts, detta har setts som en brist och både stenbranschen och projektörer har efterfrågat något liknande enligt Johansson¹.

Således vore det mycket värdefullt att titta vidare på hur betongbranschen har gjort, vilka krav de har satt upp, hur de gått till väga och vilka faktorer som lett fram till deras tabeller. Efter vidare diskussioner med mina handledare Kaj Rolf och Kurt Johansson bestämdes att författaren skulle göra en undersökning för att prova om det går att dimensionera ytor av naturstensplattor på liknande sätt som betongbranschen gjort för ytor av plattor och marksten i betong.

1.2 Syfte och mål

Litteraturstudien är vald för att ge en fördjupad inblick i vilka faktorer det är som ligger bakom och styr utformningen av överbyggnaden hos hårdgjorda ytor och vilka dimensioneringskrav som finns. Den är också vald för att förklara verkningssätt och funktion av de olika lager som förekommer i en överbyggnad.

Studien är inte avsedd att ge den totala bilden av alla styrande faktorer och krav som finns, utan att ge mer kunskap som kan användas för att uppnå en bättre projektering och utformning av hårdgjorda ytor.

Den undersökande provningen, som genomförs för att se vilka brottlaster markplattor i natursten har, skall tillsammans med litteraturstudien utgöra en ansats där målet är att se om det är möjligt att göra på liknande sätt som betongindustrin gjort för sina klassificeringstabeller för markplattor av natursten. Slutmålet är att ge ett förslag till hur en sådan klassificeringstabell kan se ut med avseende på de stensorter som provats.

1.3 Metod

Detta arbete består av en litteraturstudie som beskriver faktorer och dimensioneringskrav för markplattor av betong och natursten, samt en undersökande provning på naturstensplattor.

Därefter följer en bedömning av resultat och diskussion som leder fram till rekommendationer för hur natursten skall kunna bedömas på likvärdigt sätt som betong.

1.4 Målgrupp och avgränsningar

Det här arbetet riktar sig till dem som vill få en ökad förståelse för de krav och faktorer som leder fram till byggandet av hårdgjorda ytor. Viss grundläggande teknisk kunskap som berör markbyggnad underlättar läsandet av föreliggande rapport. Den tänkta målgruppen är främst landskapsingenjörer, projektörer inom byggbranschen och landskapsarkitekter.

När man börjar se närmare på hur trafikerade ytor utformas och vilka faktorer det är som styr slås man ganska snart av att det är komplexa metoder som används med mycket tekniska termer som förklarar de olika sambanden. Jag har valt att inte fokusera på och definiera alla termer utan istället förklara dem i sitt sammanhang.

¹ Kurt Johansson Ordf. Sveriges Stenindustriförbund, möte Alnarp den 10 januari 2006

För att göra det någorlunda överskådligt har jag valt att inte beröra alla de olika ytor som finns och att inte ta med alla typer av beläggningar. Arbetet har fokuserats på plattor av betong och natursten. För att bättre förstå funktioner och verkningsätt har jag även belyst markstensytor av betong. De ytor som beskrivs antas samtliga vara utförda så att de är inspända mellan kant- och sidostöd enligt de krav som beskrivs i ATB VÄG 2005.

Avsikten har inte varit att se närmare på hur beräkningsgångar och dimensioneringsanvisningar utförs. Därför berörs de bara överskådligt och istället ligger fokus mer på de faktorer som styr utformningen och på de krav som ställs.

Den provning som utfördes omfattade två stensorter, Bjärlov granit och Flivik granit. Alla provkroppar hade måtten 350 x 350 mm. Tre tjocklekar provades 40, 80 och 120 mm. 10 provkroppar av varje tjocklek utgjorde en provserie.

2 LITTERATURSTUDIE

2.1 Översikt

2.1.1 Inledning

Det här arbetet berör området hårdgjorda ytor. En hårdgjord yta kan beskrivas som ett system bestående av olika material i olika skikt med varierande tjocklek som tillsammans ger en bärande konstruktion. Dessa konstruktioner har alla samma uppgift och det är att de skall trafikeraras på något sätt. Ytan kan vara väldigt enkelt utformad som en altan med plattbeläggning eller mer avancerat uppbyggd som en väggkropp med olika bär- och förstärkningslager.

I föreliggande rapport behandlas främst hårdgjorda ytor med slitlager av plattor/marksten i betong eller plattor i natursten. Rapporten ger först en översikt om tillverknings sätt och vilka produkter som finns inom området. Därefter följer ett grundläggande avsnitt om överbyggnader och en fördjupande del om vilka faktorer som styr och vilka dimensioneringsanvisningar som finns. Rapporten avslutas med att förklara hur den undersökande provningen gått till och vilket resultat som författaren kommit fram till.

2.1.2 Natursten som byggnadsmaterial

Natursten har använts som byggnadsmaterial i årtusenden vilket bland annat pyramiderna i Egypten och tempel från medelhavskulturen vittnar om. Olika stensorter har använts till olika ändamål, ibland beroende på lokal tillgång andra gånger beroende på applikationens behov av olika kvalitet.

Graniten, med sin hårdhet och höga hållfasthet, har ofta kommit till användning vid byggandet av murar, socklar till hus och som markbeläggning. Mjukare stensorter som kalksten och marmor har använts mer till skulpturer och utsmyckning på grund av dess relativt lätta bearbetbarhet. Skiffer som har en utpräglad skiktning i olika lager gör den lättbruten till tunnare skivor och användes förr därför oftast på fasader, som takbeläggningar och som beklädnad av trappor.

I Sverige sker all stenbrytning i öppna brott i markytan, så kallade dagbrott, Figur 1. Brytningstekniken varierar beroende på bergartens egenskaper. Gemensamt är dock att man försöker få ut rätvinkliga block i storlekar som kommer att passa sågar och andra maskiner för fortsatt bearbetning.



Figur 1. Vånga stenbrott i september 2005.

Natursten har många möjligheter vid tillverkning av produkter. Blocken som tas ut från stenbrotten kan sågas eller huggas till önskad form och storlek. Ytorna kan sedan bearbetas på olika sätt. Krysshamring, flamma och slipning/polering i olika grad är exempel på bearbetningsmetoder av stenytor. Vanligt förekommande är också råkilade naturstensytor, dvs. med obearbetad yta.

Vanliga produkter för utomhusbeläggningar i hårdgjorda ytor är gatsten, storgatsten, trappsteg, plattor och gångbaneläggningar. Vanliga ytor för dessa produkter är krysshamrad, flammad eller råkilad. Slipade eller polerade ytor kan lätt bli hala och bör undvikas utomhus

2.1.3 Betong som byggnadsmaterial

Betongliknande material har använts långt tillbaka i tiden av bland annat greker och etrusker flera hundra år före vår tideräkning.

Betong är till skillnad från natursten en blandprodukt. Huvudbeståndsdelarna är cement, vatten och ballast, ibland används också tillsatsmedel för att ge betongen speciella egenskaper som exempelvis att göra den mer lättflytande. Typiska användningsområden är bärande konstruktioner som exempelvis broar, vägar och husväggar.

Utmärkande för betong är god beständighet, formbarhet och hållfasthet. Som byggnadsmaterial är det mycket flexibelt då man får det levererat i den kvalitet som önskas och att man i hög grad själv kan påverka den slutliga produktens form och uttryck.

Tillverkning av markbeläggningsprodukter sker i fabriker där de ges önskad form och dimensioner. Exempel på produkter för utomhusbruk är marksten, plattor, murblock, trappor, rör och brunnar.

2.2 Överbyggnad

Följande avsnitt är skrivet för att ge en översikt om vilka lager som ingår i en överbyggnad med plattor/marksten och vilka krav som ställs på dem samt vilken funktion de har. För övriga typer av överbyggnader hänvisas till ATB VÄG 2005.

2.2.1 Styv och flexibel överbyggnad

Överbyggnaden är den del som byggs ovanpå terrassen/vägunderbyggnad och delas, efter ATB VÄG (VV 2005, kap. C), in i två typer, styv överbyggnad och flexibel överbyggnad.

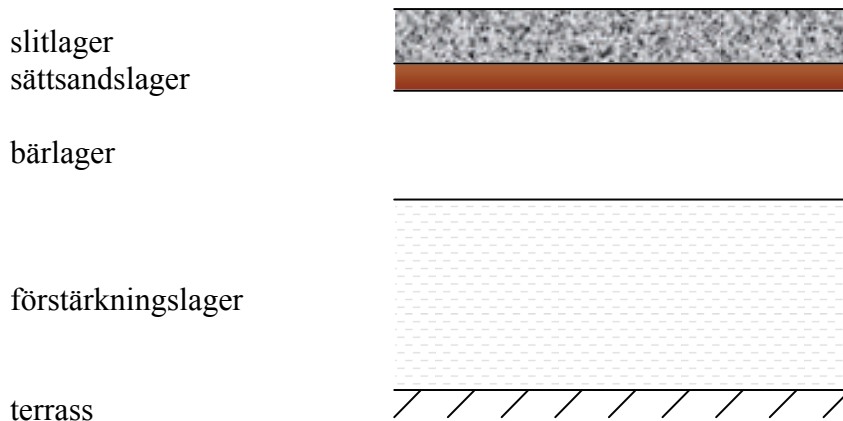
Med styv överbyggnad menas att minst ett lager är hydrauliskt bundet. Exempel på styv överbyggnad är en betongöverbyggnad, den lämpar sig väl för ytor där mycket hög belastning av tung trafik kommer att ske.

Flexibel överbyggnad innebär att det bara finns obundna lager eller obundna och bitumenbundna lager. Typiska flexibla överbyggnader är asfaltväg och vägar med slitlager av grus.

Överbyggnader med marksten eller plattor i betong som beläggning kan räknas in till de flexibla överbyggnaderna på grund av sitt verkningssätt (Silfwerbrand 1995, s. 11).

2.2.2 Uppbyggnad av markstens- och plattytor

Den klassiska uppbyggnaden av en yta med marksten eller plattor kan sägas bestå av fyra skikt. Dessa är uppifrån räknat: slitlager, sättsandslager, bärlager och förstärkningslager som tillsammans vilar på terrassen. Se Figur 2.



Figur 2. Principskiss för uppbyggnad av markstens- och plattytor.

2.2.3 Slitlager

Slitlagret består av plattor/marksten som vilar på ett lager av ca 30 - 50 mm sättsand. Dess uppgift är att konstruktionens krav på säkerhet, jämnhet och utseende uppnås (Holgersen & Dam 2002, s. 189). Fogarna som finns mellan plattor resp. marksten skall vara fyllda med fogsand.

2.2.4 Sättsandslager

Se vidare under kap. 2.4.3, Sättsand och fogar.

2.2.5 Bärlager

Bärlagrets uppgift är att fördela belastningen så att det inte uppstår sättningar (typ spårbildning) i slitlagret eller för höga spänningar längre ned i konstruktionen, en viss styvhet måste uppnås (Holgersen & Dam 2002, s. 189). Obundna bärlager är det som eftersträvas och består vanligen av krossat bergmaterial, även naturgrus kan användas men har i stort sett försvunnit från marknaden idag för detta ändamål. Om bundna bärlager, exempelvis cementbundet grus, används så måste dräneringen av bärlagerytan vara säkerställd så att vatten inte blir stående i konstruktionen (Svensk Markbetong 2002, s. 25).

2.2.6 Förstärkningslager

Under bärlagret ligger förstärkningslagret som skall se till att vatten inte stiger upp i konstruktionen och ger risk för frostsador (Holgersen & Dam 2002, s.189). Förstärkningslagret fungerar som ett kapillärbrytande skikt och består oftast av krossat material men även naturgrus kan användas. Förstärkningslagret skall även utjämna och fördela de belastningarna som finns i ovanliggande bärlager.

2.2.7 Terrass

Terrassen, även kallad vägunderbyggnad, kan normalt beskrivas som den yta av naturliga jord- och bergmassor som finns inom området och på vilken överbyggnaden sedan vilar

(Svensk Markbetong 2002, s. 25). För att bestämma vilken ”materialtyp”, enligt Vägverkets klassificering, som är förekommande i terrassen används Tabell 1, se kap. 2.3.3 Geologi. Vid osäkerhet om materialtyp bör geologisk eller geoteknisk undersökning utföras. Om det finns risk för materialvandring mellan de olika skikten skall geotextil användas som materialskiljande lager.

2.3 Överbyggnadsdimensionering

I framförliggande avsnitt förklaras övergripande de faktorer och krav som beaktas vid dimensionering av överbyggnader.

2.3.1 Bakgrund

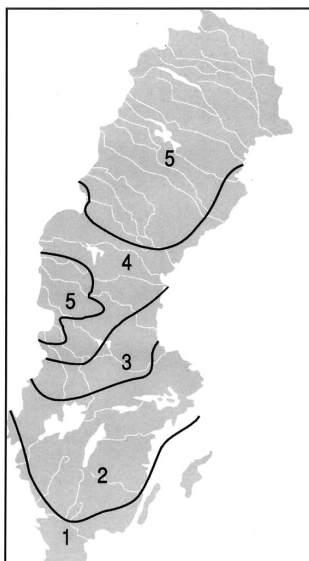
Vid dimensionering av en överbyggnad innebär det att man väljer material och bestämmer erforderlig tjocklek på de olika lagren så att överbyggnaden kommer att uppfylla de ställda krav som finns på funktion under dess tänkta livslängd (Djärf, Wiman & Carlsson 1996, s. I). När man bestämt förutsättningarna för platsen och vilken last ytan kommer att utsättas för är det dags att sätta ihop de material som passar bäst för de förutsättningar som råder, inkluderar bl a bedömning av kostnadseffektivitet. Detta resulterar i olika uppbyggnader med stor skillnad i karaktär.

En typisk konstruktion byggs upp av 2-4 skikt med en sammanlagd höjd av 150-1250 mm (VV 1994) beroende på om det rör sig om en enkel gångväg på sandjord eller en väg för tung trafik på en lerig jord.

Faktorer som styr dimensioneringen av överbyggnadskonstruktioner är klimat, geologi och vägens trafiklast (Svensk Markbetong 2002, s. 34). Övriga faktorer som också måste beaktas är konstruktionens tänkta livslängd och jämnheten i ytan. Inbegripet i detta är givetvis val av material för utförandet samt kostnaden för de olika möjliga materialen på plats.

2.3.2 Klimat

Enligt ATB VÄG 2005 så delas Sverige in i 5 klimatzoner, Figur 3. Klimatzonerna baseras på medelköldmängd i negativa (neg) dygnsgrader (d°C) under ett år och har betydelse för bestämmandet av total överbyggnadstjocklek på terrass i framförallt tjälfarlighetsklass 3 och 4.



Figur 3. Klimatzoner i Sverige (Källa: VV (2005)).

2.3.3 Geologi

Ur belastningssynpunkt måste hänsyn tas till materialegenskaper för berg och jord i terrassytan då de utgör en grund för dimensioneringen av överbyggnaden. De olika materialtyperna delas in enligt Tabell 1.

Tabell 1. Indelning av berg och jord i materialtyper (Källa: VV (2005))

Materialtyp	Bergtyp	Halten av [vikts-%] x/y			Organisk jord %/63 mm	Exempel på jordarter	
		Mycket grov jord 63/2000 mm	Finjord 0,063/63 mm	Ler 0,002/0,063 mm			
1		1, 2		< 10	≤ 2		
2			≤ 40	≤ 15	≤ 2	Bo, Co, Gr, Sa, saGr, grSa, GrMn, SaMn	
3	A	3		≤ 30	≤ 2		
3	B		≤ 40	15-30	≤ 2	siSa, siGr, siSa Mn, siGr Mn	
4	A		≤ 40	30-40	≤ 2	clMn	
4	B		≤ 40	> 40	> 40	Cl, ClMn	
5			≤ 40	> 40	≤ 40	≤ 6	Si, clSi, siCl, SiMn, gyCl, gySi
6		Övriga jordar och material					Pt, Or, siOr, Gy, saOr, clGy, alternativa material

Förklaring till Tabell 1: Halterna (x/y) som anges i Tabellen gäller för den mängd material som passerat sikten med nominell maskvidd: x mm i förhållande till den totala mängd material som passerat sikten y mm. Samtliga jordar bör alltid klassas som materialtyp 6 till dess att undersökning visar vilken materialtyp de tillhör.

Jordarterna i sista kolumnen är ej heltäckande för alla förekommande jordarter som finns i Sverige. Förkortningarna är enligt den europeiska standarden SS-EN ISO 14688-1 (SIS 2002a) och betyder i korthet Bo=block, Co=sten, Gr=grus, Sa=sand, Si=silt, Cl=lera, Gy=gyttja, Pt=torv, Mn=morän, Or=organisk jord.

Bergtyp 1 innebär normalt hårt och hållfast berg som vid bearbetning ger relativt små mängder finmaterial och motstår normal nedkrossning av byggnadstrafik. Bergtyp 2 är berg med måttlig hållfasthet och dålig slitstyrka, krossas relativt lätt ner av byggnadstrafik. Bergtyp 3 är löst, vittrat eller lätt nedbrytbart berg, ger vid bearbetning och krossning stora finmaterialmängder och mals ned av byggnadstrafik.

Olika jordarter har olika tjällyftande egenskaper i terrassytan. Jordarter indelas därför för väg- tekniskt bruk i fyra tjälfarlighetsklasser enligt Tabell 2.

Tabell 2. Tjälfarlighetsklasser (Källa: VV (2005))

Tjälfarlighetsklass	Beskrivning	Exempel på jordarter
1	Icke tjällyftande jordarter Dessa kännetecknas av att tjällyftningen under tjälningprocessen i regel är obetydlig. Klassen omfattar materialtyp 2 samt organiska jordarter med organisk halt >20%	Gr, Sa, saGr, grSa, GrMn, SaMn, Pt
2	Något tjällyftande jordarter Dessa kännetecknas av att tjällyftningen under tjälningprocessen är liten. Klassen omfattar materialtyp 3B.	siSa, siGr, siSa Mn, siGr Mn
3	Måttligt tjällyftande jordarter Dessa kännetecknas av att tjällyftningen under tjälningprocessen är måttlig. Klassen omfattar materialtyp 4A och B.	Cl, ClMn, siMn, siS
4	Mycket tjällyftande jordarter Dessa kännetecknas av att tjällyftningen under tjälningprocessen är stor. Klassen omfattar materialtyp 5.	Si, clSi, siCl, SiMn

För att skapa lättare väggroppar och isolera mot tjäle så använder man sig ofta av material som cellplast, lättklinker och skumbetong. Detta leder i sin tur till mindre risk för att sättningar skall uppstå (Silfwerbrand 1995, s. 15).

2.3.4 Trafiklaster

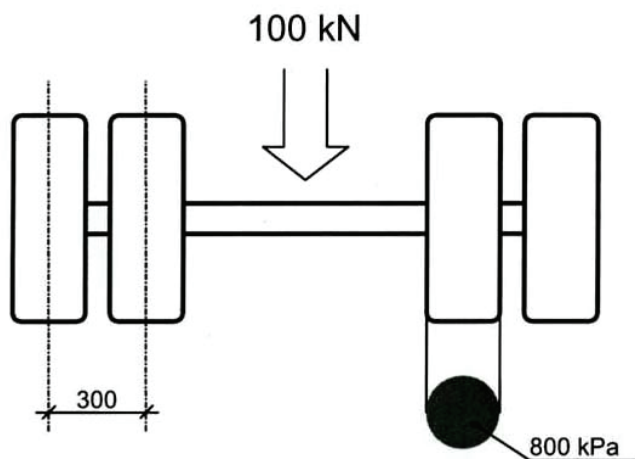
Trafiklasten är den vertikala last i kontaktytan mellan hjul och horisontell vägbana då ett fordon rullar över (Silfwerbrand 1995, s. 17). Påkänningarna är högst närmast vägytan och avtar med djupet (Rehn 1969, s. 177).

För att räkna ut trafiklaster så måste vissa parametrar beaktas. De är fordonets tyngd, inkl. last, antalet hjulaxlar, antalet hjul/axel, axelavstånd, spårvidd och lastfördelning mellan de olika axlarna. Ordet hjulkonfiguration används för att definiera geometrin.

Total fordonstyngd, hjulkonfiguration och lastfördelning ger oss de enskilda hjullasterna. Ju större kontaktyta mellan hjul och vägbana desto mindre spänningar uppstår. Vid luftfyllda hjul antar man att kontaktrycket = ringtrycket och att kontaktrycket fördelas jämnt över en cirkulär yta då det annars blir väldigt opraktiskt och komplicerat att mäta (Silfwerbrand 1995, s.17).

2.3.5 Standardaxel

I dimensioneringsanvisningar för väggroppar baseras dimensioneringen på en så kallad standardaxel. I Sverige används en standardaxel med axellast på 10 ton, lasten fördelas mellan fyra hjul och ringtrycket sätts till $p = 0,8 \text{ MPa}$. Figur 4 visar definitionen av standardaxel.



Figur 4. Standardaxel: mått i mm (Källa: VV (2005)).

Vid dimensioneringsberäkningar för Gång- Cykelväg, GC, där ytan förväntas trafikeras av enstaka fordon med axellast mindre än eller lika med 8 ton skall man istället utgå från en engångsbelastning (enstaka last) av 40 kN fördelad på en kvadratisk yta med sidan $s=200$ mm (VV 2005, kap. C: s. 32), vilket enligt Silfwerbrand (1999, s. 39) ger ett kontaktryck $p=1$ Mpa. För axellaster om mer än 8 ton på GC-väg används 130 kN (VV 2005, kap. C: s. 32).

I ATB VÄG 2005 beskrivs trafiklasten som ekvivalent antal standardaxlar (N_{ekv}) under avsedd teknisk livslängd för respektive körfält. Formel 1 används för att räkna fram ekvivalent antal standardaxlar.

Formel 1. Beräkning av antalet standardaxlar, N_{ekv} (Källa: VV 2005)

$$N_{ekv} = \text{ÅDT}_k \cdot A \cdot B \cdot 3,65 \cdot n$$

ÅDT_k = årsdygnstrafik, trafikflödet i ett körfält (k)

A = andel tunga fordon i %, 5% kan normalt användas för lokal väg om uppgift saknas

B = ekvivalenta antalet standardaxlar per fordon, värdet 1,3 kan användas som riksgenomsnitt (alla vägar och alla tunga fordon)

3,65 = antal dygn/år

n = avsedd teknisk livslängd i år (t ex 20 eller 40 år)

Om en antagen årlig trafikförändring kommer att ske, k(angiven i %), beräknas antalet standardaxlar enligt nedan:

$$N_{ekv} = \text{ÅDT}_k \cdot A \cdot B \cdot 3,65 \cdot (1+100/k)((1+k/100)^n - 1)$$

Med tungt fordon menas en bruttovikt på över 3,5 ton.

Ett sätt att uttrycka en överbyggnads bärförmåga är att ange det maximala antalet standardaxlar, N_{ekv} . Detta bestäms som det antal överfarter som leder till att ett brottkriterie uppstår i överbyggnaden (Silfwerbrand 1999, s. 12). Brottkriterierna förklaras i ATB VÄG 2005.

2.3.6 Trafikklasser

I Väg 94 kap. 3 definieras sju trafikklasser. Avgörande är antalet tillåtna standardaxlar i respektive klass. I Tabell 3 redovisas trafikklass 1-4. GC är inte definierad som trafikklass men finns med som vägtyp därför redovisas den även i Tabell 3. Trafikklass G och 0 är definierade av Svensk Markbetong (2002). I ATB VÄG 2005 definieras inte längre någon tabell för trafikklasser, däremot finns alla beräkningsgångar kvar som visar på tillåtna antal standardaxlar, därför har författaren valt att fortsätta hänvisa till trafikklassindelningen enligt Väg 94 och Svensk Markbetong (2002) då den ger en bra översikt över tillåten trafik.

Tabell 3. Indelning i trafikklasser (Källa: efter Svensk Markbetong (2002, s. 39))

Tillåtet antal standardaxlar enligt ATB VÄG	Trafikklass enligt VÄG 94	Beskrivning (exempel)
0	G*	Entrégång, uteplats, lektyor, innergård utan trafik
0	GC	Gång- cykelväg med enstaka lätta fordon, garageinfart
<50000	0*	Lågtrafikerade ytor som gång- cykelvägar eller parkeringsplatser. Ytorna kan även bära trafik från lättare varutransporter samt enstaka tunga fordon
50000-500000	1	Brandväg, torgytor m.m.
500000-1000000	2	Gator/vägar
1000000-2500000	3	Gator/vägar
2500000-5000000	4	Gator/vägar

*Definition enligt Svensk Markbetong (2002)

Genom att bestämma de faktorer som beskrivits ovan kan dimensioneringsberäkningar utföras för olika överbyggnader i olika delar av landet. I ATB VÄG (VV 2005, kap C: ss. 33-34) förklaras dimensioneringsgång vid konstruktiv utformning för nybyggnad.

För ytor av betongplattor har Svensk Markbetong (2002, ss.45-50) förklarat dimensionering och bestämning av trafikklasser. Kortfattat kan det förklaras att först görs en enkel bestämning vilken trafikklass som är aktuell och därefter fastställs materialtyp i terrassen. Enligt en tabell bestäms sedan överbyggnadens och de olika materiallagrens tjocklek. Vidare förklaras också tillvägagångssätt för områden där tjällyftning sker.

I Svensk Markbetong (2002) ges inga rekommenderade tjocklekar på plattor. Det är istället upp till respektive leverantör att rekommendera val av lämplig platta. Svensk Markbetong (2002, s. 39) rekommenderar bara användning av plattor i trafikklass G, GC och 0. För trafikklass 1 kan plattor användas enligt respektive leverantörs anvisning. För trafikklass 2 och uppåt anses ej plattor lämpligt att använda.

Marksten är lämpligt upp till trafikklass 2, och för högre klasser ges vidare anvisningar av aktuell leverantör.

2.3.7 Bärighetsberäkningar

För att kunna utföra bärighetsberäkningar och komma fram till de rätta dimensionerna på tänkta överbyggnader så har E-modulen hos olika material och lager stor inverkan.

E-modul kan enkelt beskrivas som ett materials fjädring vid belastning, fjäderstyvhet (Djärf, Wiman & Carlsson 1996, s. 22). Det handlar alltså om möjlighet för elastisk (icke bestående) deformation. Enheten är arealsbunden och uttrycks i MPa.

E-modulen uttrycker ett materials motstånd innan deformation sker, är materialet styvt och hårt så får det ett högre värde (Holgersen & Dam 2002, s. 187). En stor styvhet ger en större lastspridande förmåga och därigenom även en högre bärförmåga (Silfwerbrand 1995, s. 9). Högre styvhet hos olika lager eftersträvas då deformationerna blir mindre och lagret mer hållbart för olika laster.

En större förståelse för olika materials variation i E-modul under årstiderna gör att bättre uppbyggnader kan utföras. Ett avgörande krav vid dimensionering är att terrassen klarar de krav som ställs på töjning (E-modul). Nedan förklaras hur töjningen bestäms och hur den inverkar på olika materialskikt.

Förhållandet mellan sammanpressning och utvidgning hos ett material kallas töjning. När töjning hos ett material förekommer i två riktningar/ledder, vinkelrät mot varandra, så kallas detta samband för "Poissons förbehåll".

Sambandet uttrycks sedan i ett tvärkontraktionstal ν = Poissons tal (Burström 2001, s. 126). Poissons tal är en dimensionslös materialkonstant (Hult 1989, s. 87).

Vid beräkningar av dimensionering för hårdgjorda ytor är dessa värden mycket viktiga att ha med. E-värden och Poissons förbehåll varierar stort de första dagarna efter det att materialen i de olika skikten lagts ut. Det här beror på jordens vikt, vatteninnehåll, belastning och temperatur mm. (Holgersen & Dam 2002, s. 188).

2.3.8 E-modul hos olika material och lager

Bär- och förstärkningslager består vanligen av krossat bergmaterial (makadam eller samkross). Det krossade materialet har betydligt större styvhet än det tidigare ofta använda naturgruset. Med årstiderna så varierar även styvheten i materialen.

Vintertid uppnås de högsta värdena om tjälen tränger ned i materialet. Okrossade material kan då frysa och erhålla en högre styvhet. När de sedan tinar blir styvheten lägre och kan även vara mindre än det normalvärde som det har under sommaren (Silfwerbrand 1995, s. 14). I Tabell 4 visas värden för E-modul över årstiderna för några olika material vid trafikbelastning.

Tabell 4. E-modul för olika material över årstider (Källa: efter Silfwerbrand (1995, ss. 14-15))

Årstid	Vinter	Tjällossning vinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
Material	E-modul (MPa)					
Fast bergbotten	50000					
Bergkross	600					
Grus	1000	1000	100	125	150	150
Sand	1000	1000	70	85	100	100
Lera	1000	1000	30	40	50	50
Organiska mi- neraljordarter	1000	1000	10	20	45	45
Bärlager kros- sat material	450	450	450	450	450	450
Bärlager okros- sat material	1000	150	300	450	450	450

För markstenbeläggningar har det genomförts många tester för att få fram ett lämpligt värde på E-modulen. Shackel (1990, kap. 4) har gjort en genomgång av olika mätningar och kommit fram till att värdena varierar mellan 500-7000 MPa, han rekommenderar att använda värdet $E=2500$ MPa. Enligt Silfwerbrand (1995, s. 82) påverkas inte spänningsberäkningarna nämnvärt av måttliga förändringar hos E-modulen.

2.4 Verkningsätt och hållfasthet

Följande avsnitt beskriver verkningsätt hos ytor av plattor och marksten och vilka faktorer som påverkar. Det förklarar och visar även på hållfasthet för plattor av både betong och natursten.

2.4.1 Verkningsätt för slitlager av marksten och plattor

Ju närmare vägytans överdel man kommer desto högre fordringar på stabilitet och bärighet måste ställas på materialen (Rehn 1969, s.177).

Plattbeläggningar och markstensbeläggningar har något olika verkningsätt vilket gör att de dimensioneras under något olika förutsättningar.

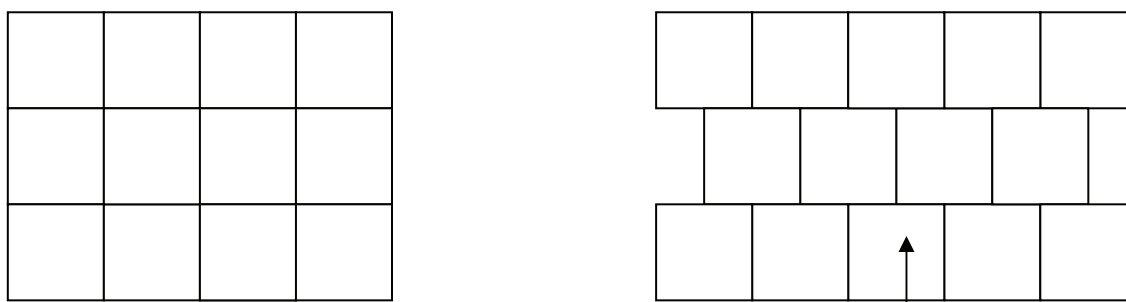
Marksten läggs i olika mönster som i kombination med dess dimensioner gör att det uppstår en viss låsning mellan de olika stenarna. För en plattbeläggning uppnås inte denna låsning fullt ut på grund av dess längre sidor och fogar. Istället är det plattans egenskaper och dess dimensioner som är mer styrande för dimensioneringen (Svensk Markbetong 2002, s. 34).

Styvheten hos en markstensbeläggning ökar med tiden beroende på den trafikbelastning som ytan utsätts för. I början är beläggningen relativt mjuk men efter en viss tids trafikering ökar styvheten. Därefter anser man att det knappast sker någon ytterligare förstyvning (Silfwerbrand 1999, s. 13). Shackel (1990, ss. 82-83) visar att de deformationer som uppstår sker främst under de första, säg 10000 överfarterna, därefter sker det endast marginellt.

2.4.2 Läggningsmönster

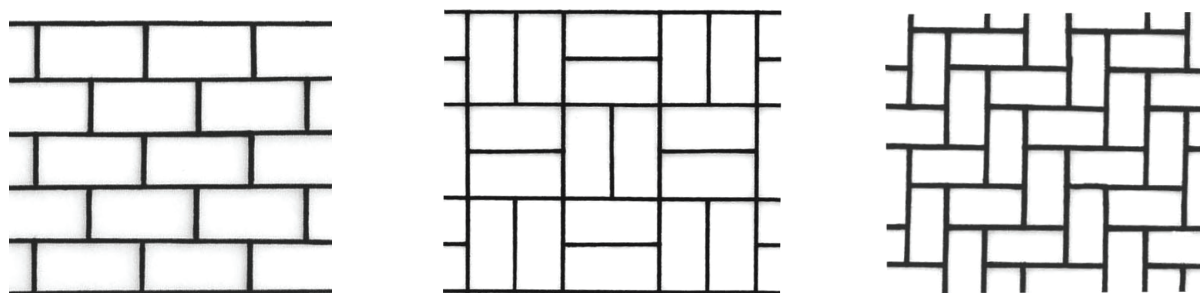
Olika läggningsmönster ger olika inverkan på den lastspredande förmågan hos beläggningar av plattor eller marksten. Trafikering av ytor skall alltid vara tvärgående eller diagonalt mot fogarna, detta för att den lastupptagande förmågan skall bli så stor som möjligt (Svensk Markbetong 2002, s. 20).

På ytor där ingen eller väldigt ringa trafikbelastningar förekommer kan plattor läggas utan förskjutna fogar. Kommer däremot ytan att trafikeras av tyngre fordon skall fogarna förskjutas, vanligast är att de läggs i ett halvförband. Viktigt är också att tänka på i vilken ledd trafikriktningen sker. Se Figur 5.



Figur 5. Plattytor. I vänster bild utan förskjutna fogar, i höger bild förskjutna fogar med pil för rekommenderad trafikriktning.

Rektangulära markstenar kan läggas i en rad olika mönster, Figur 6. Om ytan skall trafikeras måste fogarna vara förskjutna. Tester som har genomförts har visat på att fiskbensmönstret är det bästa mönstret för den lastspredande förmågan (Schackel 1990, ss. 90-91). Lastspredningen åstadkoms genom samverkan mellan marksten, fogar och sättsand.



Figur 6. Exempel på typiska mönster för markstensytor. Från vänster i bild: halvförband, parkett- och fiskbensmönster.

2.4.3 Sättsand och fogar

Viktigt för sättsand och fogsand är att de består av korn som inte vittrar. För sättsand får inte kornstorleken vara större än att den tillåts tränga in i fogarna mellan stenarna underifrån, den får heller inte innehålla något lermaterial (Silfwerbrand 1995, s. 84). Krossat material ger en stabilare konstruktion än en av okrossat.

Sättsandslagret bör vara 30 – 50 mm för plattor och marksten i betong och läggas ut i ett jämntjockt lager över hela ytan för att inte deformationerna ska bli alltför stora. För ytor av gatsten och plattor/hällar av natursten skall sättsandslagret vara runt 50 mm.

Fogen är en viktig del av ytans beläggning och den måste vara väl fylld under hela dess livslängd så att ytan inte blir instabil (Wäppling 2000, s. 5). Fogsanden bör innehålla mer finmaterial än sättsanden och vara torr vid utläggningen så att den lättare kan tränga ner i fogarna.

Fogens uppgift är att överföra krafter mellan stenarna och ta upp de ojämnheter som finns. Ju bättre fogen är utförd desto mer belastning kan den överföra till närmsta sten och hindra att stenen kommer ur sitt läge (Holgersen & Dam 2002, s. 272).

Fogbredden för plattor och marksten i betong skall vara ca 3 mm enligt Svensk Markbetong (2002, s. 27). Holgersen & Dam (2002, s. 272) säger att en minsta fogbredd om 2 mm är tillräddig om sidorna på plattor och marksten är helt jämna. Fogens bredd bör inte överstiga 5 mm då det finns risk för att ytan blir ojämn och fogsanden får svårt att ligga kvar.

För natursten med kluven yta (råkilad) blir det lite annorlunda med fogbredd. Ytans utbuktningar och ojämnheter gör att det är svårt att hålla en viss avsedd fogbredd. Rekommendationer på fogbredd för rektangulära granitplattor med huggna kanter är 20 ± 6 mm och för granitplattor med sågade kanter 5 ± 2 mm (SSF 2005, s. 24). För gatstensytor rekommenderas fogbredd upp till 10 mm.

2.4.4 Hållfasthetsklasser för plattor och marksten i betong

Tryckhållfasthet för betong vad gäller marksten och plattor är i allmänhet hög. De indelas i klasser beroende på böjdraghållfasthet efter värdet på brottlasten enligt ett standardiserat provningsförfarande.

Det är svårt att säga exakt vilket inflytande stentjocklek och storlek har på en markstenbeläggningens bärförmåga. Vad som däremot står klart är att kvaliteten och tjockleken hos de underliggande lagren har stor betydelse för markstenbeläggningens bärförmåga. Det är sannolikt så att hållfastheten hos beläggningen, i flera fall, är så hög att den inte alltid kan utnyttjas. Hög hållfasthet är dessutom en fördel för en långvarig beständighet (Shackel 1990, s. 89).

Plattor och marksten av betong har delats in i olika hållfasthetsklasser. För plattor finns fyra klasser och för marksten två, Tabell 5 och 6.

Tabell 5. Hållfasthetsklasser för plattor av betong (Källa: Svensk Markbetong (2002))

Hållfasthetsklass (kN)	Trafikclass (Väg 94)	Exempel på användning
6	-	Trädgårdar, uteplatser
9	-	Garageinfarter
14	GC	Efter samråd med resp. tillverkare
25	0, 1 ev. högre	Efter samråd med resp. tillverkare

Tabell 6. Hållfasthetsklasser för marksten av betong (Källa: Svensk Markbetong (2002))

Hållfasthetsklass (MPa)	Trafikklass (Väg 94)	Exempel på användning
II (50 MPa)	-	Trädgårdar, uteplatser, garageinfarter
I (60 MPa)	Alla	Samtliga fordonstrafikerade ytor

2.4.5 Försöksserie gjord på prefabricerade betongplattor

I följande avsnitt redovisas kortfattat en rapport gjord av Silfwerbrand (2002). Den har tagits med för att den innehåller viktiga diskussioner om hur plattytor påverkas av trafikbelastning, hur spricklaster uppstår och vilka parametrar som inverkar.

I rapporten behandlas dels ett teoretiskt avsnitt om hur nyckeltal härleds och räknas fram som är överförbara på plattor av både betong och natursten, dels ett avsnitt som beskriver en mindre försöksserie gjord på prefabricerade betongplattor under 2001.

De nyckeltal som räknats fram för betongplattor har satts in i en tabell (Silfwerbrand 2002, s. 13) för att försöka få en uppskattning av deras storlek. I tabellen redovisas även nyckeltal för naturstensplattor (av granit) som en jämförelse. Ett nyckeltal visar på värden mellan 1,3 och 4,2 kN för betongplattor och mellan 2,8 och 20 kN för granitplattor.

Silfwerbrand menar att om det är sprickmotståndet i en platta som är styrande för nyckeltalets storlek så skulle man med ledning av tabellen kunna ställa upp hypotesen att ett värde bör överstiga åtminstone 3 kN för att begränsa sprickrisken. För att pröva om hypotesen stämmer föreslår Silfwerbrand (2002, s.13) att sambandet mellan platttyp och sprickfrekvens tittas närmare på genom att en inventering av plattbeläggningar genomförs.

Nyckeltalen användes sedan vid jämförelse mot resultaten från försöksserien. Försöket var utformat att efterlikna så naturliga förhållanden som möjligt för plattytor, både med avseende på trafikbelastning och överbyggnadens utformning.

Utvärderingen avsåg flera olika samband mellan plattors tjocklek, dimensioner, böjdraghållfasthet och spricklast. Då försöksserien var ganska liten skall resultaten ses mot bakgrund av ett relativt begränsat statistiskt urval. Tillsammans är det tänkt att dessa avsnitt skall ge underlag till en dimensioneringshandbok för prefabricerade betongplattor.

Några av de slutsatser som Silfwerbrand redovisar är att:

- Plattjockleken är den enskilda egenskap som har störst betydelse för spricklasten och därmed också för bärförmågan. Större tjocklek ger större bärförmåga.
- Plattlängden påverkar inte i lika hög grad som tjocklek. Här ger större plattlängd mindre bärförmåga.
- Böjdraghållfasthet har också betydelse för spricklasten. Ökad böjdraghållfasthet ger ökad spricklast.

I rapporten har Silfwerbrand även definierat ett nyckeltal som är direkt proportionellt mot böjdraghållfastheten. Han fann att sambandet mellan detta nyckeltal och spricklasten var tämligen starkt. Ökar värdet på nyckeltalet, ökar bärförmågan.

2.4.6 Jämförelseprovning av betong och skiffer

För att ge en tydligare bild över skillnader mellan olika materials brottlaster och böjdraghållfasthet vid olika tjocklek har valts att nedan redovisa några resultat från 1991 då SP genomförde en jämförande provning av skiffer- och betongplattor (Bilaga 1). Plattorna var 350 x 350 mm och av betong (St Eriks s.k. Superplatta) och stensorten var Offerdalskiffer (för tekniska egenskaper hos Offerdalskiffer se Tabell 8 i kap. 3.1 Stensorter för provning.

Tabell 7 visar medelvärden inom en provserie för olika tjocklekar. Provningsen utfördes enligt SS 227209 (SIS 1983b). SS 227209 är tillsammans med SS 227208 (SIS 1983a) de två standarder som ligger till grund för SS-EN 1339 (SIS 2003).

Tabell 7. Brottlaster och böjdraghållfasthet för markplattor av skiffer och betong (Källa: SP (1991))

	Skiffer 21 mm	Skiffer 42,9 mm	Skiffer 54,2 mm	Betong 31,4 mm	Betong 39,5 mm	Betong 66,4 mm
Brottlast (kN)	8,6	39,0	44,3	6,7	8,8	36,0
	Skiffer, 20 mm	Skiffer, 50 mm		Betong, 40 mm	Betong, 65 mm	
Böjdraghållfasthet (MPa)	25,07	19,39		7,25	10,5	

Intressant att notera är att brottlasten för skifferplattor med tjocklek 42,9 mm jämfört med betongplattorna med tjocklek 39,5 mm är drygt fyra gånger så hög. Vidare, att även böjdraghållfastheten är drygt tre gånger så stor hos skifferplattorna med tjocklek 20 mm jämfört med 40 mm betongplattor.

3 UNDERSÖKANDE PROVNING

I Bilaga 2 finns en sammanfattning av ett möte som ägde rum i februari 2006 på SP Sveriges Provning- och Forskningsinstitut i Borås. Detta möte ligger till grund för provningens utförande. Syftet med provningen är att se om de hållfasthetsvärden som uppnås för markplattor av natursten kan användas för att föra in respektive produkt i en trafikklass på det sätt som betongbranschen gjort.

Provningen utfördes med utgångspunkt från Svensk Standard SS-EN 1339, Betongmarkplattor – Krav och provningsmetoder (SIS 2003). Detta gjordes för att så långt som möjligt tillgodose de krav som betongbranschen ställer för att kunna trafikklassa sina produkter, ett system som Vägverket och andra upphandlare redan accepterat. De faktorer som styr till vilken trafikklass en produkt hamnar i är främst brottlast och böjdraghållfasthet.

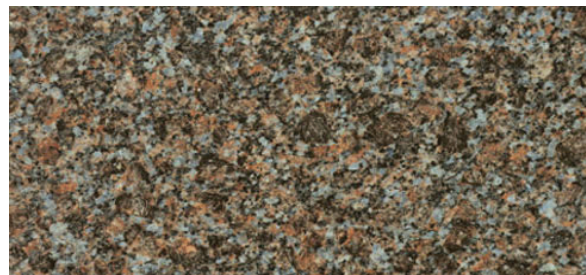
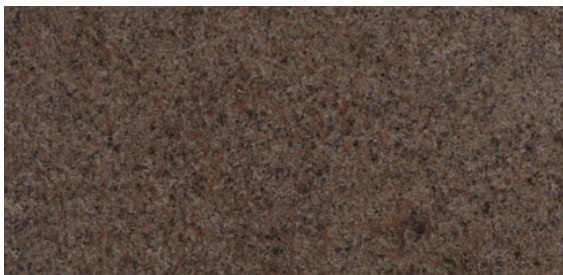
Provningen ägde rum vid SP i mars 2006. Den viktigaste delen av provningen var att utföra en böjdraghållfasthetsprovning med trepunktsbelastning enligt SS-EN 1339 (SIS 2003) då det är den standard som är godkänd för trafikklassificering av markprodukter av betong.

I SS-EN 1339 (SIS 2003) beskrivs inte trafikklasser utan istället används hållfasthetsklasser (anm. trafikklass och hållfasthetsklass skall ej ses som synonyma i detta fall).

3.1 Stensorter för provning

Följande nedanstående två stensorter valdes ut för provningen då båda sorter anses lämpade för just markbeläggningsprodukter. Det finns också redan mycket data samlade om dem, framförallt på Flivik granit.

Bjälrov granit, se Figur 7, förekommer i nordöstra Skåne och har en ålder av ca 1400 miljoner år. Stensorten har en petrografisk sammansättning av 38 % kalifältspat, 28 % kvarts, 27 % plagioklas och 5 % biotit. Dess tekniska egenskaper, Tabell 8, i samband med dess goda klyvbarhet i stembrottet gör stenen mycket lämplig som markstensprodukt. Den används bland annat till murar, kantsten och gatsten och är särskilt lämplig i utförande med råkilad yta.



Figur 7. Stensorter. Till vänster i bild Bjälrov granit och till höger Flivik granit, båda med polerad yta (Foto: Christer Kjellén).

Flivik granit, se Figur 7, används ofta som byggnadssten ex. fasader, golv, markbeläggningar samt för gravvårdar. Stensorten har en petrografisk sammansättning av 33 % kalifältspat, 31 % kvarts, 30 % plagioklas och 4 % biotit. Dess ålder är ca 1600 miljoner år. Flivik granit återfinns i östra Småland. Se Tabell 8 för tekniska egenskaper.

För mer tekniska egenskaper och även för andra stensorter se Stenkartotekets tabeller i Stenhandboken (SSF 2003).

Tabell 8. Tekniska egenskaper för Bjärlöv- och Flivikgranit, i tabellen redovisas även värden för Offerdalskiffer som användes vid jämförelseprovning 1991 förklarad ovan (Källa: SSF (2003))

Stensort	Bjärlövgranit	Flivikgranit	Offerdalskiffer
Tryckhållfasthet (MPa)	237	197	306
Böjdraghållfasthet (MPa)	18,0	16,4	42,1
Densitet (kg/m ³)	2640	2660	2730
Vattenabsorption (vikt %)	0,2	0,1	0,1

3.2 Förberedelser

Provning skedde av sammanlagt 60 st. provkroppar, 2 st. stensorter i 3 olika tjocklekar med 10 st. av varje i en provserie.

Innan själva provningen ägde rum märktes och mättes alla provkroppar upp. Märkningen gjordes utifrån stensort och tjocklek. Utgångstjocklekarna för provkropparna var 40, 80 och 120 mm. (anm. Vid mätning och märkning av provkropparna gjordes även en ultraljudsmätning; resultaten härifrån har endast ett värde för en parallell undersökning av naturstens hållfasthet och icke-förstörande provning och nämns därför inte vidare nedan).

Mätning utfördes av bredd, längd och tjocklek, Figur 8. För bredd och längd användes måttband och för tjocklek digitalt skjutmått. Efter märkning och mätning lades de i vattenbad, Figur 9.



Figur 8. Mätning av provkropp. I bild syns även utrustning för ultraljudsmätning (Foto: Björn Schouenborg, SP).

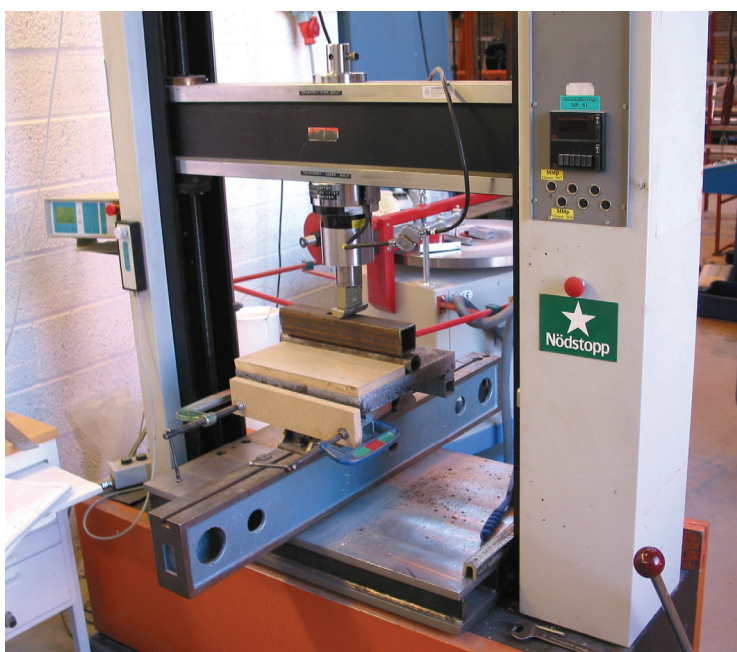


Figur 9. Översikt av vattenbad (Foto: Björn Schouenborg, SP).

3.3 Avvikelser från standarden

I SS-EN 1339 (SIS 2003, kap. 5.3.3: s. 10) beskrivs de krav som ställs på böjhållfasthet och vilken märkning produkten skall få. I SS-EN 1339 (SIS 2003, kap. 5.3.6 s. 12) beskrivs kraven för de olika brottlastklasserna. I båda kapitlen hänvisas till Bilaga F som förklarar provningsproceduren och hur resultaten skall användas. Vissa mindre justeringar och anpassningar fick dock göras som beskrivs nedan för att provningen skulle kunna genomföras.

Kortfattat går provningen ut på att en linjär last påförs en platta som vilar på två linjära upp-
lag. Se Figur 10. Lasten påförs sedan på sådant vis att en trepunktsböjning uppstår i prov-
kroppen. Lasten skall påföras jämnt utan stötar och ökas till dess brott uppstår.



Figur 10. Bild på uppriktad provningsutrustning för trepunktsbelastning.

I SS-EN 1339 (SIS 2003) består en provserie av 8 st. provkroppar. I den här provningen består en provserie av 10 st. provkroppar. Anledningen är att natursten normalt provas i serier om 10 provkroppar för att erhålla ett statistiskt relevant resultat.

Enligt SS-EN 1339 (SIS 2003) skall brottlasten uppnås inom $45 (\pm 15)$ sekunder. Då natursten har lite andra egenskaper och karaktär än betong så var den här faktorn svår att uppnå. Normalt vid provningar av betongplattor så används en påförningshastighet av 2 mm/min. I samråd med Johansson² bestämdes att påförningshastigheten för lasten skulle sättas till 3 mm/min, detta gjordes på grund av två saker, 1. Stenen antas högre värden innan brottlast uppnås och 2. Högre hastighet skulle kunna leda till skador på provningsutrustningen. Vid provningen uppstod brott efter ca $90 (\pm 20)$ sekunder.

Provkropparna skall provas i vått tillstånd för att efterlikna det naturliga tillstånd när materialet är som svagast. Enligt SS-EN 1339 (SIS 2003) skall de ligga nedsänkta i vatten 24 (± 3) timmar och därefter tas upp, torkas rent och provas direkt. För våra provkroppar i sten låg alla i vatten minst 24 timmar, flertalet låg över 72 timmar. Den här tiden anses dock inte ha någon större betydelse för provningsresultaten då bara en viss vattenmättnad kan uppnås.

Vid provningen av de 40 mm tjocka och 80 mm tjocka provkropparna användes belastningslinjaler med diameter om 42 mm, allt efter SS-EN 1339 (SIS 2003). När provkropparna med tjocklek på 120 mm skulle provtryckas så var det tvunget att använda en större provningsutrustning, Figur 11. De beräknade brottlasterna skulle inte klaras av att uppnås i den andra lite mindre maskinen. Belastningslinjaler användes med diameter om 40 mm. Då skillnaden i mm är så liten anses den inte ha någon större inverkan på provresultatet. Belastningshastigheten sattes till 8 mm/min, detta kunde göras då provningsutrustningen hade en betydligt större kapacitet än den mindre. Vid provning uppstod brott efter ca $60 (\pm 15)$ sekunder alltså väldigt nära standardens krav.



Figur 11. Stora provningsmaskinen uppriggad för trepunktsbelastning.

3.4 Jämförande provning

I samband med ovan nämnda provning utfördes även en provning med fyrapunktsbelastning som i alla väsentliga delar följde standarden SS-EN 13161 Provningsmetoder för natursten – bestämning av böjdraghållfasthet med fyrapunktsbelastning (SIS 2002b). Den här provningen

² Gert-Olof Johansson Ingenjör SP, den 3 mars 2006.

gjordes för att få jämförande värden för brottlast och böjdraghållfasthet. Anledningen är att en trepunktsbelastning ger brottlast som relaterar till en liten yta i provkroppen medan fyrapunktsbelastning sprider ut påförande last över en större yta. Detta innebär i förlängningen att man närmar sig produktens egenskaper med alla dess eventuella defekter. Provning med trepunktsbelastning har mer karaktären av materialprovning.

Stensorter, antal provkroppar och dimensioner var desamma som för trepunktsbelastningen. Alla provades i vått tillstånd och märkning/mätning enligt samma förfarande som beskrivits ovan.

4 RESULTATREDOVISNING

4.1 Provresultat

I Tabell 9 och 10 redovisas de medelvärden för brottlast och böjdraghållfasthet som framkom efter genomförd provning med trepunktsbelastning. Variation i brottlasten har tagits med för att visa på olikheter inom samma stensort. Alla resultat för varje enskild provkropp redovisas i provningsprotokoll, se Bilaga 3.

Tabell 9. Medelvärden för brottlast och böjdraghållfasthet för Bjärlöv granit vid trepunktsbelastning

	Bjärlöv 40 mm	Bjärlöv 80 mm	Bjärlöv 120 mm
Brottlast (kN)	20,9	86,2	189,7
Variation brottlast (min-max)	18,0-25,6	66,8-98,3	175,3-205,4
Böjdraghållfasthet (MPa)	16,1	16,0	16,2
Variation böjdraghållfasthet (min-max)	13,8-20,0	12,6-18,4	15,1-17,3

Tabell 10. Medelvärden för brottlast och böjdraghållfasthet för Flivik granit vid trepunktsbelastning

	Flivik 40 mm	Flivik 80 mm	Flivik 120 mm
Brottlast (kN)	22,2	61,5	194,7
Variation brottlast (min-max)	19,9-25,8	46,6-72,7	119,7-219,3
Böjdraghållfasthet (MPa)	15,3	12,4	16,4
Variation böjdraghållfasthet (min-max)	12,9-18,9	9,4-14,9	10-18,5

I Tabell 11 redovisas de medelvärden som uppmättes för brottlast och böjdraghållfasthet vid provning med fyrapunktsbelastning. Variation är medtagen för att visa på spridningen inom provserien. För provningsprotokoll och resultat för varje enskild provkropp se Bilaga 4.

Tabell 11. Medelvärden för brottlast och böjdraghållfasthet från provning med fyrpunktsbelastning

	Bjälöv 40 mm	Bjälöv 80 mm	Bjälöv 120 mm	Flivik 40 mm	Flivik 80 mm	Flivik 120 mm
Brottlast (kN)	30,8	122,6	255,2	30,7	83,7	228,9
Variation brottlast (min-max)	24,5 – 37,6	106,8 – 133,5	226,6 - 276,5	25,6 – 36,4	60 – 101,2	135,3 - 270,5
Böjdrag- hållfasthet (MPa)	23,9	23,3	20,7	21,1	17,6	19,1
Variation böjdrag- hållfasthet (min-max)	18,9 – 29,4	19,9 - 26	18,9-22,6	19,3-22,9	13,1-21,2	11,3-22,6

Tabell 12 visar på de värden som skall uppnås för att den provade produkten skall få rätt märkning och klassnummer. I Tabell 5, se kap 2.4.4, är det de äldre hållfasthetsklasserna från SS 227208 (SIS 1983a) som redovisas. Hållfasthetsklass 6 motsvaras här av klassnummer 70, klass 9 av 110, 14 av 140 och 25 av 250.

Tabell 12. Brottlastklasser (Källa: SIS (2003))

Klass nummer	Märkning	Karaktäristisk brottlast (kN)	Minsta brottlast (kN)
30	3	3,0	2,4
45	4	4,5	3,6
70	7	7,0	5,6
110	11	11,0	8,8
140	14	14,0	11,2
250	25	25,0	20,0
300	30	30,0	24,0

Tabell 13 visar de värden som en produkt skall ha för böjhållfasthet för att kunna placeras i rätt klass och få rätt märkning.

Tabell 13. Böjhållfasthetsklasser (Källa: SIS 2003))

Klass	Märkning	Karaktäristisk böjhållfasthet (MPa)	Minsta böjhållfasthet (MPa)
1	S	3,5	2,8
2	T	4,0	3,2
3	U	5,0	4,0

I Tabell 14 och 15 har redovisats vilket klassnummer och märkning Bjärlöv och Flivik granit skulle få utifrån Tabell 12 och 13.

Tabell 14. Klassnummer och märkning av Bjärlöv granit

Provserie		Bjärlöv 40 mm	Bjärlöv 80 mm	Bjärlöv 120 mm
Brottlasterklasser	Klassnummer	140	300	300
	Märkning	14	30	30
Böjhållfasthetsklass	Klass	3	3	3
	Märkning	U	U	U

Tabell 15. Klassnummer och märkning av Flivik granit

Provserie		Flivik 40 mm	Flivik 80 mm	Flivik 120 mm
Brottlasterklasser	Klassnummer	140	300	300
	Märkning	14	30	30
Böjhållfasthetsklass	Klass	3	3	3
	Märkning	U	U	U

4.2 Sammanfattning resultat

Både Bjärlöv och Flivik 40 mm fick klassnummer 140.

Då uppmätta brottlastvärden för Bjärlöv och Flivik 80 mm resp. 120 mm överskred med råge minimibrottlasten i högsta klassen och inga högre klasser finns definierade i standarden har de fått klassnummer 300.

För böjhållfasthet har alla provserier uppnått så höga värden att de placerats i högsta klass 3.

Tabell 11 redovisar den jämförande fyrpunktsprovningens resultat. Värdena överstiger generellt alla värden för trepunktsbelastning. Värdena har inte använts för indelning i klasser eller för klassificering då de ej är utförda enligt samma standard.

Vid jämförelse mellan Tabell 14, 15 och Tabell 5 har författaren kommit fram till följande. Plattorna som provades med tjocklek 40 mm kan alla användas upp till trafikklass GC. Plattor med 80 mm och 120 mm tjocklek kan användas upp till trafikklass 0 och 1 ev. högre.

I Tabell 16 redovisas författarens förslag till utformning av en klassificeringstabell för markplattor av natursten.

Tabell 16. Förslag till utformning av klassificeringstabell

Trafikclass enligt Väg 94	Beskrivning (exempel)	Bjälrov och Flivik granit 350 x 350 x 40 mm	Bjälrov och Flivik granit 350 x 350 x 80 mm	Bjälrov och Flivik granit 350 x 350 x 120 mm
G*	Entrégång, uteplats, lekytor, innergård utan trafik	Godkänd	Godkänd	Godkänd
GC	Gång- cykelväg med enstaka lätta fordon, garageinfart	Godkänd	Godkänd	Godkänd
0*	Lågtrafikerade ytor som gång- cykelvägar eller parkeringsplatser. Ytorna kan även bära trafik från lättare varutransporter samt enstaka tunga fordon	-	Godkänd	Godkänd
1	Brandväg, torgytor mm.	-	Godkänd	Godkänd
2	Gator/vägar	-	-	-
3	Gator/vägar	-	-	-
4	Gator/vägar	-	-	-

* Definition enligt Svensk Markbetong (2002)

5 DISKUSSION

Om dimensionering

Efter att ha studerat litteratur som berör området hårdgjorda ytor har författaren kommit fram till att det inte finns något väldefinierat sätt för just ytor belagda med plattor som talar om hur de skall dimensioneras. För markstensbeläggningar har flera omfattande och fler undersökningar gjorts, både i Sverige och i utlandet och tillsammans med praktiska erfarenheter har det tagits fram bra underlag för dimensionering. De dimensioneringsanvisningar som finns för plattbeläggningar är framtagna av betongbranschen och grundar sig på Vägverkets krav för dimensionering av vägkroppar och på de dimensioneringsanvisningar som finns för markstensbeläggningar.

Kan man då lita på de anvisningar som finns att tillgå? Är de tillämpliga för både plattor och marksten? Vad som talar emot är att plattor har ett annorlunda verkningssätt än marksten. Trafikerade ytor av plattor har visat upp andra former av brott än de för marksten, främst är det skador som avslagna hörn och genomgående sprickor som delat plattan i två eller flera delar. För marksten sker brott sällan i själva markstensskiktet. Beräkningar görs istället för att säkerställa att terrassens och andra lagers töjning understiger tillgängliga dimensioneringsvärden. Det som talar för är att förhållandena för överbyggnader är desamma oavsett beläggningsyta. Därmed kan Vägverkets krav anses överförbara på plattbelagda ytor likväl som på markstensytor.

Gäller detta även för naturstensplattor? Enligt författarens åsikt påminner materialen (betong och natursten) så pass mycket om varandra att det är högst rimligt att anta att de förutsättningar och krav som ställs av betongbranschen och Vägverket kan anses gälla även för natursten.

Om E-modul

Vad som ofta nämns i litteraturen är vikten av att säkerställa en minimal töjning i de olika lagren. En överbyggnads hållfasthet och livslängd beräknas utifrån töjningar och målet är att uppnå så höga värden som möjligt på E-modulen. Då författaren inte funnit några värden på vilken E-modul en plattbelagd yta har så skulle det vara av stort värde att undersöka vidare om några sådana finns och om det genomförts undersökningar på området. Det vore mycket intressant om man fick fram en E-modul och sedan titta närmare på om och i så fall hur överbyggnadstjockleken skulle komma att påverkas. Det vore också av stor vikt för att kunna se hur en plattytas hållfasthet och bärförmåga är gentemot en yta av exempelvis marksten.

Vid Väg- och Transportforskningsinstitutet VTI i Linköping använder man sig av särskilda beräkningsprogram för att se på olika överbyggnadstjocklekar där olika värden för olika lagers E-modul används. BISAR, CHEVRON och GIPI är namn på några av de beräkningsprogram som finns att tillgå. De här beräkningsprogrammen skulle säkerligen kunna användas även för plattytor förutsatt att värdet på E-modul tas fram.

De värden som uppmättes för böjdraghållfastheten i provningen kan delvis sägas vara ett värde på E-modulen för en platta av en stensort. Detta hör samman med att både böjdraghållfasthet och E-modul är värden på töjning. Däremot vill författaren inte påstå att värdena vittnar om E-modulen för en yta belagd med plattor då det även är andra faktorer som spelar in. Vid bestämmandet av E-modul hos en yta av plattor måste till exempel fogsandens kvalitet, sorteringsgrad och fogens bredd tas med i beräkningarna.

Vad som heller inte får glömmas bort är fogens betydelse för en yta av plattor eller marksten. Om inte fogen utförs på rätt sätt så att den fyller helt och är tät överallt så finns risk för att värdena kommer att variera, antagligen högst avsevärt. Fogen är den enskilda faktor (vilket har visat sig i många undersökningar) som har störst inverkan på deformationer av belagda ytor med marksten. Härav följer att det är högst troligt att fogarna också har stor inverkan på ytor av plattor och även på E-modul hos konstruktionen.

Om standarder och provning

Vid provningen användes standarden SS-EN 1339 som gäller för markplattor i betong. Är det då relevant att använda sig av den här standarden vid provning av markplattor i natursten? Då båda materialen liknar varandra och har gemensamma tekniska egenskaper som att de båda har hög tryckhållfasthet så finns det inget som indikerar att standarden inte skulle kunna användas. Vidare tillverkas markprodukter av både sten och betong. De ser i stort likadana ut och har likadant verkningssätt och används för samma ändamål. Inte heller detta talar emot att använda standarden.

Det bör dock understrykas att alla delar i SS-EN 1339 kanske inte är bra att använda vid provning av natursten. Vid genomförda provning tittades bara närmare på den del som berörde trepunktsbelastning och som ligger till grund för trafikklassificering. Övriga provningsmetoder som beskrivs i standarden har inte använts och diskuteras inte vidare här om deras lämplighet för natursten eller ej. Detta avser till exempel beständighetsaspekter där det finns tillämpliga europastandarder för natursten.

Vid provning av natursten används normalt mindre provkroppar som efter standardförfarandet tilldelas sina tekniska egenskaper. Frågan som ställs är om dessa värden för bland annat tryckhållfasthet och böjdraghållfasthet kan relateras till de värden som uppmättes i provundersökningen. En översikt och jämförelse av tekniska egenskaper skulle relativt lätt kunna göras och de stensorter som har liknande egenskaper och sammansättning som Bjärlöv och Flivik skulle då kunna antas fungera även de för samma trafikklasser. I så fall skulle andra stensorter snabbt gå att sätta in i trafikklasser utan att ny omfattande provning skulle behöva genomföras. Om det är möjligt bör det undersökas vidare om, och vad som är relevant att se närmare på, är om det går att räkna fram något nyckeltal för ändamålet. Risk finns att det kan bli ganska omfattande beräkningar då det är svårt att visa på entydiga värden för en provserie. Med detta menas att variationen inom vissa stensorter kanske är för stor för att hitta bra nyckeltal som kan antas stämma mot verkligheten. Men helt klart är att det finns ett stort värde i att undersöka möjligheten.

Om resultaten från provningen

Värdena som uppmättes för brottlaster visade på det enkla logiska resonemanget att högre tjocklek ger högre brottlast. Ger detta automatiskt en högre bärförmåga med högre tjocklek? Svaret är inte alltid lika entydigt.

Bärförmågan hänger ihop med många parametrar. Skulle exempelvis bär- och förstärkningslager utföras undermåligt med fel material eller packningsgrad så är risken stor att ett brott uppstår i konstruktionen tidigare än tänkt och därmed kan man säga att bärförmågan är låg. En högre tjocklek på stenen hade sannolikt bidragit till att det tagit längre tid för brottet att uppstå på grund av dess högre brottlast. Härutav kan man dra slutsatsen att högre tjocklek ger högre bärförmåga.

Vid jämförelse av provresultaten från trepunktsbelastning och fyrapunktsbelastning så blir värdena på brottlasten högre för fyrapunktsbelastning på grund av större lastfördelning över ytan. Likaså ökar även böjdraghållfastheten. Detta visar på att plattan skulle klara mer last om man förutsatte en jämnare lastfördelning.

Det belastningsfall som mest liknar en verklig situation bör vara fyrapunktsbelastningen då det oftast är utbredda laster, typ kontakttryck från hjul, som påverkar och sällan enskilda punktlaster. Plattan förutsätts i verkliga situationer att ligga helt platt mot ett jämnt fördelat sättsandslager och härigenom uppnå en lastspridning över hela ytan som fördelas ned i underliggande lager.

För att uppnå samma värde för brottlasten som för trepunktsbelastning krävs en mindre lastpåföring. Således borde de högre värdena som fyrapunktsbelastningen ger visa på att en tunnare tjocklek skulle kunna användas för dimensionering.

Vilka värden är då mest relevanta att använda sig av? Om man följer standarden SS-EN 1339 och sätter in värdena i de tabeller som finns så uppfylls de krav som är ställda. Med ovan förda resonemang borde man kunna ta värdena från fyrapunktsbelastning och använda sig av dessa. Frågan är om man inte borde tänka om och utforma standarden än mer utifrån hur den verkliga situationen ser ut. I den nya europastandarden för böjdraghållfasthet hos natursten finns möjlighet att prova med både tre- och fyrapunktsbelastning.

Även diskussionen om E-modul styrker ovanstående resonemang. Det talas mycket om att det är just töjningar i lagren som är det viktigaste vid bärighetsberäkningar.

Om resultatet

I resultatredovisningen har indelning skett av markplattor i natursten i olika trafikklasser. Resultaten grundar sig på de anvisningar som tagits fram av betongbranschen. Då förutsättningarna på alla beskrivna punkter är helt identiska oavsett om det är betong eller natursten som är materialet är det fullt tillämpligt att göra som beskrivet.

Resultatet skall ses som en ansats till trafikklassificering av markplattor i natursten. Både Bjärlöv och Flivik granit fick samma indelning trots att provresultaten visar på skillnader. Plattorna med 40 mm tjocklek gick enligt indelning efter tabellvärden upp till trafikklass GC. För plattorna med tjocklek 80 och 120 mm blev högsta trafikklass 1. Att inte högre trafikklasser anges som förslag beror delvis på att inga mer omfattande beräkningar har gjorts härom och att det inte gick att finna tabeller som visade en indelning för högre värden.

Eftersom de erhållna provningsresultaten visar på så pass mycket högre värden än de som fanns att tillgå i befintliga regelverk och rekommendationer borde det inte vara några problem att rekommendera de 80 och 120 mm tjocka plattorna till högre trafikklass, särskilt inte de 120 mm tjocka plattorna. I sådana fall handlar det mer om hur plattor som sådana kommer att fungera som del i denna typ av konstruktion än om plattornas eventuella hållfasthet.

Det bör därför tilläggas att beräkningar helst skall utföras innan sådan rekommendation kan ges. Önskvärt vore att det även utfördes någon form av inventerande undersökning på verkliga trafikytor av plattor för att se hur de är utformade, vilka dimensioner som har använts och om det finns sprickor, brott med mera. Dessa underlag borde tillsammans med beräkningar kunna ge värdefulla resultat som grund för anvisningar och rekommendationer till projektörer inom anläggningsbranschen.

Det man också bör ha i åtanke är vilken typ av trafikklass som representerar en trafikerad yta och vilken typ av ytor som används för just plattor. Är det tillrådligt att lägga plattor av natursten på en väg med 70 km/h som hastighetsbegränsning och tillhör exempelvis trafikclass 2?

Ekonomiskt är det nog inte försvarbart då natursten uppbringat ett högt pris på marknaden jämfört med gängse vägbeläggingsmaterial. Hållfasthetsmässigt tyder författarens undersökningar att det skulle fungera, bara man ser till att verkligen följa de dimensioneringsanvisningar som finns och att alla krav som berör en vägbyggnad uppfylls. Troligen kommer dock inte den här typen av väg beläggas med plattor, estetiskt skulle det se bra ut men åkkomforten skulle inte vara den bästa beroende på alla fogarna.

För en 50- väg i ett mindre samhälle eller i stadsmiljö med mycket trafik har plattytan en större funktion. Den lägre hastigheten gör att man inte känner av fogarna lika mycket och ögat hinner med att uppfatta mönster med mera som kan användas vid plattläggningen.

Den främsta användningen ser dock författaren vara på torgytor och entréer framför större byggnader som teatrar, konserthus eller företagskomplex. Dessa ytor kan vara hårt trafikerade med tung trafik samtidigt som de skall visa upp en fin fasad mot besökare. En plattyta av natursten skulle klara av både kraven på hållfasthet och det estetiska.

Källförteckning

- Burström, Per Gunnar (2001). *Byggnadsmaterial : Uppbyggnad, tillverkning, egenskaper*. Lund: Studentlitteratur.
- Djärf, Lennart, Wiman, Leif G & Carlsson, Håkan (1996). *Dimensionering vid nybyggnad : Utformning av ett användarvänligt mekanistiskt/empiriskt dimensioneringssystem för svenska förhållanden*. Linköping : VTI (Väg och Transportforskningsinstitutet). (VTI Meddelande 778).
- Holgersen, Søren & Dam, Torben (2002). *Befæstelser*. Frederiksberg: Forlaget Grønt Miljø. 2. udgave.
- Hult, Jan (1989). *Bära brista : Grundkurs i hållfasthetslära*. Stockholm: Norstedts förlag. 2. uppl.
- Rehn, Claës (1969). Gatans utformning. I *Gatan : handbok i gatubyggnad*. Stockholm: AB Byggmästarens Förlag. S. 145-95.
- Shackel, Brian (1990). *Design and construction of interlocking concrete block pavements*. Essex: Elsevier Science Publishers Ltd.
- Silfwerbrand, Johan (1995). *Dimensionering av betongbeläggningar*. Stockholm : Kungl. Tekniska Högskolan, Institutionen för byggkonstruktion. (TRITA-BKN. Rapport 9, Byggnadsstatik 1994). 2. uppl.
- Silfwerbrand, Johan (1999). *Markstensbeläggnings bärförmåga : Parameterstudie, jämförelser med utländska alternativ och förslag till dimensioneringsTabeller*. Stockholm : Kungl. Tekniska Högskolan, Institutionen för byggkonstruktion. (Teknisk rapport 1999:18, Brobyggnad).
- Silfwerbrand, Johan (2002). *Beläggningar av prefabricerade betongplattor : nyckeltal och plattprovning*. Stockholm : Kungl. Tekniska Högskolan, Institutionen för byggkonstruktion. (TRITA-BKN. Rapport 66, Brobyggnad 2002).
- SIS (Standardiseringskommissionen i Sverige) (1983a). *Markbeläggningsprodukter : Betongplattor mm*. Svensk Standard : SS 227208. Stockholm: SIS Förlag AB.
- SIS (Standardiseringskommissionen i Sverige) (1983b). *Markbeläggningsprodukter : Böjprovning*. Svensk Standard : SS 227209 Stockholm: SIS Förlag AB.
- SIS (Standardiseringskommissionen i Sverige) (2002a). *Geoteknisk undersökning och provning : Benämning och indelning av jord*. Svensk Standard : SS-EN ISO 14688-1. Stockholm: SIS Förlag AB.
- SIS (Standardiseringskommissionen i Sverige) (2002b). *Provningsmetoder för natursten : Bestämning av böjdraghållfasthet med fyrpunktsbelastning*. Svensk Standard : SS-EN 13161. Stockholm: SIS Förlag AB.

SIS (Standardiseringskommissionen i Sverige) (2003). *Betongmarkplattor : krav- och provningsmetoder*. Svensk Standard : SS-EN 1339. Stockholm: SIS Förlag AB.

SP (Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut) (1991). *Jämförelseprovning av markbeläggningsplattor av skiffer och betong*. Borås: SP avd. Byggnadsteknik. (Rapport 91B3, 3622).

SSF (Sveriges Stenindustriförbund) (2003). Stenkartoteket : svensk natursten. I *En handbok om : Natursten*. Kristianstad : Sveriges Stenindustriförbund.

SSF (Sveriges Stenindustriförbund) (2005). Utemiljö : plattor och hållar. I *En handbok om : Natursten*. Kristianstad : Sveriges Stenindustriförbund. S. 19-31. (Remissutgåva. Under tryckning).

Svensk Markbetong (2002). *Beläggning med plattor och marksten av betong : Projekteringsanvisningar och rekommendationer*. Stockholm: Svenska Kommunförbundet. 2. uppl.

VV (Vägverket) (1994). *Allmän teknisk beskrivning för vägar Väg 94*. VV Publ. 1994:21. Borlänge: Vägverket, Butiken.

VV (Vägverket) (2005). *Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion ATB Väg 2005*. VV Publ. 2005:112. Borlänge: Vägverket, Butiken.

Wäppling, Mattias (2000). *Behaviour of Concrete Block Pavements : Field Tests and Surveys*. Lic.-avh. Stockholm : Kungl. Tekniska Högskolan, Institutionen för byggkonstruktion. (TRI-TA-BKN, Bulletin 61, 2000).

BILAGA 1



Enhet/Department

Byggnadsteknik
Handläggare/Handled by

Lennart Hagnestål

RAPPORT

Datum/Date

1991-11-02
Ert datum/Your date

1 (1)

Beteckning/Reference

91B3,3622
Er referens/Your reference

Hans Svensson

B33622.DOC

SKIFFERBOLAGET
Centrumvägen 55
834 00 BRUNFLO

Jämförelseprovning av skiffer och betong (4 bilagor)

Uppdrag

Provning av markbeläggningsplattor av skiffer och betong.

Märkning

24 skifferplattor av varierande storlek märkta Offerdalskiffer (glimmerskiffer) samt 24 betongplattor märkta St Eriks "Släta Grå Superplattor". Plattornas dimension var 350 x 350 mm. Tjockleken framgår av bilaga 1.

Provtagning

Proven togs ut och sändes till SP genom uppdragsgivarens försorg. SP saknar i övrigt kännedom om provtagningen.

Provningsmetod

Böjprovning enligt SS 22 72 09: Markbeläggningsprodukter - Böjprovning.

Provningsresultat

Provningsresultatet framgår av bilaga 1.

SP
Byggnadsmaterial


Matz Sandström


Björn Schouenborg

Swedish National Testing and Research Institute
Staatliche Materialprüfungs- und Forschungsanstalt • Institut national d'essai des matériaux et de recherches • Statens Provningsanstalt

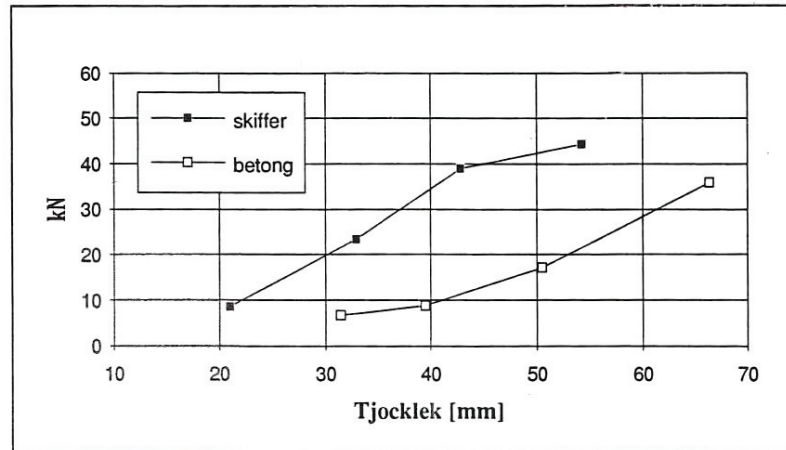
SP 302

Postadress Postai address	Besöksadress Office	Telefon Telephone	Telex Telex	Telex Telex	Bankgiro Bank giro account	Postgiro Postal account
SP Box 857 S-501 15 BORÅS SWEDEN	Västeråsen Brimeliggatan 4 Boras	033-16 50 00 + 46 33 16 50 00	36252 TESTING S	033-13 55 02 + 46 33 13 55 02	715-1053	1 56 82-8

Brottlaster för markplattor av skiffer och betong

	Tjocklek [mm]	kN skiffer	Tjocklek [mm]	kN betong
	22.8	8.5	32.3	7.38
	21.2	9.4	31.5	6.72
	21.6	10.1	30.8	6.18
	20.3	8.4	31.4	6.12
	19.2	6.8	31	7.22
S	1.4	1.2	0.6	0.6
Medelvärde	21.0	8.6	31.4	6.7
	33.3	23.4	39.3	8.88
	33.8	22.8	39.7	8.61
	32.2	23.8	39.7	9.28
	32.4	20.2	39.5	8.85
	33	26.6	39.1	8.4
S	0.7	2.3	0.3	0.3
Medelvärde	32.9	23.4	39.5	8.8
	45	34.6	50.5	15.2
	41.4	37.9	50.4	16.6
	43.6	44.5	50.9	19.97
	42.3	39.7	50.4	14.42
	42.4	38.2	50.2	19.77
S	1.4	3.6	0.3	2.6
Medelvärde	42.9	39.0	50.5	17.2
	51.3	43.7	65.9	36.7
	53.7	40.3	67.1	38.4
	56.5	43.6	66.2	36.9
	53.7	39.2	68.3	35
	55.6	54.6	64.7	33.2
S	54.2	44.3	1.3	2.0
Medelvärde	2.0	6.1	66.4	36.0

Diagram 1: brottlaster för skiffer och betong



**Beräknad brottlast för skiffer utgående ifrån hållfasthet vid
21 mm tjocklek och 300 mm upplagsavstånd**

Tjocklek [mm]	Brottlast kN
10	1.9
20	7.8
30	17.5
40	31.1
50	48.6

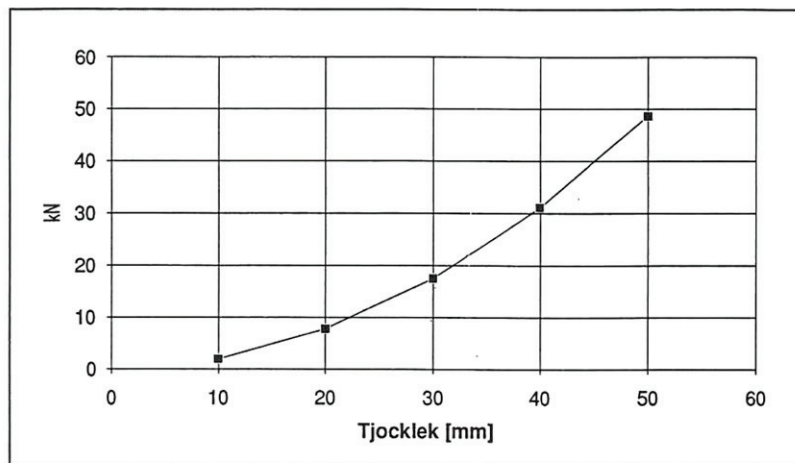
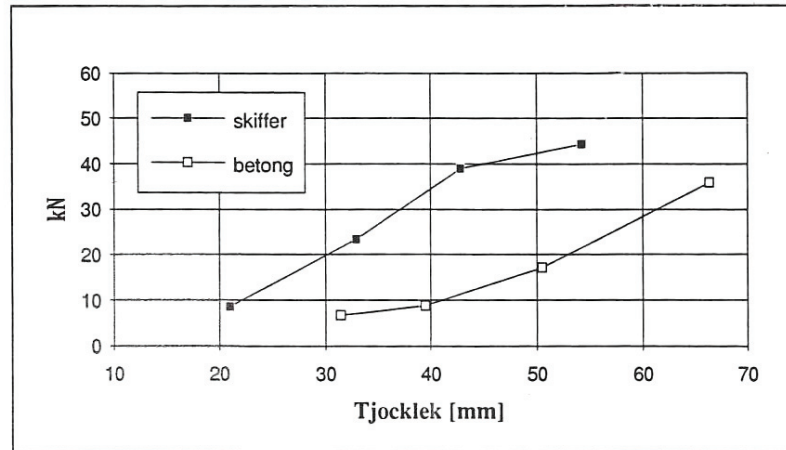
**Diagram 2: Beräknade brottlaster för skiffer
vid varierande tjocklek**

Diagram 1: brottlaster för skiffer och betong



BILAGA 2

Anteckningar från Litet naturstensmöte på SP i Borås 2006-02-08

Närvarande vid mötet var: Björn Schouenborg, Gert-Olof Johansson, Lennart Hagnestål samtliga SP, Kurt Johansson, SSF och Jonas Hansson, SLU. Efter en kort presentation av oss själva och introduktion av examensarbetet diskuterade vi oss fram till hur vi skulle gå till väga för att kunna genomföra en provning.

Vi kom fram till att titta på hur de från betongbranschen gjort vid sin trafikklassificering för markplattor och utgå ifrån detta. Den standard som använts vid deras försök är SS-EN 1339. Kurt kommer att beställa standarden så att jag kan ta del av det som står däri. Vidare skall vi även titta på standard SS-EN 1341 som gäller för provning av markplattor i natursten för utomhusbruk. Vi beslöt oss för att utgå från dessa standarder och de provningsmetoder som finns där med eventuella ändringar som kanske behövs göras för att passa ihop bättre med vår tänkta provning av naturstensplattor.

För att hitta underlag till bestämmandet av trafikklass kommer ATB VÄG 2005 att användas och följa deras rekommendationer.

Provningsmetoden i standarden för betongplattor innebär bland annat att en 3-punktsmetod används för att mäta böjdraghållfasthet i en platta. Enligt Björn är detta kanske inte den bästa metoden då böjdraghållfastheten bara kommer att gälla ett litet avsnitt på mitten av plattan, istället tyckte han att en 4-punktsmetod som ger ett resultat som korrelerar mot större delen av ytans böjdraghållfasthet, skulle ge ett mer rättvisande värde. Vi bestämde oss för att utföra båda provmetoderna för att få en jämförelse av böjdraghållfastheten i båda fallen och för att följa standarden.

Då den kanske mest vanliga plattstorleken i våra hårdgjorda miljöer är 350 x 350 mm bestämde vi oss för att de provkroppar som skall användas även får samma mått. Kurt ringde upp en kollega från stenindustrin och fick reda på att de vanligaste tjocklekarna som görs för plattor och hällar i natursten är 40, 80 och 120 mm. Härutav bestämde vi oss att välja dessa tjocklekar. Alla sidor på provkropparna kommer att vara sågade.

Den stensort som kommer att användas är Flivik Arvidsmåla som tillhandahålls av Emmaboda Granit AB. Att den här stensorten valdes beror på att det tidigare på SP utförts många provningar på just den här sorten, vilket gör att det finns mycket data att tillgå och att det kan vara bra att bygga på ytterligare med nya data. I standarden för betongplattor provas 8 stycken provkroppar, vi bestämde oss för att göra 10 stycken prov då det antalet används i standarden för natursten.

Vi har alltså kommit fram till att genomföra både 3-punktsprovning och 4-punktsprovning med 10 stycken provkroppar i varje tjocklek, alltså sammanlagt 60 stycken provningar.

Björn tyckte att det bästa vore om jag kunde komma upp vid två tillfällen, ett för att lära mig hur provningen går till och hur utrustningen fungerar i samarbete med Anna-Maria Olsson (projektanställd på SP), och ett där jag genomför hela provningen själv med hjälp från SP där så behövs. Preliminärt datum blev satt till måndag vecka 7 för första tillfället, det andra blir när provkropparna kommit fram, antagligen om ca 2-3 veckor.

SP står för handledning, provutrustning och Excelmallar för protokollföring och beräkning av hållfasthet. Stenindustrin för provkropparna. Undertecknad för provningen med hjälp av Gert-Olof och Lennart.

Ämnen som även kom upp under mötets gång för vidare diskussion och kanske att ta med i examensarbetet var att kanske leta efter ett omvandlingsvärde/nyckeltal som kan användas för redan befintliga data på andra stensorter. Går det att interpolera provresultaten och få ett korrekt resultat mellan exempelvis tjocklekar? Kurt nämnde också att det tidigare gjorts en jämförelse mellan betong och skiffer i böjdraghållfasthet. Detta var dock ett beställningsuppdrag från ett privat företag och det kanske kan bli svårt att få tag i den rapporten. Kurt jobbar vidare med det hela och det kan kanske ge intressanta jämförelser med vår provning.

På mötet diskuterades det sedan vidare om andra pågående projekt om natursten, bland annat ett större projekt som heter I-STONE. Anteckningar om detta har ej förts då det inte är relevant för detta arbete. Däremot kan nämnas att det var intressant att sitta med och få lite mer info om vad som pågår inom SP.

TILLÄGG

Dagen efter (2006-02-09) ringde Kurt upp mig och frågade om det var ok att göra samma test även för Bjärlöv granit och givetvis gick det bra. Nu kommer alltså provningen att bestå av sammanlagt 120 stycken prov, 60 stycken av vardera stensort

BILAGA 3

Böjdraghållfasthet, 3-punktsbelastning

Provningsmetod:	SS EN 1339
Diameter belastningslinjaler:	42 mm
Belastningshastighet:	3 mm/min
Belastningsriktning:	
Upplagsavstånd (5*h):	

Uppdrag:	Examensarbete
Datum:	2006-03-06
Utfört av:	Jonas Hansson

Providentitet	Längd (mm)	Bredd (mm)	Höjd (mm)	Vikt (g)	Densitet (g/cm ³)	Upplagslängd (mm)	Brottlast (N)	Böjdraghållfasthet (MPa)
A1	352	350	40,78		0,000	300	18300	14,1
A2	354	351	41		0,000	300	22100	16,9
A3	352	351	40,61		0,000	300	18400	14,3
A4	351	351	40,86		0,000	300	18000	13,8
A5	352	351	40,64		0,000	300	18500	14,4
A6	354	351	40,96		0,000	300	22900	17,5
A7	352	351	40,88		0,000	300	23000	17,6
A8	351	351	40,86		0,000	300	18900	14,5
A9	351	351	40,8		0,000	300	23000	17,7
A10	351	351	40,49		0,000	300	25600	20,0
Medelvärde	352	350,9	40,788		0	300	20870	16,1
Standardavv	1,15470054	0,31622777	0,16191905		0	0	2739	2,1

Böjdraghållfasthet, 3-punktsbelastning

Provningsmetod:	SS EN 1339
Diameter belastningslinjaler:	42
Belastningshastighet:	3 mm/min
Belastningsriktning:	
Upplagsavstånd (5*h):	

Uppdrag:	Examensarbete
Datum:	2006-03-06
Utfört av:	Jonas Hansson

Providentitet	Längd (mm)	Bredd (mm)	Höjd (mm)	Vikt (g)	Densitet (g/cm ³)	Upplagslängd (mm)	Brottlast (N)	Böjdraghållfasthet (MPa)
B1	351	352	84,22		0,000	300	87900	15,8
B2	351	351	83,95		0,000	300	87100	15,8
B3	351	352	84,23		0,000	300	72900	13,1
B4	351	351	83,26		0,000	300	74100	13,7
B5	351	352	82,38		0,000	300	95200	17,9
B6	351	350	83,65		0,000	300	98300	18,1
B7	350	351	82,59		0,000	300	66800	12,6
B8	352	352	82,16		0,000	300	94500	17,9
B9	352	352	81,89		0,000	300	88500	16,9
B10	351	352	82,23		0,000	300	97100	18,4
Medelvärde	351,1	351,5	83,056		0	300	86240	16,0
Standardavv	0,56764621	0,70710678	0,90955667		0	0	11174	2,2

Böjdraghållfasthet, 3-punktsbelastning

Provningsmetod:	SS EN 1339
Diameter belastningslinjaler:	40 mm
Belastningshastighet:	8 mm/min
Belastningsriktning:	
Upplagsavstånd (5*h):	

Uppdrag:	Examensarbete
Datum:	2006-03-06
Utfört av:	Jonas Hansson

Providentitet	Längd (mm)	Bredd (mm)	Höjd (mm)	Vikt (g)	Densitet (g/cm ³)	Upplagslängd (mm)	Brottlast (N)	Böjdraghållfasthet (MPa)
C1	351	351	118,8		0,000	300	190500	17,3
C2	353	351	118,23		0,000	300	175300	16,1
C3	352	351	122,98		0,000	300	184300	15,6
C4	353	351	122,13		0,000	300	175700	15,1
C5	351	352	123,6		0,000	300	205400	17,2
C6	351	353	124,4		0,000	300	193500	15,9
C7	352	352	124,7		0,000	300	197500	16,2
C8	352	351	122,99		0,000	300	188400	16,0
C9	352	351	123,77		0,000	300	190400	15,9
C10	351	350	122,56		0,000	300	195900	16,8
Medelvärde	351,8	351,3	122,416		0	300	189690	16,2
Standardavv	0,78881064	0,8232726	2,20444601		0	0	9402	0,7

Böjdraghållfasthet, 3-punktsbelastning

Provningsmetod:	SS EN 1339
Diameter belastningslinjaler:	42 mm
Belastningshastighet:	3 mm/min
Belastningsriktning:	
Upplagsavstånd (5*h):	

Uppdrag:	Examensarbete
Datum:	2006-03-06
Utfört av:	Jonas Hansson

Providentitet	Längd (mm)	Bredd (mm)	Höjd (mm)	Vikt (g)	Densitet (g/cm ³)	Upplagslängd (mm)	Brottlast (N)	Böjdraghållfasthet (MPa)
D11	351	351	44,66		0,000	300	25800	16,6
D12	349	349	41,46		0,000	300	25200	18,9
D13	350	349	43,01		0,000	300	25200	17,6
D14	349	352	43,87		0,000	300	19900	13,2
D15	351	351	44,71		0,000	300	21500	13,8
D16	351	350	41,37		0,000	300	22300	16,8
D17	350	351	43,02		0,000	300	21100	14,6
D18	351	351	45,11		0,000	300	20500	12,9
D19	350	349	41,84		0,000	300	20400	15,0
D20	351	350	43,08		0,000	300	20200	14,0
Medelvärde	350,3	350,3	43,213		0	300	22210	15,3
Standardavv	0,8232726	1,05934991	1,36691095		0	0	2312	2,0

Böjdraghållfasthet, 3-punktsbelastning

Provningsmetod:	SS EN 1339
Diameter belastningslinjaler:	42 mm
Belastningshastighet:	3 mm/min
Belastningsriktning:	
Upplagsavstånd (5*h):	

Uppdrag:	Examensarbete
Datum:	2006-03-06
Utfört av:	Jonas Hansson

Providentitet	Längd (mm)	Bredd (mm)	Höjd (mm)	Vikt (g)	Densitet (g/cm ³)	Upplagslängd (mm)	Brottlast (N)	Böjdraghållfasthet (MPa)
E1	351	350	80,07		0,000	300	71400	14,3
E2	351	351	79,85		0,000	300	46600	9,4
E3	349	349	79,31		0,000	300	52800	10,8
E4	349	350	79,29		0,000	300	48400	9,9
E5	351	352	81,49		0,000	300	55200	10,6
E6	351	352	81,29		0,000	300	72700	14,1
E7	351	351	79,79		0,000	300	73100	14,7
E8	351	351	81,2		0,000	300	55800	10,8
E9	350	351	79,43		0,000	300	71100	14,4
E10	351	351	76,51		0,000	300	68000	14,9
Medelvärde	350,5	350,8	79,823		0	300	61510	12,4
Standardavv	0,84983659	0,91893658	1,43633832		0	0	10718	2,3

Böjdraghållfasthet, 3-punktsbelastning

Provningsmetod:	SS EN 1339
Diameter belastningslinjaler:	40 mm
Belastningshastighet:	8 mm/min
Belastningsriktning:	
Upplagsavstånd (5*h):	

Uppdrag:	Examensarbete
Datum:	2006-03-06
Utfört av:	Jonas Hansson

Providentitet	Längd (mm)	Bredd (mm)	Höjd (mm)	Vikt (g)	Densitet (g/cm ³)	Upplagslängd (mm)	Brottlast (N)	Böjdraghållfasthet (MPa)
F11	351	345	123,89		0,000	300	206100	17,5
F12	350	350	123,51		0,000	300	194500	16,4
F13	350	351	123,86		0,000	300	119700	10,0
F14	351	350	123,38		0,000	300	212800	18,0
F15	350	351	123,57		0,000	300	191500	16,1
F16	349	352	124		0,000	300	210500	17,5
F17	351	350	123,87		0,000	300	172200	14,4
F18	350	351	123,76		0,000	300	212900	17,8
F19	349	349	123,76		0,000	300	219300	18,5
F20	348	350	123,8		0,000	300	207800	17,4
Medelvärde	349,9	349,9	123,74		0	300	194730	16,4
Standardavv	0,99442893	1,91195072	0,19356308		0	0	29734	2,5

BILAGA 4

Böjdraghållfasthet, 4-punktsbelastning

Provningsmetod:	SS EN 13161
Diameter belastningslinjaler:	42 mm
Belastningshastighet:	0,25 MPa/s
Belastningsriktning:	
Upplagsavstånd (5*h):	

Uppdrag:	Examensarbete
Datum:	2006-03-06
Utfört av:	Jonas Hansson

Providentitet	Längd (mm)	Bredd (mm)	Höjd (mm)	Vikt (g)	Densitet (g/cm ³)	Upplagslängd (mm)	Brottlast (N)	Böjdraghållfasthet (MPa)
A11	351	351	40,77		0,000	300	25870	20,0
A12	352	351	40,69		0,000	300	24450	18,9
A13	351	351	40,7		0,000	300	31300	24,2
A14	352	351	40,85		0,000	300	32120	24,7
A15	352	351	40,42		0,000	300	29780	23,4
A16	352	352	40,45		0,000	300	37600	29,4
A17	352	351	40,52		0,000	300	32590	25,4
A18	351	350	40,82		0,000	300	32820	25,3
A19	351	351	40,73		0,000	300	25600	19,8
A20	351	351	40,51		0,000	300	36190	28,3
Medelvärde	351,5	351	40,646		0	300	30832	23,9
Standardavv	0,52704628	0,47140452	0,1574237		0	0	4438	3,5

Böjdraghållfasthet, 4-punktsbelastning

Provningsmetod:	SS EN 13161
Diameter belastningslinjaler:	40 mm
Belastningshastighet:	8 mm/min
Belastningsriktning:	
Upplagsavstånd (5*h):	

Uppdrag:	Examensarbete
Datum:	2006-03-06
Utfört av:	Jonas Hansson

Providentitet	Längd (mm)	Bredd (mm)	Höjd (mm)	Vikt (g)	Densitet (g/cm ³)	Upplagslängd (mm)	Brottlast (N)	Böjdraghållfasthet (MPa)
B11	351	351	82,09		0,000	300	115200	21,9
B12	351	351	81,15		0,000	300	133500	26,0
B13	352	351	83,95		0,000	300	132300	24,1
B14	352	352	82,79		0,000	300	106800	19,9
B15	351	352	82,02		0,000	300	132500	25,2
B16	352	351	81,18		0,000	300	121700	23,7
B17	351	351	81,24		0,000	300	107400	20,9
B18	352	352	83,85		0,000	300	113300	20,6
B19	352	351	81,67		0,000	300	132700	25,5
B20	352	351	81,1		0,000	300	131000	25,5
Medelvärde	351,6	351,3	82,104		0	300	122640	23,3
Standardavv	0,51639778	0,48304589	1,08734335		0	0	11087	2,3

Böjdraghållfasthet, 4-punktsbelastning

Provningsmetod:	SS EN 13161
Diameter belastningslinjaler:	40 mm
Belastningshastighet:	8 mm/min
Belastningsriktning:	
Upplagsavstånd (5*h):	

Uppdrag:	Examensarbete
Datum:	2006-03-06
Utfört av:	Jonas Hansson

Providentitet	Längd (mm)	Bredd (mm)	Höjd (mm)	Vikt (g)	Densitet (g/cm ³)	Upplagslängd (mm)	Brottlast (N)	Böjdraghållfasthet (MPa)
C11	352	351	122,3		0,000	300	249100	21,4
C12	351	351	125,28		0,000	300	276500	22,6
C13	352	351	126,9		0,000	300	261300	20,8
C14	352	353	126,06		0,000	300	269200	21,6
C15	352	351	123,83		0,000	300	226600	18,9
C16	352	352	127,28		0,000	300	253300	20,0
C17	351	351	124,18		0,000	300	254400	21,2
C18	351	353	127,75		0,000	300	256900	20,1
C19	351	352	124,22		0,000	300	255100	21,1
C20	352	351	127,19		0,000	300	249400	19,8
Medelvärde	351,6	351,6	125,499		0	300	255180	20,7
Standardavv	0,51639778	0,84327404	1,82021641		0	0	13262	1,1

Böjdraghållfasthet, 4-punktsbelastning

Provningsmetod:	SS EN 13161
Diameter belastningslinjaler:	42 mm
Belastningshastighet:	0,25 MPa/s
Belastningsriktning:	
Upplagsavstånd (5*h):	

Uppdrag:	Examensarbete
Datum:	2006-03-06
Utfört av:	Jonas Hansson

Providentitet	Längd (mm)	Bredd (mm)	Höjd (mm)	Vikt (g)	Densitet (g/cm ³)	Upplagslängd (mm)	Brottlast (N)	Böjdraghållfasthet (MPa)
D1	351	349	44,66		0,000	300	31700	20,5
D2	350	348	41,46		0,000	300	28350	21,3
D3	350	350	43,01		0,000	300	28010	19,5
D4	349	352	43,87		0,000	300	36350	24,1
D5	351	350	44,71		0,000	300	35570	22,9
D6	351	348	41,37		0,000	300	25610	19,3
D7	352	350	43,02		0,000	300	28840	20,0
D8	351	351	45,11		0,000	300	36080	22,7
D9	351	349	41,84		0,000	300	26310	19,4
D10	352	350	43,08		0,000	300	30590	21,2
Medelvärde	350,8	349,7	43,213		0	300	30741	21,1
Standardavv	0,91893658	1,25166556	1,36691095		0	0	4041	1,7

Böjdraghållfasthet, 4-punktsbelastning

Provningsmetod:	SS EN 13161
Diameter belastningslinjaler:	40 mm
Belastningshastighet:	8 mm/min
Belastningsriktning:	
Upplagsavstånd (5*h):	

Uppdrag:	Examensarbete
Datum:	2006-03-06
Utfört av:	Jonas Hansson

Providentitet	Längd (mm)	Bredd (mm)	Höjd (mm)	Vikt (g)	Densitet (g/cm ³)	Upplagslängd (mm)	Brottlast (N)	Böjdraghållfasthet (MPa)
E11	351	351	76,87		0,000	300	65500	14,2
E12	350	351	76,79		0,000	300	96100	20,9
E13	351	350	76,64		0,000	300	66500	14,6
E14	352	350	79,23		0,000	300	100200	20,5
E15	350	352	76,66		0,000	300	60000	13,1
E16	350	351	81,48		0,000	300	101200	19,5
E17	352	352	80,63		0,000	300	83700	16,5
E18	352	350	80,17		0,000	300	70500	14,1
E19	351	350	76,68		0,000	300	96500	21,1
E20	351	351	76,51		0,000	300	96600	21,2
Medelvärde	351	350,8	78,166		0	300	83680	17,6
Standardavv	0,81649658	0,78881064	1,98108388		0	0	16417	3,4

Böjdraghållfasthet, 4-punktsbelastning

Provningsmetod:	SS EN 13161
Diameter belastningslinjaler:	40 mm
Belastningshastighet:	8 mm/min
Belastningsriktning:	
Upplagsavstånd (5*h):	

Uppdrag:	Examensarbete
Datum:	2006-03-06
Utfört av:	Jonas Hansson

Providentitet	Längd (mm)	Bredd (mm)	Höjd (mm)	Vikt (g)	Densitet (g/cm ³)	Upplagslängd (mm)	Brottlast (N)	Böjdraghållfasthet (MPa)
F1	350	349	124,12		0,000	300	270500	22,6
F2	350	351	123,78		0,000	300	135300	11,3
F3	350	351	124,19		0,000	300	205300	17,1
F4	350	351	123,98		0,000	300	219200	18,3
F5	350	351	124,25		0,000	300	234500	19,5
F6	346	351	123,91		0,000	300	238600	19,9
F7	351	348	123,82		0,000	300	262000	22,1
F8	346	351	124,03		0,000	300	246500	20,5
F9	347	350	124		0,000	300	238900	20,0
F10	351	351	123,57		0,000	300	238400	20,0
Medelvärde	349,1	350,4	123,965		0	300	228920	19,1
Standardavv	1,9692074	1,0749677	0,20435535		0	0	37806	3,2