
NCC Roads Sverige

FoU Asfalt

FLEXIBLA VÄGAR MED LÅNG DIMENSIONERANDE LIVSLÄNGD – FÖRSLAG PÅ PROVVÄGKONSTRUKTIONER



Robert Lundström

Rapport: 2005-15

SBUF-projekt 11530

Distribution: FRI

FÖRORD

Föreliggande rapport utgör andra delen i den första etappen av ett SBUF (Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond)-finansierat projekt - Dimensionering av asfaltväg med lång livslängd. Rapporten har sammanställts av Robert Lundström, NCC Roads AB.

Projektledare för projektet är Nils Ulmgren och Robert Lundström, NCC Roads AB. I projektets styr- och referensgrupp ingår förutom projektledarna även Leif G Wiman, VTI, Roger Nilsson, Skanska Asfalt och Betong AB, Jesper Elsander, Vägverket och Sven Fahlström, Nynäs AB.

Stockholm, 2005-11-30



Nils Ulmgren

Sammanfattning

Syftet med föreliggande rapport är att exemplifiera och ta fram förslag på typsektioner till en provväg där konceptet vägar med lång dimensionerande livslängd, LLP, kan utvärderas för svenska förhållanden. Utgångspunkten för rapporten bygger i stora drag kring de rekommendationer som gavs i SBUF-litteraturreporten "Flexibla vägar med lång dimensionerande livslängd – en litteraturstudie" (Lundström, 2005). Förslagen i litteraturstudien har i denna rapport konkretiserats till att omfatta följande rekommendationer:

- Som föremål för provsträckor föreslås motorväg med relativt hög dimensionerande trafikmängd.
- Av den totala motorvägens längd önskas tre provsträckor om vardera 400 m. Av dessa provsträckor utgör en referenssträcka (konstruktion helt enligt ATB VÄG för aktuell trafikmängd) och två LLP-sträckor.
- I denna rapport förordas att en LLP-sträcka utförs med bitumenbundna material enligt ATB VÄG medan den andra utförs med alternativa, s.k. innovativa, material.

Slutligen ges rekommendationer på hur teknisk livslängd och nedbrytning kan utvärderas för en provväg, vilken typ av provning som kan vara aktuell samt vilka kostnader provningen kan innebära. Sammanfattningsvis bedöms uppföljningen kosta i storleksordningen 1,5 MKr under en tioårsperiod.

Flexibla vägar med lång dimensionerande livslängd - Förslag på provvägskonstruktioner

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	<i>Inledning</i>	4
2	<i>Typsektioner</i>	4
2.1	Referenskonstruktion	4
2.2	LLP-konstruktion 1	5
2.3	LLP-konstruktion 2	6
3	<i>Dimensionering</i>	6
3.1	Dimensionering mot utmattning	8
3.2	Dimensionering mot spårbildning	8
4	<i>Krav på materiallagers funktionella egenskaper och utförande</i>	9
4.1	Undergrund och obundna lager	9
4.1.1	Underbyggnad	9
4.1.2	Obundet bärlager	9
4.2	Bitumenbundna lager	9
4.2.1	Bundet bärlager	10
4.2.2	Bitumenbundet bindlager	10
4.2.3	Bitumenbundet slitlager.....	10
5	<i>Utvärdering och provning</i>	11
5.1	Teknisk livslängd och nedbrytning	11
5.1.1	Laboratieprovning av bitumenbundna material	11
5.1.2	Uppföljning i fält	11
5.2	Uppskattning av provningskostnader	12
5.2.1	Kostnadsuppskattning för laboratieprovning	13
5.2.2	Kostnader för instrumentering och uppföljningar i fält.....	13
6	<i>Referenser</i>	13

1 INLEDNING

Traditionellt sett har flexibla asfaltvägar konstruerats för relativt korta livslängder jämfört med styva betongvägar eftersom de förra anses utsättas för relativt snabb strukturell nedbrytning. Nyligen genomförda studier, främst i Storbritannien och USA, har indikerat att kraftiga och väldimensionerade asfaltvägar inte uppvisar strukturell nedbrytning i form av utmattningsprickor eller spår. Nedbrytningen av dessa vägar begränsas i stället till beläggningens överyta i form av nötningsslitage och ytinitierad sprickbildning. Slutsatserna från uppföljningarna har lett till konceptet: *Vägar med lång livslängd, LLP* ("Long-Life Pavements"). LLP-konceptet karakteriseras av ambitionen att utforma och bygga vägar för väsentligt längre livslängder och där underhållsåtgärder för strukturell nedbrytning i princip inte behövs. Konkret bygger LLP-konceptet på att utföra bättre vägar genom kraftigare dimensionerade konstruktioner, byggda med bättre material samt med högre ställda funktions- och utförandekrav än normalt. När underhållsåtgärder begränsas till att omfatta regelbundna slitlagerbyten kan konstruktionernas livscykelkostnader avsevärt minskas jämfört med dagens traditionella vägkonstruktioner.

Syftet med föreliggande rapport är att exemplifiera och ta fram förslag på typsektioner till en provväg där LLP-konceptet kan utvärderas för svenska förhållanden. Rapporten bygger i stora drag på de rekommendationer som gavs i SBUF-rapporten "Flexibla vägar med lång dimensionerande livslängd – en litteraturstudie" (Lundström, 2005). Föreliggande rapport tar vid där nämnda rapport avslutades, d.v.s. med en rekommendation för hur konceptet kan implementeras och demonstreras i Sverige. Förslagen i litteraturstudien har i denna rapport konkretiserats till att omfatta följande rekommendationer:

- Som föremål för provsträckor föreslås motorväg med relativt hög dimensionerande trafikmängd.
- Av den totala motorvägens längd önskas åtminstone tre provsträckor om vardera 400 m. Av dessa provsträckor utgör en referenssträcka (konstruktion helt enligt ATB VÄG för aktuell trafikmängd) och två LLP-sträckor.
- I denna rapport förordas att en LLP-sträcka utförs med bitumenbundna material enligt ATB VÄG medan den andra utförs med alternativa, s.k. innovativa, material.

Lämpligt objekt anses kunna väljas när tillfälle ges.

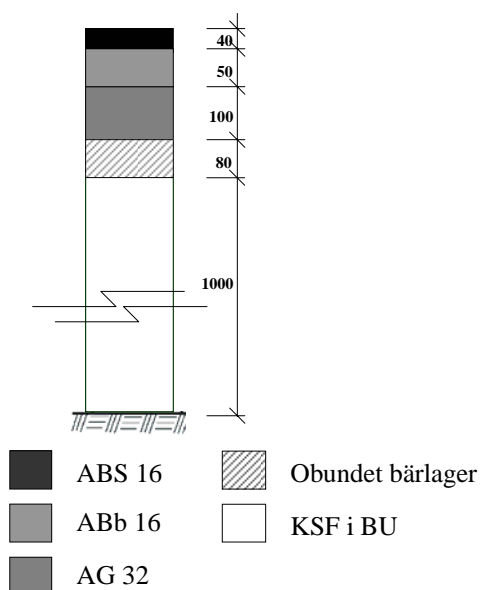
2 TYPSEKTIONER

Generellt sett bör vägkonstruktionernas uppbyggnad, d.v.s. beläggning, obunden överbyggnad, underbyggnad och eventuell undergrunds förstärkning, i första hand utgå ifrån väglinjens förutsättningar. Den bitumenbundna delen av överbyggnaden bör generellt bestå av ett trelagerssystem med slit-, bind-, och bärlager, där varje lager konstrueras och utförs på ett sådant sätt att deras respektive huvuduppgifter uppfylls (se kapitel 4). Till skillnad från referenskonstruktionen avviker LLP-konstruktionerna från krav och rekommendationer i ATB VÄG. Exempelvis bör utförandet ske med så hög kvalitet som möjligt t.ex. genom att kritiska utförandemoment i samband med beläggningssfogar och lastbyten, särskilt bevakas. Utförande av obundna lager och undergrund bör fortgående kontrolleras med någon form av bärighetsmätning. Exempelvis kan bärighetskontroll utföras med yttäckande packningskontroll (YPK) eller packningsmätning där kraven för LLP-konstruktionerna ställs högre än de som föreskrivs i ATB VÄG.

2.1 REFERENSKONSTRUKTION

Referenskonstruktionen (figur 1) kan tänkas utgöras av en relativt vanlig konstruktion bestående av tre bitumenbundna standardmassor ovanpå ett relativt tunt obundet bärlager och en lätt bergbank, bestående av krossad sprängstensfyllning i bergunderbyggnad (KSF i BU).

Referenskonstruktion

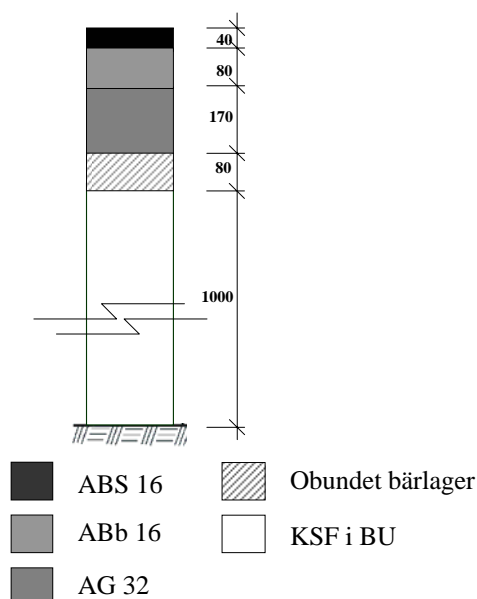


Figur 1. Typsektion för referenskonstruktioner.

2.2 LLP-KONSTRUKTION 1

Den första LLP-konstruktionen är dimensionerad för betydligt längre livslängd än referenskonstruktionen och är uppbyggd med samma material. Dimensioneringen har genomförts med ATB VÄG/PMS Objekt och en antagen trafikbelastning om 100 miljoner standardaxlar över 40 år. Till skillnad från referenskonstruktionen med tillhörande krav enligt ATB VÄG kommer LLP-konstruktion 1 att beröras av högre krav vad gäller utförande och vissa funktionella egenskaper (se avsnitt 4).

LLP-konstruktion 1

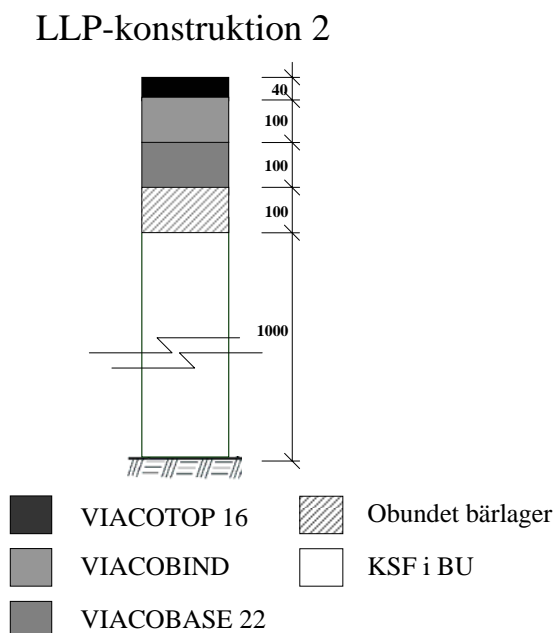


Figur 2. Typsektion för LLP-konstruktion 1.

2.3 LLP-KONSTRUKTION 2

Dimensioneringen av denna LLP-konstruktion utgår ifrån samma trafiklast och utförandekrav som LLP-konstruktion 1. För LLP-konstruktion 2 avses dock att så långt som möjligt förbättra de bundna materialens funktionella egenskaper på ett sådant sätt att dessa skall vara bättre än de traditionella bitumenbundna material som används på referens- och LLP-konstruktion 1 (enligt ATB VÄG).

Exemplet för LLP-konstruktion 2 i denna rapport bygger till stora delar på erfarenheter från Vägverkets provväg vid Fastarp-Heberg (Wiman, 2002), den konstruktion som i Sverige är mest lik en LLP. Referenskonstruktionen och LLP-konstruktion 1 utförs med traditionella bitumenbundna lager helt enligt ATB VÄG medan LLP-konstruktion 2 avses utföras med alternativa, eller innovativa, asfaltmassor. Som exempel på alternativa bitumenbundna material kan NCCs VIACO-produkter nämnas, vilka är framtagna för att ge lång livslängd och låga underhållskostnader. Material som är identiska med dem i figur 3 ligger sedan 8 år på Vägverkets provväg, E6 Fastarp-Heberg, och uppvisar enligt VTIs regelbundna mätningar bättre prestanda än motsvarande traditionella material. De olika bitumenbundna materialen i LLP-konstruktion 2 skall var och ett uppvisa bättre funktionella egenskaper än motsvarande material i LLP-konstruktion 1 (d.v.s. än kraven i ATB VÄG).



Figur 3. Typsektioner för LLP-konstruktion 2.

3 DIMENSIONERING

Dimensioneringen av respektive konstruktion (figurer 1-3) är baserad på beräkningsmodulen i PMS Objekt. Dimensioneringen av referenskonstruktionen förutsätter 25 miljoner standardaxlar (MSA) över 20 år. LLP-konstruktionerna är båda dimensionerade för trafiklast om 100 MSA över 40 år. Vid beräkningarna förutsätts konstruktionerna ligga i klimatzon 1.

För beräkningen av LLP-konstruktionerna förekommer några smärre avvikelser från skrivningar i ATB VÄG. Dessa avvikelser anses endast vara av formell betydelse eftersom alla konstruktionerna i allt väsentligt kan betraktas som konventionella (relativt normala material och lagerföljder samt avviker främst från konventionella konstruktioner vad gäller lagertjocklekar och bitumenbundna material). Det bör också kommas ihåg att ATB VÄG endast är ett av många internationella dimensionerings-

verktyg vilket innebär att man i och för sig skulle kunna ha använt andra dimensioneringsmetoder. Det är dock författarens uppfattning att regelverket ATB VÄG i så stor utsträckning som möjligt bör användas i detta fall eftersom rimligheten hos konstruktionslösningar lättare kan bedömas utifrån detta regelverk jämfört med om nya, oprövade, dimensioneringsmetoder skulle användas. Livslängdsberäkningarna som legat till grund för dimensioneringen av LLP-konstruktionerna omfattar följande antaganden:

- Styvhetsmodulvärden (indata vid bärlighetsberäkningen) för VIACO-produkterna har erhållits från laboratorieprovning på borrkärnor utförda av Statens Väg- och Transportforskningsinstitut, VTI. Resultaten härstammar från Vägverkets provväg på E6 vid Fastarp-Heberg vilka detaljredovisas i bl.a. Viman & Eriksson (1997) och Wiman (2002)
- Livslängden avseende utmattningssprickor har genomgående utförts enligt det s.k. modifierade Kingham-kriteriet (ekvation C3.4-3 i ATB VÄG).
- Inverkan av eventuellt bättre utförande (jämför kapitel 4) har inte beaktats vid dimensioneringen.

Dimensioneringsresultaten för de tre olika konstruktionerna återfinns i tabell 1. Som indikeras uppvisar LLP-konstruktionerna i storleksordningen 5 ggr så lång livslängd som referenskonstruktionen både vad gäller utmattningssprickor som spårbildning.

Tabell 1. Resultat från dimensioneringen

	Livslängd (MSA ₁₀₀)		Krav (MSA ₁₀₀)	
	Utmattning	Spårbildning	Utmattning	Spårbildning
Referens	51	55	25	50
LLP-1	312	245	100	200
LLP-2	294	245	100	200

I tabell 2 redovisas beräknade töjningsnivåer för de olika årstiderna och respektive konstruktion. Maximala töjningar i underkant beläggning för LLP-konstruktionerna understiger på sommaren 100×10^{-6} m/m medan vertikala töjningar på övre terrassyta blir 162×10^{-6} m/m för bägge konstruktionerna. Töjningsnivåerna i underkant beläggning förefaller höga om man jämför med maximumkriterier som föreslagits i litteraturen (t.ex. 50, 60 och 70×10^{-6} m/m för utmattning). Dessa maximumkriterier baseras dock på laboratorieprovningresultat där föreslagen töjningsnivå anses representera någon form av tröskelvärde för nedbrytning. Dessa tröskelvärden beror dock i hög grad på provningsbetingelser bl.a. typ av provningsutrustning, använd belastningsfrekvens och provningstemperatur. Det är därför sannolikt att något generellt värde för dragtöjning i underkant beläggning för en riktig väg inte finns, och även om så vore fallet bör ett sådant värde sannolikt vara materialrelaterat. Ett rimligt värde för svenska förhållanden och dimensioneringsmetodik torde i så fall ligga kring 100×10^{-6} m/m för underkant beläggning medan 170×10^{-6} m/m för överkant terrassyta.

Tabell 2. Beräknade töjningar för de tre konstruktionerna

Konstruktion	Kriterium	Vinter	Tjälvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
Referens	Töjning UK beläggning	50	67	65	68	131	67
	Töjning ÖK terrass	137	106	130	148	230	159
LLP-1	Töjning UK beläggning	31	40	40	43	93	49
	Töjning ÖK terrass	79	62	77	90	162	98
LLP-2	Töjning UK beläggning	32	44	44	43	95	45
	Töjning ÖK terrass	86	68	84	92	162	95

I alla tre fallen har terrassytan definieras som överkant lätt bergbank. I princip bör bidraget från bergbankens bärighet inklusive undergrunden beaktas vid beräkningen. Detta gäller särskilt i fall där bergbanken underlagras av terrassmaterial med hög bärighet eller där terrassstabilisering genomförts. Detta har dock inte gjorts i detta fall.

3.1 DIMENSIONERING MOT UTMATTNING

Den bitumenbundna delen av referenskonstruktionens överbyggnad består av ett traditionellt slitlager (ABS 16), ett bindlager (ABb 16) och ett relativt tjockt bitumenbundet bärlager (AG 32). Vad författaren till denna rapport känner till så finns det inga enkla utmattningssamband för andra flexibla vägar än de traditionella med bärlager av typen AG (bindemedel 160/220). För sådana konventionella vägar kan det s.k. modifierade Kingham-kriteriet i avsnitt C3.4.1 i ATB VÄG användas. Andra material är hänvisade till empiriska ekvationer i avsnitt C5.2 eller till mätning av utmattningsegenskaper med laborieprovning.

I denna rapport rekommenderas att man i detta avseende nöjer sig med den befintliga dimensioneringsmetodiken för flexibla vägar (ATB VÄG/PMS Objekt). Egentligen bör utmattninglivslängden för en given konstruktion beräknas utifrån resultat från utmattningsprovning av aktuellt bärlager i laboratorium, varför endast referenskonstruktionen strikt tolkat bör vara aktuell. LLP-konstruktion 1 är betydligt kraftigare än de vägar som ligger till grund för empirin i Kingham-kriteriet. Att använda de empiriska ekvationerna i avsnitt C5.2 kan även det medföra problem eftersom dessa är tveksamma att använda på material andra än AG-massor. Ekvationerna bör med andra ord inte användas för innovativa bärlagermaterial i LLP-konstruktion 2 (empiriska ekvationer skall inte användas på andra material än sådana som de upprättats för). Eftersom omfattande provningsresultat på material andra än traditionella AG-massor för närvarande saknas, har livslängdsberäkningen gjorts avseende på det s.k. Kingham-kriteriet. Denna beräkning anses kunna användas eftersom det innovativa bärlagermaterialet antas uppvisa bättre utmattningsegenskaper än AG, d.v.s. dimensioneringen är på säkra sidan (konservativ). Även om inte utmattningsegenskaper finns att tillgå a-priori vid dimensioneringen så avses dessa egenskaper fastställas i samband med trafikpåsläpp. När det innovativa bärlagrets (se figur 3) utmattningsegenskaper fastställts kan utmattninglivslängderna konstruktionerna emellan beräknas. I detta fall kan man utgå ifrån att den dimensionerande livslängden för LLP-konstruktion 2 väsentligt kommer att öka relativt referenskonstruktionen och LLP-konstruktion 1.

3.2 DIMENSIONERING MOT SPÅRBILDNING

Förhållandena på plats förutsätts, i denna rapport, motsvara undergrundstyp 2 (grovkornig jord). Detta antagande har i princip ingen inverkan på konstruktionens dimensionerande livslängd eftersom alla konstruktionerna (se avsnitt 2.1) förutsätts uppförda på lätt bergbank. I likhet med nedbrytningssambandet för utmattningssprickor (se avsnitt 3.1) bör nedbrytningssambandet för terrassytan bero på överbyggnads och undergrunds respektive beskaffenhet och interaktion. I denna rapport rekommenderas att man även i detta avseende nöjer sig med den befintliga dimensioneringsmetodiken för flexibla vägar (ATB VÄG/PMS Objekt).

Den totala tjockleken på obundna material bör som idag i princip styras av undergrundens beskaffenhet och omgivningens klimatförhållanden så att riskerna för tjälskador minimeras. För att relativt svaga undergrunder skall kunna användas kan olika former av terrassstabiliseringar, t.ex. cementstabilisering, tänkas utnyttjas. I dag saknas nationella normer för hur stabilisering påverkar undergrundens bärighet och konsekvenser på överbyggnadsdimensioneringen. Eftersom den ökade bärigheten är svår att tillgodoräkna sig i respons- och nedbrytningsmodeller bör åtgärden utelämnas vid dimensioneringen. Efter kontinuerliga respons- och nedbrytningsmätningar bör dock en dimensioneringsmetod kunna upprättas.

4 KRAV PÅ MATERIALLAGERS FUNKTIONELLA EGENSKAPER OCH UTFÖRANDE

Vid utförandet är det viktigt att upprätta och följa en objektsanpassad utförandebeskrivning, vilken syftar till att säkerställa att krav på bl.a. bärighet och packningsgrad möts. Till skillnad från bitumenbundna lager är det svårt att hantera obundna material i mekanistiska dimensioneringsmetoder eftersom det inte lämnas utrymme för att uttrycka deras mekaniska egenskaper så att dessa kan utgöra indata i respons- och nedbrytningsmodeller. Krav på obundet lager inklusive terrassyta bör därför i första hand ställas i form av bärighetskrav enligt ATB VÄG (kapitel E), antingen enligt statistisk acceptanskontroll eller yttäckande packningskontroll. Dock bör kravnivåerna höjas väsentligt då ambitionen med en LLP är att den skall uppvisa längre livslängd än en traditionell väg. Vid nybyggnad av en traditionell väg bör krav på bärighet ställas på åtminstone två nivåer enligt kapitel E i ATB VÄG. Den översta nivån bör utgöras av det översta obundna lagret, i detta fall obundet bärlager, medan den undre nivån bör ligga 300-750 mm under överkanten på det översta obundna lagret. Den senare nivån representeras normalt antingen av skyddslageryta eller av terrassyta. I ATB VÄG finns idag rekommendationer för bärighetsvärden hos terrassytan.

För en LLP bör både kontrollnivåerna och kraven ökas jämfört med en traditionell väg. Exempelvis bör även den naturliga terrassytans bärighet kontrolleras även om bergunderbyggnad används. Denna åtgärd kan innebära att bärigheten kontrolleras på sammanlagt fyra olika nivåer (i detta exempel överkant vägyta, överkant obundet bärlager, överkant lätt bergbank och naturlig terrassnivå). Vilka kravnivåer som skall användas får bedömas från fall till fall, men en skärpning av 10-40 MPa per lager kan vara rimlig. För att i framtiden utvärdera nedbrytningsförloppet bör fallviktsprovning utföras på färdig vägyta för respektive konstruktion.

4.1 UNDERGRUND OCH OBUNDNA LAGER

4.1.1 Underbyggnad

Underbyggnaden utgörs för samtliga konstruktioner i denna rapport ner till 1,0 m djup av krossad sprängsten med maximal stenstorlek på 300 mm (se figurer 1-3). Sprängstensmaterialet bör åtminstone hanteras på ett sådant sätt att underbyggnaden både blir homogen och stabil samt uppfyller samtliga krav i ATB VÄG. Referenskonstruktionen (figur 1) bör utföras helt enligt ATB VÄG. LLP-konstruktionerna bör utföras på ett sådant sätt att maximal packning uppnås. Exakt hur detta skall uppnås kan variera men maximal stenstorleksfraktion och materialhantering bör beaktas.

4.1.2 Obundet bärlager

Det översta obundna lagret består hos referenskonstruktionen och LLP-konstruktion 1 av 80 mm krossat bärlager. Motsvarande lager hos LLP-konstruktion 2 utgörs av 100 mm krossat material. Den främsta anledningen till denna tjockleksskillnad är att LLP-konstruktionerna skall uppvisa ungefär liknande livslängder vad gäller permanenta deformationer i obundna lager (jämför tabell 1).

4.2 BITUMENBUNDNA LAGER

Kraven på bitumenbundna material kan enligt ATB VÄG specificeras antingen på ingående material, sammansättning, utförande och kontroll (för standardbeläggningar) eller avseende funktionella egenskaper (i allmänhet hos beläggningsslager eller på vägyta). I ATB VÄG finns omfattande anvisningar vad gäller provningsbetingelser och kravnivåer för både receptur och funktionella egenskaper. De senare kan uttryckas på borrhärnor, exempelvis genom metoderna nötningsresistens (Prall-metoden FAS Metod 471), deformationsresistens (FAS Metod 468), Styvhetsmodul (FAS Metod 454), utmattningmotstånd (VTI-metoden, Notat 38-95) och lågtemperaturegenskaper (TSRST, VVMB 113). Funktionskrav på färdig vägyta ställs bl.a. genom mätning av friktion, tvärfall, jämnhet, stensläpp och sprickor. I princip kan alla grupper och metoder ovan återopas vid vägbyggande.

För att utförandet vid LLP-konstruktionerna skall ske med högre effektivitet och kvalitet jämfört med traditionellt utförande bör kritiska utförandemoment att särskilt bevakas och dokumenteras. Utöver

normal provning och kontroll enligt ATB VÄG bör även kritiska utförandemoment, bl.a. i samband med fogar och lastbyten, särskilt bevakas t.ex. med värmekamera och/eller med s.k. DOR-mätning.

4.2.1 Bundet bärlager

Bundet bärlager utgör normalt det understa lagret av de bundna materialen. Ur bärighetssynpunkt bör bärlagret uppvisa relativt hög styvhet men inte lika hög styvhet som bindlagret eftersom påkänningarna avtar med djupet i konstruktionen. I stället bör bärlagret i första hand uppvisa relativt goda utmattningsegenskaper, d.v.s. klara förhållandevis många upprepade belastningar utan att spricka, jämfört med bind- och slitlager. AG 32 kommer att användas på referens- och LLP-konstruktion 1 medan bärlagret på LLP-konstruktion 2 utgörs av innovativt bärlager, t.ex. VIACOBASE 22, vilket är ett stabilt bitumenbundet makadamlager vars unika sammansättning avses ge en tät lättpackad massa och därmed hög packningsgrad. VIACOBASE kan anses uppfylla kraven för LLP-konstruktion 2 eftersom materialet bl.a. uppvisar högre styvhet än AG samtidigt som utmattningsegenskaper är bättre (Wiman, 1997).

4.2.2 Bitumenbundet bindlager

Bindlager föreskrivs sedan ett antal år på Vägverkets vägar. Syftet med traditionellt ABb att öka bärformågan hos konstruktionen samtidigt som stabiliteten hos de bitumenbundna lagren ökar. För LLP-konstruktion 2 bör något innovativt bindlager användas som uppvisar bättre prestanda jämfört med traditionell ABb användas. Kraven på detta bindlager bör åtminstone avse flexibilitet med styvhetsmodulprovning och stabilitet med dynamisk krypprovning, där kraven rörande både styvhet och stabilitet bör vara högre ställda jämfört med ABb. Som exempel på innovativt bindlager kan VIACOBIND ges, vilket framgångsrikt använts på Vägverkets provväg på E6 Fastarp-Heberg.

4.2.3 Bitumenbundet slitlager

Som indikerades i litteraturstudien rörande LLP (Lundström, 2005) nämndes att vägar med tjocka bitumenbundna lager efter en längre tids trafikering kan uppvisa ytinitierad sprickbildning. För svenska förhållanden bör sådan sprickbildning vara ett mindre problem eftersom slitlagret normalt behöver bytas inom en tioårsperiod till följd av oacceptabel spårbildning. Eftersom nötningsslitaget i Sverige normalt går relativt snabbt p.g.a dubbdäckslitage kan man anse att ytinitierad sprickbildning endast är ett sekundärt problem. Det verkar med andra ord inte vara någon mening med att introducera relativt tjocka slitlager då dessa torde bli mer instabila än ett välproportionerat bindlager. Slutsatsen är att relativt tunna men förnyelsebara slitlager är att föredra.

Största ingående stenfraktion bör beaktas utifrån lokala förutsättningar. Är god beständighet mot nötningsslitage att föredra bör stenstorleken vara 16 mm. Är dock buller viktigt kanske 11 mm är bättre. Vilken stenkvalitet som skall användas beror främst på trafikmängden och andelen som använder dubbdäck. Som exempel på innovativt slitlager kan VIACOTOP nämnas, vilket är ett stabilt och nötningresistent slitlager med hög friktion som främst är avsett för hög- och medeltrafikerade vägar.

5 UTVÄRDERING OCH PROVNING

En kritisk fråga i detta projekt är hur man skall kunna visa att en LLP-konstruktion har dubbelt så lång livslängd som en traditionell konstruktion. Livslängdsverifieringen bör i första hand ske genom mätning av nedbrytning. Eftersom det slutgiltiga svaret erhålls först efter mycket lång tid måste dock nedbrytning och återstående livslängd indikeras genom jämförelser mellan referenskonstruktionen och respektive LLP-konstruktion. I detta fall är man hänvisad till att indikera livslängder både genom teoretiska resonemang och genom jämförelser vid kontinuerlig uppföljning i fält.

Utvärderingen bör bedrivas i form av forskningsprojekt där erhållna beräknings- och provningsresultat jämförs med funktionella krav (hypotesprovning). Utvärdering/uppföljning bör ske genom:

- Kontroll och verifiering vid byggandet (främst materialkrav)
- Kontinuerlig uppföljning under trafikering vad gäller nedbrytning

Den ekonomiska utvärderingen av LLP-konceptet bör ske på basis av lämnade anbudspriser (för ursprungsförslaget) samt skillnader i uppskattad livslängd och underhållsbehov. Kostnadsökningen som LLP-konstruktionerna medför jämfört med referenskonstruktionen beaktas sedan vid jämförelsen av vad anbudspriserna borde varit för aktuellt projekt.

5.1 TEKNISK LIVSLÄNGD OCH NEDBRYTNING

I detta avsnitt beskrivs övergripande hur teknisk livslängd och nedbrytning kan utvärderas för en provsträcka. I avsnittet beskrivs även vilken typ av provning som bör vara aktuell samt vilka kostnader provningen kan innebära. Björn Kullander på NCC Roads och Leif G Wiman på VTI har hjälpt till med kalkylkostnader.

5.1.1 Laborieprovning av bitumenbundna material

Laborieprovningen bör åtminstone omfatta de bundna lagrens respektive delmaterial och bör förutom normal produktionsprovning (bindemedel, stenmaterial och sammansättning) bestå av funktionell provning.

Provningsschemat i tabell 3 avser vilka tester som anses vara aktuella för den funktionella provningen av respektive material/lager. Antalet utborrade provkroppar beror på kraven hos respektive provningsmetods provningsbetingelser. Flexibilitet bör t.ex. utföras vid tre olika temperaturer (0, 10 och 20 °C). Bär- och bindlagerprovkroppar kan efter flexibilitetsmätningen användas för att bestämma materialens utmattningsegenskaper (0, 10 och 20°C) respektive stabilitetsegenskaper (dynamiskt kryp vid 40°C). Eftersom dessa provningsmetoder är förstörande krävs dock ytterligare provkroppar än de som utnyttjas vid flexibilitetsmätningen. Sammanlagt bedöms 12 provkroppar per bindlagermaterial och konstruktion ($12 \times 3 \times 3 = 108$) behövas för dynamisk krypprovning. Sammanlagt bedöms 12 provkroppar krävas vid utmattningsprovningen vid varje temperatur och bärlagermaterial, vilket sammanlagt betyder 162 provkroppar ($18 \times 3 \times 3$). Prallprovning avses att utföras på 10 provkroppar för var och ett av de tre slitlagren, vilket sammanlagt innebär 30 provkroppar.

Tabell 3. Omfattning laborieprovning avseende funktionella egenskaper hos bitumenbundna material på var och en av de tre provsträckorna.

Material/lager	Flexibilitet (0, 10 och 20°C)	Utmattning (0,10 och 20°C)	Dynamisk kryp	Prall
Bärlager	X	X	X	
Bindlager	X	X	X	
Slitlager	X		X	X

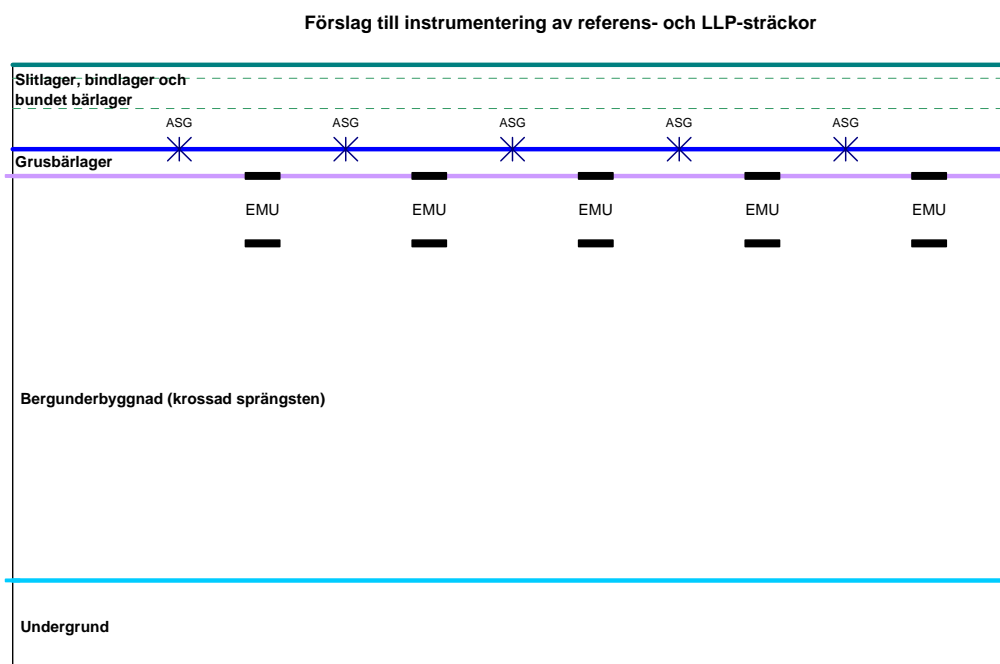
5.1.2 Uppföljning i fält

Nedan följer ett förslag till instrumentering och fältuppföljning av de i kapitel 2 föreslagna provsträckorna. Uppföljningen i fält är tänkt att omfatta dels registrering av påkänningar i väggroppen (deforma-

tioner och töjningar) och dels vägytemätningar (spårbildning och deflektion vid belastning). Provning i form av bärighetsmätningar under själva byggskedet, såsom plattbelastning, förutsätts bäras av entreprenören.

De påkänningar i vägkroppen som föreslås bli studerade är de klassiska dimensioneringsparametrarna horisontell töjning i underkant av beläggningen och vertikal töjning på terrassytan. För töjningsmätning i underkant beläggning föreslås givare av typen ASG (Asphalt Strain Gauge) från Dynatest. För mätning av töjning och deformation i terrass föreslås induktiva spolar (Emu-spolar), vilka tillverkas av VTI. Enligt ATB VÄG 2004 anses terrassnivån i det här fallet vara överytan på bergunderbyggnaden (krossad sprängsten). Förslag till instrumentering framgår av figur 4 och består av 5 st givare av respektive typ per provsträcka. Givarnas placering i tvärled ska vara i det förväntade läget för höger hjulspår. Asfalttöjningsgivarna (ASG) läggs på det färdigpackade obundna bärlagret strax innan utläggningen av första beläggningsslagret.

Emu-spolorna placeras parvis med en övre och en undre spole. Den övre spolen placeras i terrassytan och den undre ca 20 cm under terrassytan. Med Emu-spolorna erhålls både statisk och dynamisk mätning. Den statiska mätningen indikerar avståndet mellan spolorna och därmed den permanenta deformationen i terrassens övre del (20 cm) med tiden. Den dynamiska mätningen indikerar elastisk deformation av terrassens övre del vid på- och avlastning.



Figur 4. Principiell skiss över instrumentering av referens- och LLP-sträckor.

Förutom registrering av påkänningar i vägkroppen (responsmätningar) enligt ovanstående instrumentering bör tillståndsutvecklingen följas med mätningar på vägytan. Dessa bör omfatta tvärprofilmätningar med Primal, slitagemätningar med Laserbalk och provbelastning med Fallvikt. Tvärprofilmätning med Primal används för beräkning av totala spårdjupet på ytan och dess utveckling med tiden. Slitagemätningen indikerar hur stor del av spårbildningen som kan hänföras till slitage från fordon med dubbade däck. Fallviktprovningen ger möjlighet att följa sträckornas strukturella tillstånd samt, i kombination med registrering av påkänningar i vägkroppen, en möjlighet att jämföra uppmätta påkänningar med beräknade.

5.2 UPPSKATTNING AV PROVNINGSKOSTNADER

Kostnadsuppskattningarna baseras på beskrivningarna i avsnitt 5.1.

5.2.1 Kostnadsuppskattning för laboratorieprovning

I tabell 4 uppskattas kostnaderna för laboratorieprovningen i avsnitt 5.1.1. Som framgår uppgår totalkostnaden till ca **600 000 kr** och summan inkluderar sågning och mätning av skrymdensitet. Omkostnaderna omfattar främst fältarbete inklusive hållagning.

Tabell 4. Uppskattning av kostnader för laboratorieprovning (skr)

Test	Antal provningsbetingelser	Antal material	Antal prov per serie	Enhetskostnad Kr/enhet	Summa kostnad
Flexibilitet	3 temperaturer	9	6	4 500/provkropp	260 000
Utmattning	3 temperaturer	3	12	20 000/serie	200 000
Dynamisk kryp	1	3	12	1780/provkropp	70 000
Prall	1	3	10	1160/provkropp	40 000
Omkostnader					30 000
Summa					600 000

5.2.2 Kostnader för instrumentering och uppföljningar i fält

Kostnaderna för instrumenteringen består dels av kostnaden för själva givarna och dels kostnaden för installationen. Kostnaden för installationsarbetet blir beroende av hur detta arbete kan samordnas med själva byggandet av provsträckorna. Beräknade kostnader nedan är baserade på att arbetet görs i Stockholmstrakten och att installationen kan göras på alla tre provsträckorna samtidigt vid två tillfällen, dels instrumentering av terrassytan och dels utläggning av ASG före läggning av första beläggningsslagret.

Beräknad kostnad för givarna bygger på följande antaganden:

- 5 st ASG per sträcka ger 15 st totalt och med a-priset 6000 kr blir kostnaden 90 000 kr. 5 st Emu-spolpar per sträcka ger totalt 30 spolar och med a-priset 3000 kr blir kostnaden 90 000 kr. Totalkostnaden för givarna blir 180 000 kr.
- Beräknad kostnad för installationsarbetet, som genomförs vid två tillfällen, är 60 000 kr.

Beräknad totalkostnad för instrumenteringen blir då **240 000 kr** (180 000+60 000). Kostnad för kabeldragning och anslutningspunkt (skåp) vid sidan av vägen ingår inte då detaljutformningen av provplatsen inte är känd i dagsläget.

Uppföljningen i fält bör genomföras en gång per år med en första mätomgång strax före trafikpåsläpp. Kostnaden för denna första mätomgång är uppskattad till **100 000 kr**. Årsvisa mätningar därefter är beräknade till 125 000 kr (slitageprovning kräver mätning både höst och vår). Kostnader för trafikavstängning tillkommer. Vid en provningsfrekvens om var annat år kommer provningen efter 10 år att hamna på ytterligare ca **500 000 kr**.

Beräknad kostnad för responsmätning inklusive förberedelser är **20 000 kr** dag 1 och därefter 10 000 kr per dag. Responsmätningen görs i kombination med Fallviktsmätning eller med invägd lastbil. Kostnad för belastning med lastbil tillkommer.

Sammanställning av beräknade kostnader

Instrumentering	240 000 kr
Responsmätning	20 000 kr (i samband med mätningar på vägytan)
Mätningar på vägytan år 1	100 000 kr
Mätningar på vägytan tom år 10	500 000 kr
Summa	860 000 kr

Slutsumman för uppföljning under 10 år bedöms uppgå till ca 1,5 Mkr (860 tkr för fältprovning och 600tkr för laboratorieprovning).

6 REFERENSER

Lundström, R. ” Flexibla vägar med lång dimensionerande livslängd-en litteraturstudie.” NCC Roads Sverige FoU Asfalt, Rapport 2005-5, (2005).

- Viman, L., Eriksson, L. "Prov med olika Överbyggnadstyper – Observationssträckor på Väg E6, Fastarp-Heberg. Del 2 Laboratorieprovningar av Bitumenbundna Lager" VTI Technical Notation 56:1-1996, (1997).
- Vägverket "Krav på obundna material för att få utföra tunnare beläggning." PM Krav obundna lager, upprättat av Anders Huvstig, Vägverket Region Väst 2005-05-27, (2005)
- Wiman, L. G. (ed.) "Prov med olika Överbyggnadstyper." VTI notat 56:1-1997 Observationssträckor på väg E6, Fastarp-Heberg, del 1: Byggnadsrapport. (1997).
- Wiman, L. G. (ed.) "Prov med olika Överbyggnadstyper – Observationssträckor på Väg E6, Fastarp-Heberg. Resultatrapport efter 5 års uppföljning" VTI Technical Notation 52-2002, (2002).