

UDI – Klimatsäkrade systemlösningar för urbana ytor

Slutrapportering Steg 3 Följdinvestering

1. Sammanfattning

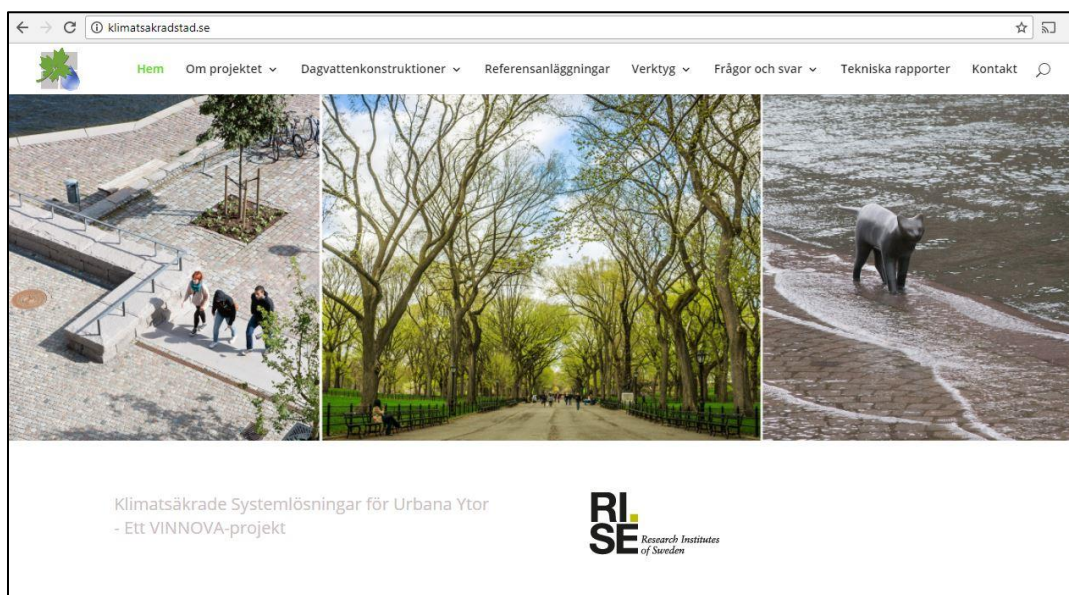
KLIMATSÄKRADE SYSTEMLÖSNINGAR FÖR URBANA YTOR redovisar lösningar för att minska negativa konsekvenser av de klimatförändringar som främst yttrar sig i form av fler skyfall.

Våra städer förtätas och med det följer allt större andel hårdgjorda ytor. Med traditionellt sätt att anlägga försämrar vi livsvillkoren för stadsträd och skapar en grund för fler översvämningar och föroreningar av dagvattennätet.

Stadens hårdgjorda ytor utgör samtidigt den i särklass största potentialen för en lokal och hållbar dagvattenhantering. Projektet har fokuserat på att ta fram nya konstruktioner och material för såväl trafikerade ytor som trädetablering. Genom laboratorieförsök, fullskaleförsök, beräkningar, modelleringar och demonstrationsanläggningar i flera städer har vi påvisat lösningarnas fulla potential som alternativ och komplement till nuvarande anläggningsteknik.

Flera städers dagvattenpolicy har kartlagts inklusive de flaskhalsar som kan försvåra en organisatorisk övergång till lokalt omhändertagande av dagvatten. Strategier för utformning av ny policy har utvecklats liksom beslutsstöd för mer hållbara lösningar samt verktyg som även lämpar sig för användning i stadsplanering och i offentlig upphandling. Lösningarnas klimatpåverkan är verifierad bland annat genom modellering/simulering av påverkan på lokalklimat samt livscykelanalyser (LCA). Utbildningsinsatser och -material för besiktningspersoner och studenter (i synnerhet landskapsarkitekter och landskapsingenjörer) är framtagna för att säkerställa långsiktiga kompetenser. Omfattande kommunikationsaktiviteter har genomförts, nationellt och internationellt.

Den nya hemsidan, www.klimatsakradstad.se, fokuserar på att ge vägledning men fungerar också som en databas med våra tekniska rapporter och demonstrationsanläggningar i städerna samt en ständigt växande FAQ-lista.



Figur 1. Öppningsvyn av projektets hemsida där vi förutom alla tekniska rapporter har byggt upp den för att kunna ge inspiration och stöd i planerings- och byggskedena.

2. Projektets effektlogik

Projektets effektlogik illustrerades med följande bild i ansökan (figur 2). Den är fortfarande relevant och har följts till större delen.

Projektmålen är formulerade som såväl fristående för projektets syften, som del i möjligheten att uppnå målen för UDI-Programmet. Effektlogiken beskriver processen för att uppnå båda dessa.

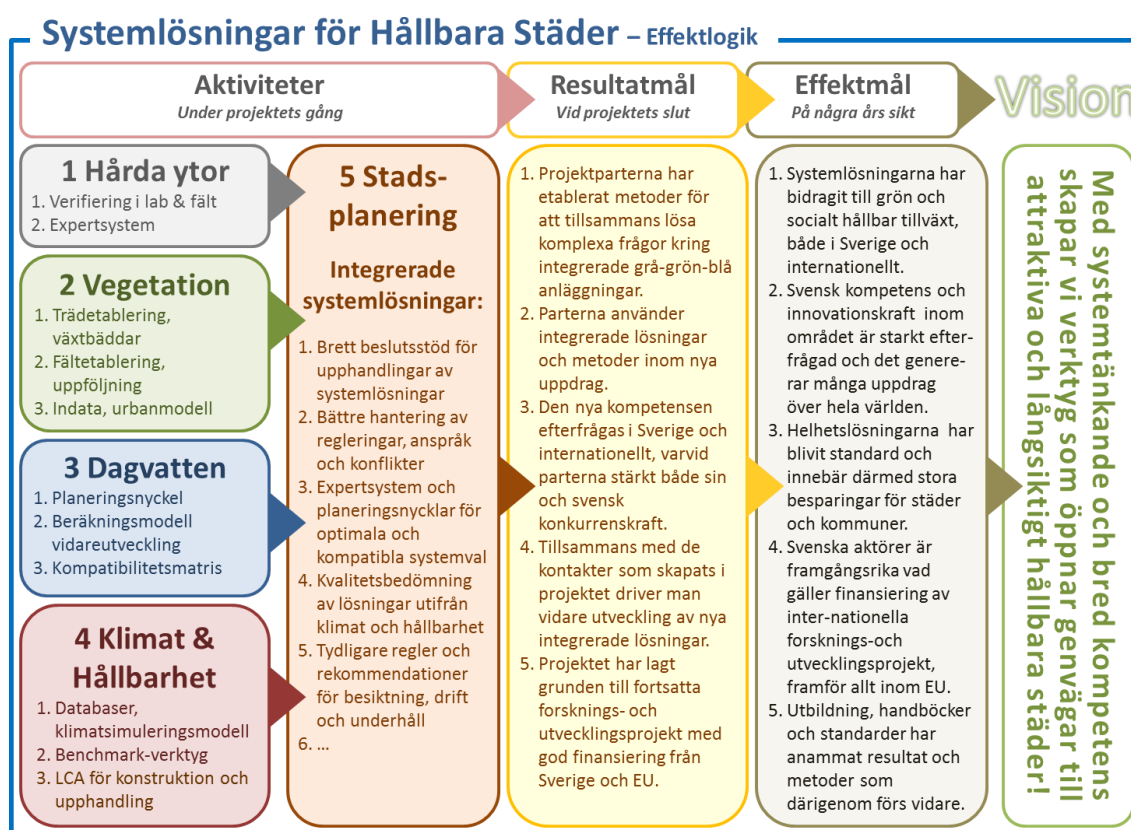
UDI-mål:

1. Nya, förnyade eller fördjupade strategiska allianser, partnerskap och nätverk
2. En stärkt förmåga att bedriva innovationsarbete i gränslandet mellan privat och offentlig sektor
3. Ökad/reell kund- och användarinvolvering

Insatsmässigt har störst fokus har legat på det vi är unika om, dvs skapa multifunktionella hårdgjorda ytor för trafik och för stadsträd, detta i kombination med alla stödfunktioner och aktiviteter runt om för att resultaten skall vara hållbara och implementeras som standardkonstruktioner i städernas planering och byggande.

Flera projekt har tillkommit efter att vi startat, bl a GrönNano, med fokus på regnbäddar/biofilter och reningseffekt, vilket gjort att vi tonat ned den tekniska utvecklingen av sådana lösningar inom vårt projekt. Flera av vårt projekts partners är även partners i GrönNano vilket borgar för bra kunskapsutbyte. Luleå Tekniska Universitet (koordinator av

GrönNano) m fl jobbar mycket med dagvattenproblematik men vanligen mer utveckling och utvärdering av existerande dagvattenlösningar. Av denna anledning ansåg vi oss tillföra mest om vi fokuserade på komplementära aktiviteter och innovativa lösningar. Dels nya/egna, dels sådana som andra utvecklar och går att kombinera med de vi utvecklar. Även strategiska allianser nära slutkund har etablerats till följd av projektet. Ett exempel är Svensk Markbetong 2.0 som är ett branschsammarbete som etablerats mellan Sveriges ledande leverantörer av produkter till dränerade konstruktioner. Sammarbetet syftar till att förädla och göra projektresultaten mera lättillgängliga för slutkunden samt arbeta vidare med implementering i gällande krav och regelverk.



Figur 2. Projektets effektlogik i ansökan till steg 3.

2.1 Mål och resultat

Enligt TRL-skalan som Vinnova använder sig av i UDI-programmet befinner sig flera av våra lösningar på TRL7. Flera demonstrationsprojekt är anlagda i relevanta miljöer. Detta avser våra dränerande vägkonstruktioner. Exempel finns i Växjö, Stockholm, Munka Ljungby, Järfälla och snart i Uppsala, Norrköping, Helsingborg och Malmö m fl platser. Några av lösningarna uppfyller även kraven för TRL 8. Det avser trädetablering i skelettjordskonstruktioner med biokol som växtsubstrat. I flera städer används detta nu som en standardlösning.

Bilaga 1 innehåller en förteckning av projektets tekniska rapporter.

Bilaga 2 innehåller en exempelsamling över försök och anläggningar.

Följande 5 mål har definierats i projektet. I direkt anslutning till dessa finns korta beskrivningar över måluppfyllelse.

Mål

1. Projektparterna har etablerat metoder för att tillsammans lösa komplexa frågor kring integrerade grå-grön-blå anläggningar

- De utvecklade metoderna är inte bara kopplade till tekniska utmaningar utan även när det gäller beslutsprocesser, regelverk mm
- Det finns frågeställningar kvar men inga som motiverar att man inte kan börja handla upp projektering och entreprenader redan idag. Det görs dessutom i flera städer.
- En del städer har dock behövt mer hjälp och väntat på våra rapporter, konstruktionsritningar osv
- Det betyder att de inte är "etablerade" på marknaden som en off-the-shelf tjänst. Det kommer de aldrig att bli utan varje tjänst måste bli platsspecifik och där har vi idag en tjänst att kunna erbjuda. Dessa tjänster löses tillsammans av flera projektpartners, något olika från fall till fall beroende på behovet. Det betyder också att flera delar av konsortiet fortsätter samarbeta efter projektet officiellt är slut.

2. Parterna använder integrerade lösningar och metoder inom nya uppdrag

- Det finns flera exempel på detta i flera städer. Mest omfattande är sannolikt projekteringsuppdragen för konsultbolagen och städerna. När byggande väl kommer igång så blir det en kedjereaktion till andra partners, bl a materialleverantörerna
- Se även svar på fråga 1 ovan.
- För forskare t ex inom RISE har det lett till nya samarbeten och nya projekt

3. Den nya kompetensen efterfrågas i Sverige och internationellt, varvid parterna stärkt både sin och svensk konkurrenskraft

- Framför allt väldigt stor efterfrågan på deltagande i olika seminarier i olika städer
- Konsultation inför byggande, stadsplanering osv
- Städer/kommuner med personer som insett att en förändring måste till frågor om vi kan berätta för deras kollegor.
- Städer som redan vaknat hjälper till att sprida kompetensen, f a till mindre kommuner som kanske inte har samma ekonomiska muskler
- Nu börjar även upphandlingar komma baserade på våra lösningar med föreslagna krav osv.

- Konsulterna tar detta ut i sina internationella bolag
- Samarbete med Finska CLASS-projektet har hela tiden varit nära. Även samarbete med andra Europeiska aktörer, kanske främst BRRI (Belgiska vägforskningsinstitutet).
- Flera föredrag på workshops och konferenser utomlands: USA, Frankrike, Finland, Österrike... En samordnade Nordiska konferens ”*Nordisk konferanse om bærekraft og innovasjon i grøntanleggssektoren*”, hade flera ”projekt föredrag”. Talar där var dessutom Sveriges Miljöminister Karolina Skog.

4. Tillsammans med de kontakter som skapats i projektet driver man vidare utveckling av nya integrerade lösningar.

- Flera grupperingar inom konsortiet samarbetar och har bestämt sig för att fortsätta samarbeta efter projektet, både om vidareutveckling av uppslag som kommit fram inom projektet och utanför.
- De metoder och personer vi arbetat med skapar möjligheter till nya samverkansaktiviteter. Exempelvis förbättrade möjligheter till drift och underhåll av framtagna konstruktioner
- Fortsatt utnyttjande av samverkan kring dimensionering av hårdgjorda ytor med andra material är ytterligare ett exempel. T ex restprodukter. Nu finns en metodik för effektiv utprovning av nya hårdgjorda konstruktioner med validera funktion. Inte nödvändigtvis för dagvattenhantering eller träd men för trafikbelastning

5. Projektet har lagt grunden till fortsatta forsknings- och utvecklingsprojekt med god finansiering från Sverige och EU

- Ansökningar om EU-projekt har gjorts tillsammans med kollegorna i finska CLASS-projektet (motsvarande UDI-projekt). Ännu ingen framgång. Bra konsortium som fortsätter att jobba på detta.
- Flera nationella projekt har sökts och fler kommer att sökas, ibland med bredare fokus och ibland väldigt lokalt; platsbaserat, t ex en stadsdel
- InfraSweden 2030 har möjligheter som kommer att undersökas
- NV har specialutlysningar som passar oss och diskuteras just nu ihop med ett par kommuner
- SVU har ett program som passar såväl utveckling av våra koncept som implementering av de färdiga lösningarna. Detta diskuteras nu för t ex Johanneberg Science Park i Göteborg.
- Området står högt på den Europeiska agendan i t ex SC5-programmet

Sammanställningen ovan indikerar tydligt att projektet kommit mycket långt med nära samtliga mål. Vi har även anledning att vara optimistiska när det gäller mål och effekter på några års sikt.

Projektets samtliga tekniska rapporter finns eller kommer att återfinnas på projektets hemsida. Resultat i form av dimensioneringsverktyg, beslutsstöd, exempel, rekommendationer QA mm finns också att tillgå där.

Även om det tydligt framgår av pt 4 ovan att vi har många internationella kontakter och samarbeten så skall det inte överdrivas eller skapa en tro att vi redan skapat många arbetstillfällen för svensk industri och svenska konsulter på den internationella arenan. Samarbetet är än så länge mest inriktat på spridning av kunskap om våra olika lösningar. I Graz, Österrike, har man dessutom börjat anlägga våra lösningar.

Forskningsorganisationerna har genom projektet fått en bredare area för nya Europeiska samarbetsprojekt, redan flera inbjudningar samt att man är en mer attraktiv partner.

Flera av projektets industrier agerar inte på den internationella marknaden men projektets anläggningsentreprenör, NCC, har använt projektet för att samverka med sin Danska avdelning där man också anlägger dränerande konstruktioner.

Sannolikt är det projektets forskningsorganisationer och konsulter som kommer att ha störst nytta av projektet i sina internationella arbeten. De har redan märkt en betydlig ökning i antal uppdrag på den inhemska marknaden.

2.2 Framtida implementering av resultaten

Implementeringen av resultaten påbörjades i steg 3 och kommer att drivas vidare av ett flertal projektpartners, dels inom deras egna organisationer, dels externt via seminarier, publikationer, utbildningsinsatser och konsultjobb. Ett servicepaket kommer att erbjudas alla Svenska kommuner med anpassade seminarier för spridning av projektresultat och hjälp att upptäcka och använda våra verktyg. Detta ansvarar RISE för, även om det står varje partner fritt att delta i och arrangera seminarier mm.

Utbildningsmaterial för landskapsarkitekter och landskapsingenjörer implementeras efter hand i SLUs verksamhet. Redan 2017 implementerades mycket av projektets resultat i kursverksamheten där.

Införandet av resultat i regelverk och användarguider sker också av flera projektdeltagare. Detta gäller t ex AMA och flera städers tekniska handböcker, avsnitt med materialkrav för hårdgjorda ytor. Offentliga upphandlingar är redan gjorda och kommer att växa i antal. Flera städers tekniska handböcker innehåller krav direkt

baserade på projektets resultat. De projektdeltagare som är med i AMAs referensgrupper driver dessa frågor nu och framöver. Kopplat till detta finns en formell branschöverenskommelse mellan flera partners att driva arbetet med att uppdatera den mycket populära handboken om dimensionering av överbyggnader och marksten.

I utbildning och underlag för BEUMs (www.beum.se) godkännandeordning av besiktningsmän ingår numer flera av våra resultat, t ex nya kontrollsystem, checklistor etc för själva anläggandet av dessa konstruktioner. Arbetet drivs via partner ”Trädgårdsanläggarnas förbund”.

2.3 Effektlogikens utveckling

En styrgrupp tillsattes tidigt i projektet med representanter för alla led; forskning, städer, industrier och konsulter. Avstämningar av leverabler, mål och effektlogik har genomförts regelbundet av styrgruppen. Huvudansvaret har legat på koordinatören och de olika ledarna för arbetspaketen.

Projektet har medverkat i ovanligt omfattande seminarieverksamhet (mellan 100 och 200 föredrag totalt i steg 3) för att dels sprida information om och från vårt projekt samt samla in information om målgruppernas behov. Exempelvis seminarier för Malmö kommun och SLU samt uppå 10 st besök på arkitektkontor. Vi har även tillsammans med en kommun genomfört en workshop med målsättning att samla in alla frågor och farhågor från kommunernas anställda och deras frekvent, inhyrda konsulter. Detta har lett till en FAQ-lista och en del omprioriteringar av vägarna fram till målen men inte omprioritering av målen som sådana. Det har även lett till en förändring i tidplan för de flesta tekniska rapporter på så sätt att de färdigställts mer eller mindre samtidigt i projektets slutfas för att kunna dra nytta av så många resultat i andra delar av projektet som möjligt.

2.4 Avstämning av framsteg - indikatorer

Avstämning av framstegen har skett vid varje styrgruppsmöte. Avstämningen har skett gentemot listan över olika leveranser och kommunikationsaktiviteter. Även om tidplanen för olika leveranser ändrats löpande har framstegen diskuterats på styrgruppsmötena.

Indikatorer som använts är inte dokumenterade men kan sammanfattas som följer:

- Antal anlagda demos

- Lyckade laboratorieförsök – labbskala och fullskala
- Genomförda utbildningar
- Efterfrågan som föredragshållare, antal seminarier
- Tekniska rapporter enligt leveranslista som behovsanpassats
- Utvecklingen av hemsidan och att fylla den med användbart material har varit högt prioriterad och därför stämts av regelbundet.

3. Identifierat möjligheter och hinder kopplat till nyttiggörande

Följande lista är en översikt över de allra flesta hinder projektet identifierat under arbetet:

Brister i dagvattenpolicy. Uppdelad organisation inom kommunen för olika ansvarsområden med separata budgetar där man nu måste tänka om för att kunna dela på ansvar och budget/kostnader. Ökat samarbete mellan kommunala enheter vid planeringsarbete för nyexploatering och omfattande renovering av stadsdelar.

Icke existerande regelverk för denna typ av konstruktioner

Dålig kunskap och förståelse för hur man bygger.

Att man ofta bygger fel även med traditionella konstruktioner gör det inte lättare för oss att få igenom korrekt byggande i alla led.

Att det ”är tillåtet att bygga fel” om man bara bygger som man alltid gjort men inte om man bygger innovativt – finns undantagskommuner

Att man under de senaste hundra åren strävat efter att hålla vatten borta från hårdgjorda, trafikerade ytor

Att erfarenheten utomlands inte omfattar alla våra förutsättningar i form av halkbekämpning, grundförutsättningar (lera, berg, morän osv), nederbörd, underhållsmaskiner osv

Dessutom omfattar utländsk erfarenhet inte våra fullskaleförsök med påföljande beräkning av spårdjupsbildning och trafiklaster. De är för dyra helt enkelt. System för beräkning av trafiklaster är inte alltid samma i alla länder så erfarenheterna är ofta svåra att föra över direkt. Dessutom vill kommunerna bygga i sin egen stad för att få se själva om det fungerar.

Icke existerande standardprodukter att bygga konstruktionerna med -> fördyring initialt innan tillräckligt stor marknad finns

Än så länge är kunskapen begränsad till ett fåtal konsulter och industrier

Vad projektet har gjort för att överkomma hindren

Projektet har (ihop med ett urval kommuner) kartlagt hinder och flaskhalsar inom kommunal organisation, planering osv och tagit fram rekommendationer för nya arbetssätt och dagvattenpolicy.

Projektet har bemödat sig extra mycket om att utföra fullskaleförsök och anlägga demonstrationskonstruktioner ute bland kommuner för att validera funktion och skapa förtroende. Konstruktionernas funktion har följts upp och kommer att följas upp framgent. Vi har näst intill överdrivit utvärdering av spårbildning i våra konstruktioner halvfyllda med vatten för att övertyga de mer skeptiska anläggarna eftersom en grundregel inom vägbyggande har varit att hålla vatten borta.

Där det saknas regelverk påverkar vi idag och framöver. I synnerhet AMA, SV's och Sveriges Stenindustriförbunds vägledningssdokument. Ett dokumenterat regelverk som kommunerna kan använda vid offentlig upphandling är nödvändigt. Överhuvudtaget har vi tagit fram ett antal leverabler som underlättar för kommunerna att använda våra lösningar. Beslutsstöd för val av konstruktion(er), införandet av LCA i offentlig upphandling. Uppsala kommun har som första kommun använt dessa rekommendationer.

Omfattande samarbete med utländska aktörer har förberett marken för projektsamverkan. Intresse finns idag för att skapa gemensamma Europeiska vägledningssdokument för denna typen av konstruktioner.

Vad behöver göras framöver?

Nya projekt om bl a cost-benefit efterfrågas för att förenkla budgetering av innovativa konstruktioner i kommunerna. Även för att få fram relevanta kostnader för dagens översvämningar. Idag har man bra kontroll på försäkringskostnaderna men andra kostnader överväger kraftigt. Något vi lärt oss av Köpenhamn som kartlagt samtliga kostnader för skyfallet 2011. Totala kostnaden uppgick till ca 10 miljarder SEK! Kvantifierade samhällsnytta är en förutsättning för omfattande satsningar av de flesta kommuner.

Bättre samverkan mellan olika tekniska enheter inom kommunen är nödvändig. Den totala kostnadsbesparingen är långt högre än enskilda insatser. Dock behöver man ta fram nya ekonomiska modeller för kostnadsfördelning.

Utveckling av bättre system och teknik för drift och underhåll är sannolikt en förutsättning för mer omfattande användning. För att kunna implementera tekniken fullt ut behövs instruktioner även för småskaliga enkla projekt för små kommuner/industri där de ekonomiska förutsättningarna är begränsade. Även mycket småskaliga projekt kan avsevärt gynnas med denna teknik om instruktioner finns att tillgå.

Konkurrensmässiga priser för material kommer allteftersom det blir vanligare att bygga denna typ av konstruktioner. Idag är det något dyrare att anlägga på grund av högre materialkostnader, inte på grund av högre byggkostnader. Våra nyutvecklade skelettjordskonstruktioner är t o m billigare än de som var standard för 5 år sedan. Fortsatt seminarieverksamhet är nödvändigt och spridning av informationen om alla demonstrationsanläggningar som byggs.

4. Gedigen kännedom om användare, kravställare, kunder, marknader

Två centrala behov och problemställningar identifierades inför projektstarten:

- Minska risken för översvämningar i staden pga förtätning med ökande andel hårdgjorda ytor
- Ge stadsträd ökade möjligheter att överleva samtidigt som de nyutvecklade växtsubstraten och konstruktionerna kan hantera dagvatten

Framtagna lösningar ska vara hållbara ur flera aspekter

Utöka nyttan med stadens hårdgjorda ytor. Gör dem multifunktionella
Anläggningar av Biofilter – boostat genom projektet. Men vi är inte ensamma om just denna lösning!

Såväl inom som utanför projektkonsortiet har förståelsen ökat kraftigt. Svenskt Vatten uttalade sig på slutseminariet i termer som banbrytande resultat och de vet vad de talar om.

Ingen kommun anlade eller övervägde att anlägga sådana konstruktioner vi har tagit fram vid tiden för projektstart. Nu ansluter sig flera kommuner varje år och vill ha hjälp. Flera försöker själva med hjälp av projektets olika konsulter.

Förståelsen för användarnas behov av nya lösningar och sättet att erhålla dem är stort. Inte minst genom att representanter för nästan alla berörda organisationer är med i projektet. Vi har arbetat ihop med många kommuner och utvecklat projektet tillsammans med många kommuner, kanske främst Norrköping, Växjö, Stockholm och Uppsala.

Vi har haft en ovanligt omfattande kommunikation av projektet under hela projekttiden, både arrangerande av egna seminarier för olika kommuner samt för studenter på SLU. Tillsammans med Norrköpings kommun gjorde vi en workshop där kommunens alla berörda, anställda och konsulter deltog. Efter inledande presentationer om projektet fick de ställa frågor. Frågor och svar kategoriserades och utgjorde början på en FAQ-lista som både påverkat våra prioriteringar och lett till att vi letat svar och försöker förklara tydligare när vi är ute och håller föredrag. Se ex här: <http://klimatsakradstad.se/fragor-och-svar/underhall/>

I dialog med flera kommuner och representanter för Svenskt Vatten har det också framstått tydligare vad de behöver mest och i vilken ordning de behöver ha resultaten ”serverade” för att kunna omsätta våra resultat i praktik. Ett exempel på sådant som gjort att vi omprioriterat är leveransen Bechmark-verktyg i arbetspaket nr 4.

Kommunerna vill inte ha mer teoretiserande utan med hands-on vilket gjorde att vi inkluderade ett verkligt fall och en detaljstudie med redovisning av lokala miljö-/klimatpåverkan med olika lösningstyper.

När det gäller att skapa beslutsstöd för kommunerna, har detta utvecklats med inspiration från tidigare jobb men i detalj tillsammans med en arbetsgrupp i Uppsala. Även här är det användarna som fått vara med och både utveckla och styra delar av processen

Betalningsviljan

Som framgår av ovan (pt sista stycket) behöver nya modeller för budgetering och kostnadsfördelning mellan kommunens olika tekniska enheter tas fram. Vissa kommuner tar ut en särskild skatt för att finansiera nya och uppdaterade dagvattensystem. Innevånare är i regel villiga att betala när man ser vart pengarna tar vägen och med tanke på det ökande antalet översvämningar och att fastighetsägaren i regel själv är ansvarig att vidta förebyggande åtgärder så är viljan god.

Betalningsviljan inom projektet har varit mkt hög, inte minst inom de flesta kommuner när det gäller att anlägga våra konstruktioner. Det har också påverkat kostnadsredovisningen på så sätt att den för just kostnadskategorin ”Utrustning, mark byggnader” stämmer väldigt dåligt med den budgeterade kostnaden. Många städer har investerat långt mer än budgeterat. OBS! Detta påverkar inte Vinnovas finansiering av projektet men är värt att understryka.

Samtidigt är det ett problem att få deltagande städer att redovisa alla sina kostnader inom projektet då de vet att de inte kommer att få betalt för sina insatser. Städerna är vana vid att betala för sina tjänster och inte att få betalt. De har vanligen inga rutiner för att beräkna den ”faktiska lönekostnaden” för anställda och att lämna ut dem. De personer som är rapporteringsansvariga inför projektet har kanske inte ens behörighet att lämna ut lönekostnader för sin personal eller personal tillhörande en annan teknisk enhet. Detta är något vi ber Vinnova se över i sina krav och rutiner. Det bör vara möjligt att använda schablontaxor och uppskatta vissa kostnader. Om vi har de faktiska totala anläggningskostnaderna kan det t ex vara svårt att uppge den exakta merkostnad som uppkommer pga användning av projektets konstruktionsval.

5. Utvecklad nyttiggörande- och kommunikationsplan

En kommunikationsplan togs fram till själva ansökan och med indikation om snar uppdatering.

Man kan konstatera att det blev väldigt mycket mer av det mesta och i vissa fall i andra former, mycket beroende på det växande kommunala nätverket, växande intresset för vårt projekt och ökad samverkan utanför projektkonstellationen.

Vi konstaterade tidigt att alla projektdeltagare behövde få en samsyn på vart vi var på väg och vad vi ville kommunicera och på vilka sätt detta bäst utfördes. Insikten om att alla projektdeltagare är ambassadörer för vårt projekt spreds tidigt inom konsortiet. Alla har en skyldighet att kommunicera resultat mm. Vissa har varit mer lyckosamma som ambassadörer vilket tydliggjorts på så sätt att vissa personer hållit avsevärt många fler föredrag än andra.

För tilltron till det vi kommunicerade krävs också både väl underbyggd fakta och fysiska anläggningar, helst en demo i varje stad. Fullskaleprovningarna vid VTI är unika och har haft mycket stor betydelse för projektets framgångar

Ett mycket bra samarbete med Svenskt Vatten (SV) har skapat en win-winsituation där både projektet och SV haft nytta av att vi medverkat på deras olika evenemang. Flera projektdeltagare är också med som författare till olika vägledningsdokument som SV ger ut och som i praktiken fungerar som regelverk för byggande/dimensionering av dagvattenanläggande i Sverige. Detta samarbete hade vi inte förutsett när vi startade bl a för att vi inte fick sökt delfinansiering av SVU i steg 2. Många kommunikationsaktiviteter sker numer tillsammans med SV.

Den stora efterfrågan på seminarier från kommunerna har gjort att vi tagit fram ett erbjudande där flera projektdeltagare, gemensamt, utformar individuella informationspaket.

Vi kommer att hålla hemsidan uppdaterad även efter projektet då den är skapad för att sprida information och erbjuda tjänster. Vi kommer även att jobba aktivt för att den skall få många sökträffar.

6. Utveckling och förändringar av konstellation

Utveckling och förändring från steg 2 till steg 3:

Dagvattenkassetter (storm boxes); bristande intresse från tillverkaren, Pipelife, gjorde att vi valde att ta bort den delen ur projektet. Att lägga ned plast i marken uppskattades

inte heller av samtliga projektpartners. Industrin säljer bra utan regelverk och hade därför inget incitament för att delta mer aktivt i projektet.

MinBaS var med initialt men bidrog inte aktivt och de industrier som var aktiva och samtidigt MinBaS-partners deltar i steg 3 i egen regi

Hasselfors Garden utgick av flera skäl vid övergång till steg 3. Fokus på växtsubstrat skiftade fokus till material där konceptet för biokol behövde utprovas. Traditionell anläggningsjord finns i de tidigare skelettjordskonstruktionerna men är både svåra att anlägga och dyra. Vi ville utveckla effektivare och billigare konstruktioner som samtidigt är enklare att bygga och där risken för fel är mindre.

Alltmer fokus på hårdgjorda ytor har gjort att informella partner tillkommit i utvecklingsarbetet. Exempel på detta är Stenteknik AB.

Konsultbolaget Ramböll har tillkommit då de kontaktat en projektpartner redan i steg 2 och uttryckt sitt intresse av att bidra speciellt till arbetet med hårdgjorda ytor.

Ramböll har många konsultuppdrag i deltagande kommuner. De konkurrerade inte med Sweco som fokuserade mer på biofilter snarare än hårdgjorda ytor.

När Vinnova valde att finansiera UDI-projektet GrönNano, valde vi att minska insatserna på just de områden som GrönNano täcker, dvs biofilter och rening. Detta medförde att en del av RISE tidigare benämnd JTI utgick.

Flera städer med olika behov och utvecklingsfokus tillkom mellan steg 2 och steg 3 för att säkra möjligheten att bygga demonstrationer i sk operational environment.

Landskrona var tyvärr underbemannade och valde att utgå. Tyvärr är detta en realitet i många kommuner, dvs att eldsjälarna är alltför ensamma. Vi hade tillräckligt med kommuner i konsortiet och samarbete med många kommuner utanför så något behov att utöka ytterligare förelåg inte för att komma i mål med projektet. En dialog förelåg dock med flera kommuner. De får all information utan att vara del i konsortiet. Flera av dem har nu nära samarbete med en eller flera projektpartners och anlägger våra konstruktioner idag.

7. Lärdomar och misslyckandeåtervinning

Utmaningar/Svårigheter

- En av de största svårigheterna eller utmaningarna i projektet har varit att matcha kommunernas tidsatta planer att anlägga olika projekt med Vinnovas tidplan för projekt, rapportering mm. UDI-projekten är korta medan kommunerna behöver flera års framförhållning innan de normalt kan påbörja ett anläggningsprojekt.
- En annan svårighet är att få projektpartners som inte räknar med någon större finansiell ersättning från Vinnova att rapportera in kostnader, dvs vanligtvis kommunerna. Det har krävt extra tid att i fysiska möten ta fram det nödvändiga underlaget.
- Sekretess avseende personalens löner är ibland ett annat problem vilket gör att vi rekommenderar övergång till schabloner för vissa organisationers timtaxor

- En tredje utmaning har varit att det ibland finns en intressekonflikt mellan publikation av vetenskapliga artiklar och mer populärvetenskapliga eller tekniska rapporter som är mer styrda av målgruppernas behov. Inget större problem i detta projekt dock men det förekommer. I sådana fall har det varit svårare att integrera resultaten från olika delar.
- Om intresse från forskardeltagare finns men ingen tydlig eller intresserad/aktiv målgrupp är det svårt att motivera fortsatt arbete. Projektledningen har hela tiden uppmanat till samarbete och gemensamt ansvar för att alla berörda parter skall delta i utvecklingsarbetet i alla, för dem, relevanta delar av projektet. Det har lyckats till större delen men inte i samtliga fall. Som koordinator kan man försöka motivera och diskutera med enskilda partner men mandatet att gå in i en partners organisation på högre nivå är begränsat.
- Projektet tog fram en s k teamwebbplats som en plats där partners kan dela information och lagra information. Ett alternativ till DropBox mm. Det var svårt att få alla partners att använda denna möjlighet. Det bedöms ändå vara så pass viktigt att den har behållits som ett arkiv för senaste versionen av gemensamma dokument.

Vad har gått extra bra

- Projektet har verkligen engagerat deltagarna och flera har lagt ner långt mer tid än planerat för att de tyckt det var så inspirerande. I synnerhet arbetet med de hårdgjorda ytorna. Arbetsgruppen har därför vuxit till att bli den klart dominerande i hela projektet. Ledaren för arbetsgruppen har trots det kunnat organisera och styra upp arbetet på ett beundransvärt sätt.
- Kommunerna behöver fakta, väl underbyggda och verifierade konstruktionslösningar som de kan handla upp efter. När vi väl kom så långt att vi kunde leverera det så märks också ett enormt stigande intresse. Många kommuner (även utanför projektkonsortiet) har anlagt flera demonstrationsanläggningar varav kostnaderna överskridit budget för den kategorin. Något som vi bara kan se positivt på.
- Träd engagerar väldigt många människor och väcker mycket känslor vilket vi märker tydligt vid de seminarier vi arrangerat eller deltagit i. Vi har flera eldsjälarna i projektet vilket kraftigt förenklat kommunikationen av de resultaten. Våra konstruktionslösningar för träd är också de som mest effektivt spridits utanför Sverige.
- Medialt har projektet haft fler framgångar än något annat projekt vi deltagit i. Steg 3 har kommunicerats på mellan 100 och 200 tillfällen.

8. Nästa steg

Fortsatt samarbete mellan olika forskargrupper i nya ansökningar, konsultarbeten osv.

Här citat från en av våra partners: Genom vårt projekt har en bransch som inte samarbetat på 15 år nu samlat sig i "Svensk Markbetong 2.0" för att kunna inventera

och uppdatera den gemensamma branschkompetensen inom segmentet. Avsikten är att förmedla ny kunskap till branschens samtliga aktörer genom marknadskommunikation och via uppdaterade branschstandarder (t ex AMA). Detta är inte begränsat till segmentet dränerande ytor men kommer gälla hela segmentet.

Fortsatt spridning av informationen, bland annat genom att framöver sälja den gemensamma kompetensen i form av riktade seminarier till en rad olika kommuner.

Samtidigt samarbetar vi med Svenskt Vatten och håller föredrag på deras seminarier.

Arbetsmetodiken kommer att användas i andra ansökningar/projekt för olika material.

Nya projekt kommer att sökas för att implementera våra lösningar i fler städer och kunna följa upp dem i fler klimat, grundläggningstyper mm. Alla våra lösningar passar sannolikt inte på alla platser vilket måste prova ut och kommuniceras. Vi har redan fått ett projekt beviljat där vi ska se mer på de sociala aspekterna och tillgänglighetsdesign: *Tillgänglighetsperspektiv på systemlösningar för öppen dagvattenhantering*.

Ett naturligt nästa steg (även beskrivet ovan) är att arbeta med nya drift- och underhållstekniker för att dels göra underhållet av denna typ av konstruktioner billigare men även för att deras funktion ska behållas över åren.

9. Bilagor

- | | |
|----------|--|
| Bilaga 1 | Lista över projektets tekniska rapporter |
| Bilaga 2 | Leveranser tillgängliga på hemsidan men ej som rapporter |
| Bilaga 3 | Populärvetenskaplig sammanfattning av projektet |

Bilaga 1 Rapportlista för Klimatsäkrade systemlösningar för urbana ytor

Rapport	Innehåll
1) Krossmaterial från ett entreprenörsperspektiv med fokus på tillverkning och karakterisering	Tillverkning av krossmaterial, anläggning, kvalitetssäkring (permeabilitet, porvolym, bärighet)
2) Uppmätt hydraulisk konduktivitet på olika krossmaterial i laboratorium och infiltrationsmätningar på vägkonstruktioner i fält med god vattendränerande förmåga	Sammanställning av arbetet med uppmätning av porvolym och hydraulisk konduktivitet och infiltrationskapacitet, som gjorts i på material, i fält och på överbyggnader före och efter HVS-test, i samarbete med NCC m fl.
3) Accelererad provning av dränerande markstensytor med HVS - utrustning	Genomförande, resultat och slutsatser.
4) Dimensionering av permeabla överbyggnader och öppna förstärkningslager med avseende på trafiklast.	Dimensioneringstabeller för olika överbyggnader och trafikklasser med en redogörelse för tillämpad metodik.
5) Dimensionering av markbeläggningsplattor med hänsyn till deras geometri och underlagets styvhet	Formler för beräkning av tjocklekar för plattor på styvt underlag med redogörelse för framtagningen av dessa.
6) Sammanställning över underlag till AMA.	<i>Ev ej en teknisk rapport</i>
7) Anläggningsguide	Utförandeanvisningar/instruktion för konstruktioner med permeabelt slitskikt samt med öppna förstärkningslager på bundet och obundet underlag.
8) Utveckling av beslutsstöd för hållbara val av dagvattenhantering	Exempel på hur man kan välja/prioritera kombinationer av olika lösningar och vilken effekt detta har. Exempel finns
9) Klimatsäkrade systemytor för urbana miljöer – referensanläggningar och studier i urban miljö	Projektets referensanläggningar ibland deltagande städer
10) Mikroklimatet i stadsplaneringen	<i>Metoder och verktyg för integration av klimataspekter, dels i det mera</i>

	<i>övergripande planarbetet, dels vid detaljutformning av gator och platser. Konkret: Detaljplan för Masthuggskajen, Göteborg Detaljprojektering Västra Esplanaden, Växjö (försöksyta inom projektet).</i>
11) Implementering av innovativa systemlösningar för hållbar dagvattenhantering	Kartläggning av flaskhalsar i kommunernas planering samt förslag till förbättringar, nya policys mm
12) “Problems and opportunities regarding implementation of rain gardens and other sustainable storm water solutions for dealing with climate change in Sweden - a planning perspective.”	Vetenskaplig publikation i anslutning till konferens i St Petersburg
13) Miljökrav baserade på LCA-information vid kommunal upphandling av markstensprodukter av natursten och betong	Stöd för införande av LCA i offentlig upphandling
14) Klimatpåverkan av grågröna systemlösningar för urbana ytor	LCA analys av fallstudier inom projektet
15) Vitalisering av bokarna på Hyllie stationstorg	Specialstuide: Projekt för att åtgärda några negativa faktorer som påverkar bokar i en sammanhängande skelettjord med dagvattentillförsel på ett bjälklag i Malmö.
16) Rottillväxt i växtbäddar med skelettjord, Exempel från Blekingegatan Stockholm	Icke invasiva metoder för att följa rottillväxten hos träd i stadsmiljö.
17) En jämförelse av träd i växtbäddar från slutet av 70-talet och skelettjord – exempel Swedenborgsgatan	Växtbäddens betydelse för att återskapa en stadsmiljö dominerad av stora träd. Vilken tid kan man förvänta att det tar innan nyplanterade träd ger samma nyttor som gamla.
18) Tillväxtökning av biokol hos urbana träd på Herrhagsvägen 2	Effekter på tillväxten hos körsbär av biokol i jord fram till 6 år efter plantering.
19) Dagvattentillförsel till växtbäddar för träd	Påverkan av dagvattentillförsel till växtbäddar för träd, försök och litteraturstudie.

20) Vilka faktorer påverkar tillväxten och vitaliteten hos stadsträd i sju svenska städer; Malmö, Helsingborg, Kristianstad, Göteborg, Växjö och Sundsvall	
21) Trädetablering med nya växtsubstrat i Råby, Lund	
22) Biofilter i Kviberg – lärdomar och erfarenheter	
23) Biofilter, Lorensberg, Göteborg	<i>Kortfattad summering, PM</i>

Bilaga 2 Leveranser tillgängliga på hemsidan men ej som rapporter

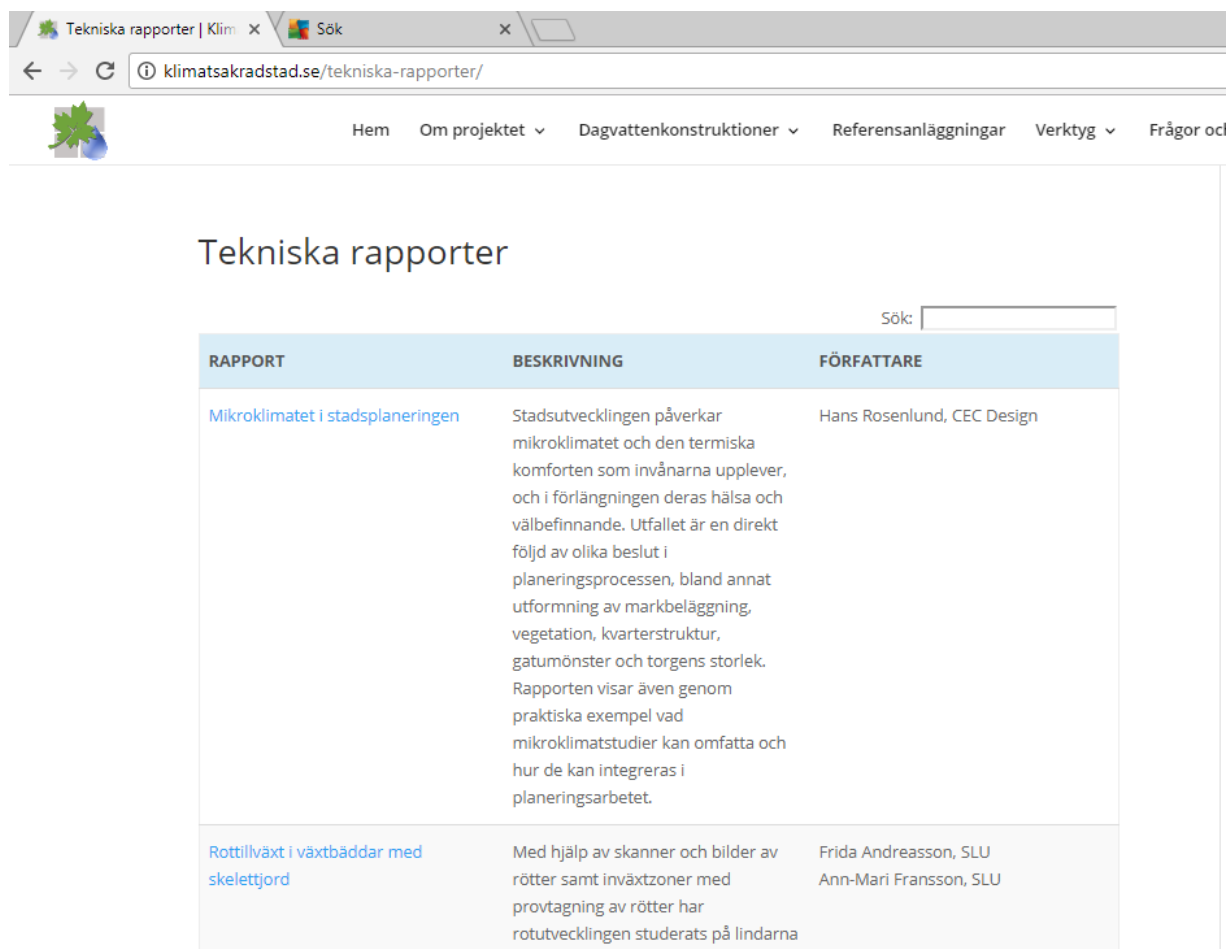
Flera av projektets leveranser finns att tillgå på vår projekthemsida och inte i form av tekniska rapporter:

<http://klimatsakradstad.se/>

Tekniska rapporter i steg 3 finns dock att ladda ned här: Alla är inte uppladdade ännu men kommer att bli under första halvan av december:

<http://klimatsakradstad.se/tekniska-rapporter/>

En fullständig lista över alla tekniska rapporter finns i slutet av detta dokument

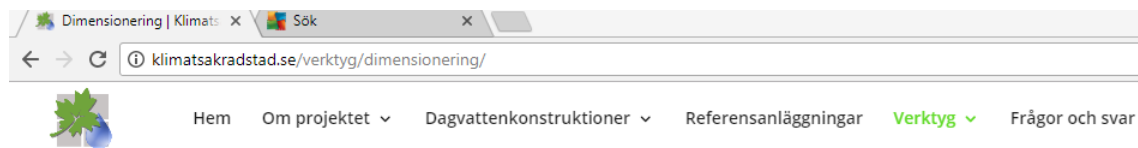


The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'klimatsakradstad.se/tekniska-rapporter/'. The website has a navigation bar with links: Hem, Om projektet, Dagvattenkonstruktioner, Referensanläggningar, Verktyg, and Frågor och svar. The main heading is 'Tekniska rapporter'. Below the heading is a search bar labeled 'Sök:'. A table lists two reports.

RAPPORT	BESKRIVNING	FÖRFATTARE
Mikroklimatet i stadsplaneringen	Stadsutvecklingen påverkar mikroklimatet och den termiska komforten som invånarna upplever, och i förlängningen deras hälsa och välbefinnande. Utfallet är en direkt följd av olika beslut i planeringsprocessen, bland annat utformning av markbeläggning, vegetation, kvarterstruktur, gatumönster och torgens storlek. Rapporten visar även genom praktiska exempel vad mikroklimatstudier kan omfatta och hur de kan integreras i planeringsarbetet.	Hans Rosenlund, CEC Design
Rottillväxt i växtbäddar med skelettjord	Med hjälp av skanner och bilder av rötter samt inväxtzoner med provtagning av rötter har rotutvecklingen studerats på lindarna	Frida Andreasson, SLU Ann-Mari Fransson, SLU

Förutom dessa rapporter finns, på hemsidan, även ett gratis webbaserat dimensioneringsverktyg här:

<http://klimatsakradstad.se/verktyg/dimensionering/>



Dimensionering

Med dimensioneringsverktyget kan du utföra inledande överslagsberäkningar på din anläggning där hårdgjorda ytor samverkar med dagvattenlösningar. Med anläggning menas här en parkeringsplats, ett torg eller en smågata. Dimensioneringen görs både med avseende på bärighet på trafiklast och med avseende på dagvattenflöden. Effekterna av olika val av till exempel slitskikt, storleken på den hårdgjorda ytan, typ av dagvattenlösning och uppbyggnaden av denna, och kombinationerna av dessa kan studeras. Syftet är att på ett enkelt sätt kunna få en uppfattning om hur utformningen ska göras för att kraven på trafiklast och dagvattenflöden ska vara uppfyllda innan ett mer detaljerat projekteringsarbete påbörjas.

[Gå till dimensioneringsverktyget >>](#)

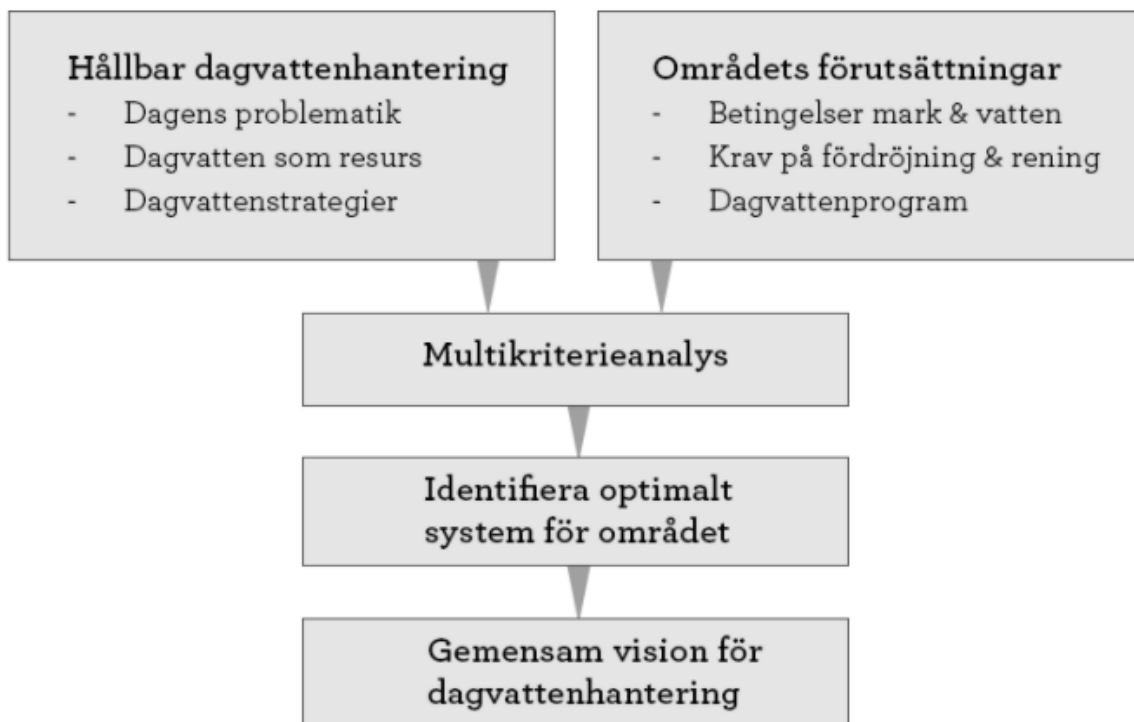
För frågor rörande dimensioneringsverktyget kontakta Jörgen Larsson, RISE, jorgen.larsson@ri.se

För övriga frågor beträffande dagvattenhantering kontakta Helene Sörelius, projektledare på RISE, helene.sorelius@ri.se

Ytterligare leveranser är ett beslutsstöd som underlättar för kommunerna att prioritera och välja den optimala lösningen för just dem.

<http://klimatsakradstad.se/verktyg/beslutsstod/>

Figur 1. Flödesschema över beslutsstödverktygets uppbyggnad och målbild (Brisvåg, 2017).



Bilaga 3 Populärvetenskaplig sammanfattning av projektet



Klimatsäkrade systemlösningar för urbana ytor

När städerna förtätas ökar andelen hårdgjorda ytor. Men de traditionella sätten att anlägga ökar antalet översvämningar. Projektet Klimatsäkrade systemlösningar för urbana ytor har tagit fram lösningar som framför allt minskar den negativa effekten av klimatförändringar i form av skyfall och har samtidigt skapat bättre levnadsvillkor för stadsträd.

Stadens hårdgjorda ytor utgör den i särklass största potentialen för en lokal och hållbar dagvattenhantering. Projektet har fokuserat på att ta fram nya konstruktioner och material för såväl trafikerade ytor som trädetablering. Genom laboratorieförsök, fullskaleförsök, beräkningar, modelleringar och demonstrationsanläggningar i flera städer har vi visat lösningarnas fulla potential som alternativ och komplement till nuvarande anläggningsteknik.

Flera städers dagvattenpolicy har kartlagts, inklusive flaskhalsar som försvårar en organisatorisk övergång till lokalt omhändertagande av dagvatten. Strategier för en ny policy har utvecklats, liksom beslutsstöd för mer hållbara lösningar. Dessutom har vi tagit fram verktyg som lämpar sig för användning i stadsplanering och i offentlig upphandling. Lösningarnas klimatpåverkan är analyserad bland annat genom modellering och simulering av påverkan på lokalklimat samt livscykelanalyser (LCA). Utbildningsinsatser och material för besiktningspersoner och studenter (i synnerhet landskapsarkitekter och landskapsingenjörer) är framtagna för att säkerställa kompetens på lång sikt. Omfattande kommunikationsaktiviteter har genomförts, både nationellt och internationellt.

Förtätningen av våra städer medför att mängden hårdgjorda ytor ökar i allt snabbare takt samtidigt som antalet naturliga avrinningsytorna minskar med samma hastighet. Varför då inte låta de hårdgjorda ytorna utföra mer arbete än att bara "transportera" fordon och fotgängare? Städernas gator och torg utgör enorma volymer och är den infrastruktur som i särklass har störst potential att verkligen göra skillnad när risken för översvämningar ska minimeras. Typiska ytor vi jobbat med är torg, parkeringsplatser, GC-banor, gator där man måste köra lite långsammare samt ytor för trädetablering.

Dokumentet innehåller korta beskrivningar och illustrationer av de olika aktiviteterna i projektet och är organiserad utifrån de olika arbetspaketen även om de flesta av dessa är gränsöverskridande. Den visar också i vissa delar hur vi gått till väga i projektet. Vilka steg som följts av andra beroende på resultaten.

Arbetspaket 1 är uppdelat i tre delar, en om hårdgjorda, trafikerade ytor, en om etablering av stadsträd och annan växtlighet och en om dagvattenlösningar med fokus på beräkning av flöden och liknande. Den senare innehåller även studier av lösningar som t ex biofilter och har samlat information om alla dagvattenrelaterade aktiviteter och fallstudier i projektet.

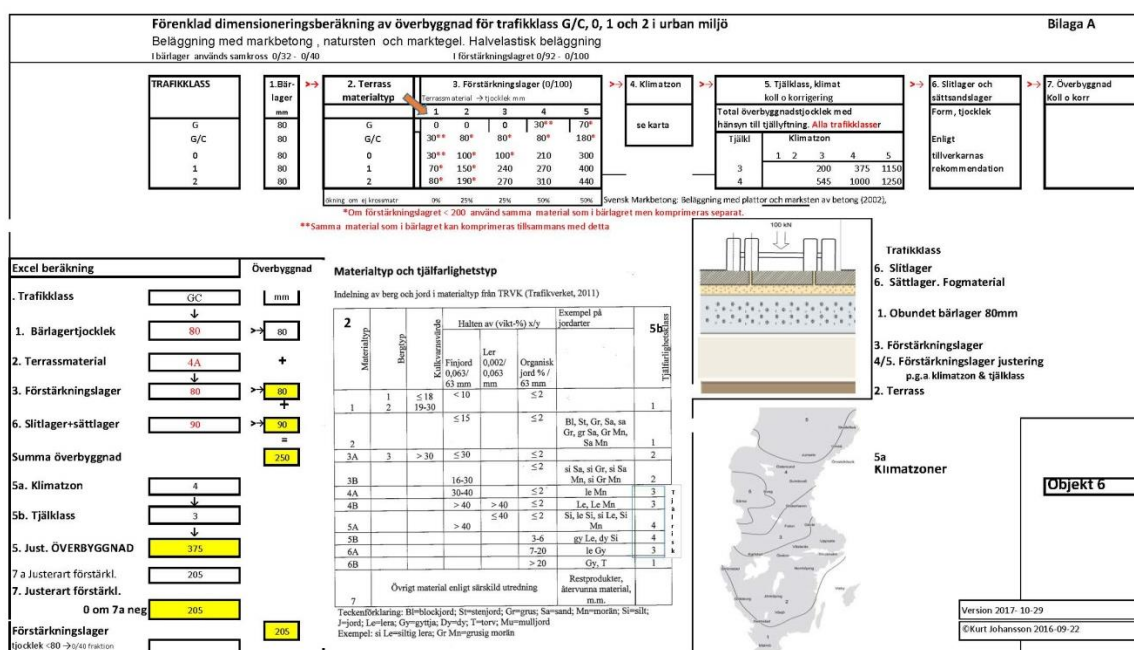




"Hårdgjorda ytor"

Skapa en baseline, en referensram för utvärdering av innovativa konstruktioner

Vi har inledningsvis arbetat med att skapa en branschgemensam syn på hur man dimensionerar en standardöverbyggnad så att man bl a kan kommunicera detta till alla kommuner och utbildningsplatser i landet. Fram till idag har det funnits väldigt många varianter. Nu finns det ett och med tillhörande kontrollsystem för att säkerställa att det byggs på rätt sätt. Mycket av detta har även kommunicerats in till AMA som remissvar. Figur 1 visar alla delar som skall beaktas när man dimensionerar överbyggnader upp till trafikklass 2.

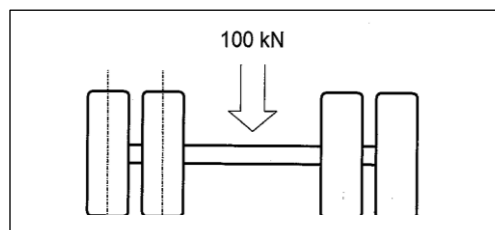


Figur 1. Illustrationen visar alla delar som tas med i beräkningen för dimensionering av överbyggnader.

Förslag till förenklad trafikklassindelning och fordonstyper finns också framtaget så att projekterare m fl snabbare kan bilda sig en uppfattning om vad som krävs utifrån de lokala behoven (figur 2 och 3 samt tabell 1 och 2).

Trafikklass	Antal standardaxlar Under beläggningens livslängd
GC	0
0	<50000
1	50000- 500000
2	500 000 - 1000000

Tabell 1. Indelning i trafikklasser



Figur 2. Standardaxelns axellast är 100 kN (10 ton)

Indelning i trafikklasser kan vara svåra att tillämpa på de låga trafikklasser, varför här nedan presenteras en vidareutveckling av Svensk Markbetongs förenklade trafikklassindelning.



Trafik- klass	Standardaxlar för trafikklass	Fordon per dag			
		Typfordon 1	Typfordon 2	Typfordon 3	Typfordon 4
G	0	10	0	0	0
G/C	0	Fri trafik	10	0	0
0	< 50 000	Fri trafik	Fri trafik	10	0
1	50 000 - 500 000	Fri trafik	Fri trafik	100	10
2	500 000 - 1 000 000	Fri trafik	Fri trafik	100	100

Tabell 2. Förenklad trafikklassindelning. Livslängd överbyggnad 20 år



Fordonstyp 1. Lätt renhållningsfordon eller personbil maxvikt 2 ton



Fordonstyp 2. Lätt varutransport med axellast max 3,5 ton



Fordonstyp 3. Tvåaxlig lastbil med tvillingmonterade däck



Fordonstyp 4. Stor buss eller treaxlig lastbil med tvillingmonterade däck

Figur 3. Fordonstyper för förenklad trafikklassindelning

För att säkerställa att det byggs rätt har vi dels tagit fram anläggningsanvisningar men även kontrollsystem för 3:e partskontroll med checklistor (figur 3). Systemet finns nu som standard i BEUMs utbildning av besiktningspersoner för utemiljö.



Projekt:				
Beställare:				
Entreprenör:				
Arbete: Beläggning naturstenshällar				
Grunddata				
Typ av yta: torg, väg, parkering,				
Föreskriven trafikklass		Klass:		
Material i terrassen	ABT VÄG AMA DC/1	Typ:		
Klimat zon	RA Anläggning 13	Zon:		
Tjälkass	ABT VÄG	Klass:		
Krossberg/annan material		Typ		
		Kommentarer		
Överbyggnad exkl. slitlager				
Bärlager	<u>Föreskrifter som ska följas:</u>	Föreskrift värde	Handlingar värde	Anmärkning
Fraktion/siktcurva	TRVKB 10			
Tjocklek	"GrGr överbyggn."			
Fall: (Samma som beläggning)	Utemiljö 4.4.5, AMA			
Planhet/buktighet	AMA DCB.312			
Komprimering	AMA DCB.3			
Vattenkvot				
Typ av padda/vält				
Antal överfarer				
Kontroll av packningsgrad	Packningsmätare			
Förstärkningslager				
Tjocklek	"GrGr överbyggn."			
Fall				
Förstärkningslagret < 200 mm samma fraktion som bärlager				
Fraktion/siktcurva	TRVKB 10			
Vattenkvot				
Typ av padda/vält				
Antal överfarer				
Kontroll av packningsgrad	Packningsmätare			
Kontroll överbyggnadstjocklek men hänsyn till tjälrisk och klimatzon				
Korrigerig av förstärkningslagret "GrGröverbyggn."				
Enligt tekniskt PM SCC och Tekniska rapport KTH 1999				
Terrassens jämnhet				

Figur 3. Exempel på kontrollprotokoll, här för beläggning med naturstensplattor.

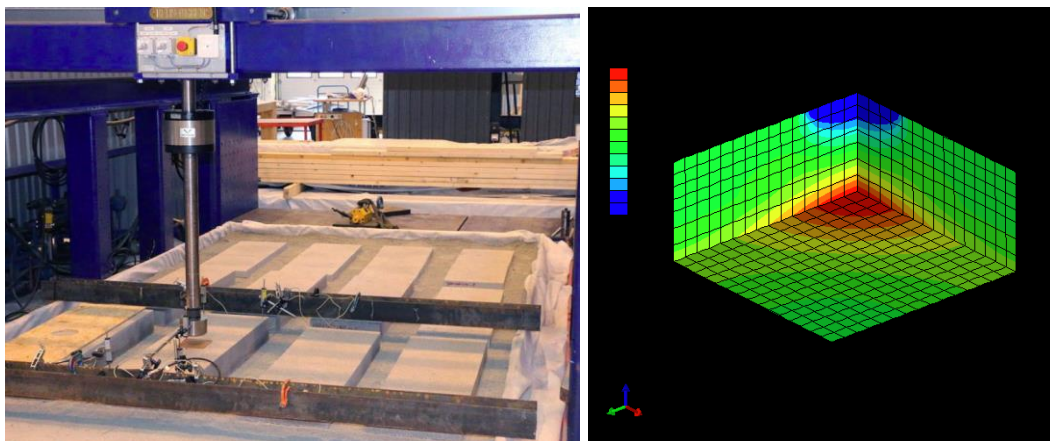
Orsaken till att vi har med detta i projektet är att de innovativa konstruktionerna vi planerade att ta fram måste byggas rätt för att fungera optimalt. Vi behövde korrekt byggda referenskonstruktioner att jämföra de nya med när vi utsatte dem för fullskaleförsök hos VTI. Vi visste från början att det förekommer en del misstag och fel i anläggningsbyggande och ville samtidigt försöka komma tillrätta med detta.

Vi var även tvungna att ta fram ett validerat koncept för att omvandla resultaten från våra fullskaleförsök till användbara och kommunicerbara rekommendationer. Det var då helt naturligt att utgå från standardkonstruktioner.

Av denna anledning inleddes även arbete med att ta fram dimensioneringsunderlag för naturstenshällar redan i steg 2 (figur 4A). I steg 3 vidareutvecklades arbetet med avancerad matematisk modellering (figur 4B). Vi kan konstatera att vi inte helt gått i mål med det senare inom ramen för projektet. Det kommer dock att färdigställas efteråt och föras fram i det Europeiska harmoniseringsarbetet för markbeläggingsprodukter i CEN TC 178. Denna del av projektet är redovisad både på CEN TC 178 WG 2 Marksten av natursten och CEN TC 246 Natursten och för EUROROCs expert nätverk. Det senare är branschföreningen för stenindustrier i Europa.

Beträffande markstensbeläggning med betong finns redan ett beprövat dimensioneringsregelverk.

Det bör noteras att vårt ursprungliga mål var att ta fram konstruktioner som klarar trafikklass 1.



Figur 4 A o B. Bilden till vänster (A) visar fullskaleprovning av naturstenshällar i RISE laboratorium. Bilden till höger (B) visar Finita elementmodellering av en del av en platta.

Fullskaleförsök hos VTI

Parallellt med arbetet att skapa ett referensverk för standardkonstruktioner gick vi vidare med att ta fram konstruktioner som skulle kunna hantera såväl trafiklaster som stora mängder vatten på kort tid (typ skyfall). Detta gjordes i fullskaleförsök hos VTI (Statens Väg- och Transportforskningsinstitut) med sin HVS-utrustning (Heavy Vehicle Simulator, figur 5). Denna utrustning är unik för Europa och det finns endast i ett fåtal exemplar i resten av världen. Kort förklarat är det en maskin med ett hjulpar monterat under. Hjulen, som belastas upp till 6 ton vardera (motsvarar en axellast på 12 ton), åker fram och tillbaka över en vägkonstruktion ett antal hundra tusen gånger och man mäter spårdjupsbildningen. Det finns även möjligheter att föra in vatten i konstruktionen för att utvärdera om den är stabil även under sådana förhållanden.

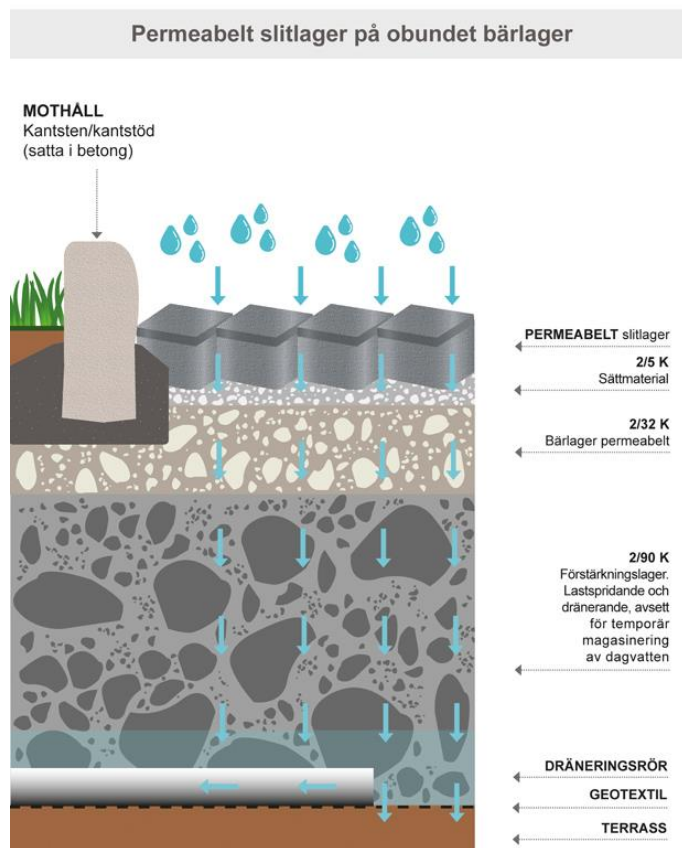


Figur 5. VTIs HVS-maskin i Linköping. Här på en dränerande beläggning med slitsikt av markbetongsten med stora fogar. Nederst i bilden syns VTIs linjelaser för mätning av spårdjup.

Våra första försök genomfördes i steg 2 med fullständigt dränerande konstruktioner (figur 6) där vi hade tagit bort alla ballastpartiklar mindre än 4 mm för att skapa ett väl dränerande material. Materialen var väldigt dränerande men inte stabila vilket gjorde att vi fick göra om försöken med andra ballastmaterial i steg 3. Denna gång hade vi tagit bort huvuddelen av material mindre än 2 mm vilket visade sig fungera väldigt väl både i anläggningsskedet och som beständig konstruktion med låg



spårdjupsbildning. Parallellt pågick en dialog med olika nätverk i Europa om deras erfarenheter, i synnerhet Belgiska Vägforskningsinstitutet. Förutom att konstruktionerna höll så tyckte anläggningsarbetarna att materialen var bra och lätta att arbeta med. NCC tog fram materialen och har skrivit en rapport om detta och själva anläggningsarbetet utifrån ett entreprenörsperspektiv.



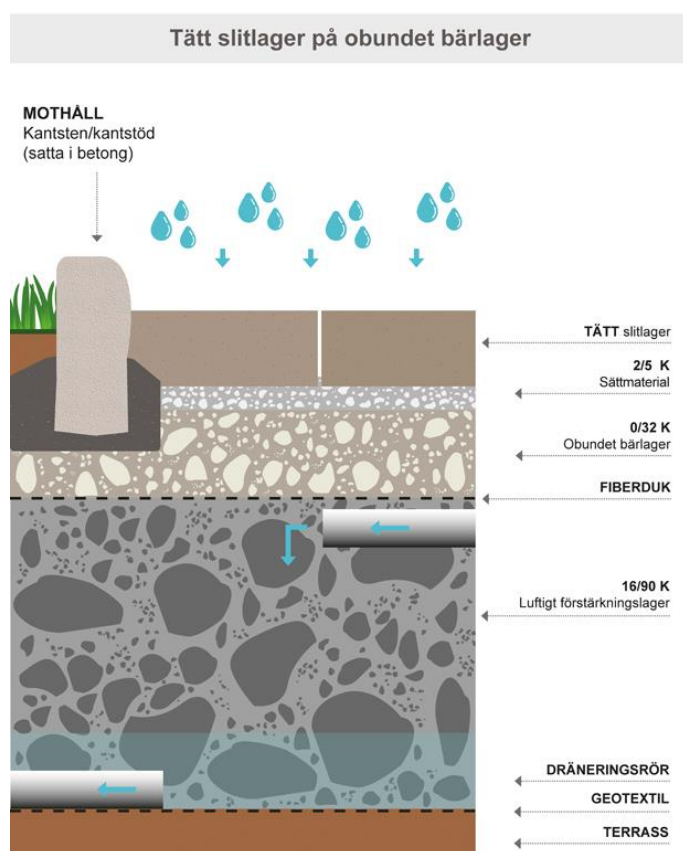
Figur 6. Illustration av fullt dränerande konstruktion där man kan välja att ha dräneringsrör i botten beroende på vad som finns under.

De positiva resultaten kommunicerades till flera kommuner och deras konsulter inom dagvattenbyggande. Det fanns fortfarande ett motstånd mot att bygga konstruktioner som dessa och flera frågetecken kvarstod. Bullrar de? Täpps de igen av halkgrus och annan smuts? Blir det tjällyftning osv. Av figur 7 framgår att det är stora fogar mellan betongmarkstenarna. Vi använde två sorter, en med 10% öppningar och en med 20% öppningar. Denna typ av slityta är kanske inte den man rekommenderar på gator där man kör med högre hastighet. På GC-vägar (gång och cykelbanor) finns det andra invändningar såsom risk att fastna med käppar, klackar osv. Konstruktionen kan med fördel kombineras med t ex naturstenshällar för gångstråk på öppna ytor. På gator med låg hastighet fungerar de också väldigt väl liksom på parkeringsytor.



Figur 7. Dränerande yta med betongmarksten. 20 % fogyta till vänster och 10% till höger.

Vi tog till oss kritiken och utvecklade även en annan typ av konstruktion som kan användas på samtliga ytor, GC-banor, vanliga gator, torgytor osv. Konstruktionen som illustreras i figur 8 utgörs av en standarddel överst, t ex asfalt och vanligt bärlager därunder. Skilt från dessa med en geotextil/fiberduk (som förhindrar finmaterial att vandra nedåt) finns det vi valt att kalla luftigt förstärkningslager, en ovanligt porös konstruktion med stenar på 16 – 90 mm storlek. Valet av stenstorlek kan variera och det är mycket viktigt att man mäter de olika lagrens styvhet/bärförmåga när de lagts ut och packats. Regnvattnet förs ned till förstärkningslagret via brunnar i sidan av ytan/gatan.



Figur 8. Illustration av konstruktion med traditionell överyta i kombination med luftigt, dränerande, förstärkningslager

Denna konstruktionstyp har visat sig enklare för kommunerna att välja och har även anlagts på ett antal platser i Sverige. Västra Esplanaden i Växjö är en sådan demonstration som också studerats ur flera perspektiv inom projektet. Här har projektsamverkan fungerat som bäst. Här har vi utvärderat livcykelanalyser hos olika konstruktionstyper och materialval samt studerat och modellerat climateffekter. Det finns dessutom en trädallé som ståndortsförbättrats, i detta fall genom att man grävt och sugit bort ca 800 mm av "jorden" och ersatt med en skelettjordskonstruktion. Skelettjordskonstruktion är i sig inget nytt men konceptet har utvecklats på flera sätt inom ramen för projektet. Grundprincipen är dock anläggning av ett stabilt stenskelett av större stenpartiklar, typiskt 100 – 150 mm. Detta ger trädens rötter bra möjligheter för vattentillgång och gasutbyte. Närheten till en gata där det också finns stora hålrum gör att trädens rötter kan växa mer naturligt istället för att skapa grova rötter som förstör slitskiktet, något vi ser på mängder av trottoarer i alla länder.



Figur 9. Anläggning av Västra Esplanaden i Växjö. Halva körbanan (den till vänster) utgörs av en dränerande konstruktion. Högra halvan närmast husen är en standardkonstruktion. OBS! Detta är en bussgata med frekvent tung trafik! Till vänster i bild syns trädallén.



Figur 10. Västra Esplanaden i Växjö 2 år efter anläggandet. Inga synbara deformationer.



En nackdel med denna typ av konstruktion är att det inte syns att den är speciell förrän det regnar (figur 10). När man investerar i något nytt vill man gärna att det ska synas men det är svårt med det som ligger under mark. Västra Esplanaden är en lågpunkt i Växjö som tidigare lidit av frekventa översvämningar. Tillsammans med projektinitierade lösningar även på Liedbergsgatan högre upp har Växjö kommun nu lyckats undvika alla översvämningar de senaste två åren.

Exempel på andra platser i Sverige där denna typ av konstruktion finns anlagd är Munka Ljungby, Stockholm, Uppsala, Järfälla. Järfälla utvidgar nu användningen av denna typ konstruktioner efter de positiva erfarenheterna.

Malmö har precis handlat upp projektering av denna konstruktionslösning

I Norrköping planeras en fullt dränerande konstruktion anläggas.

Utvärdering av fullskaletester

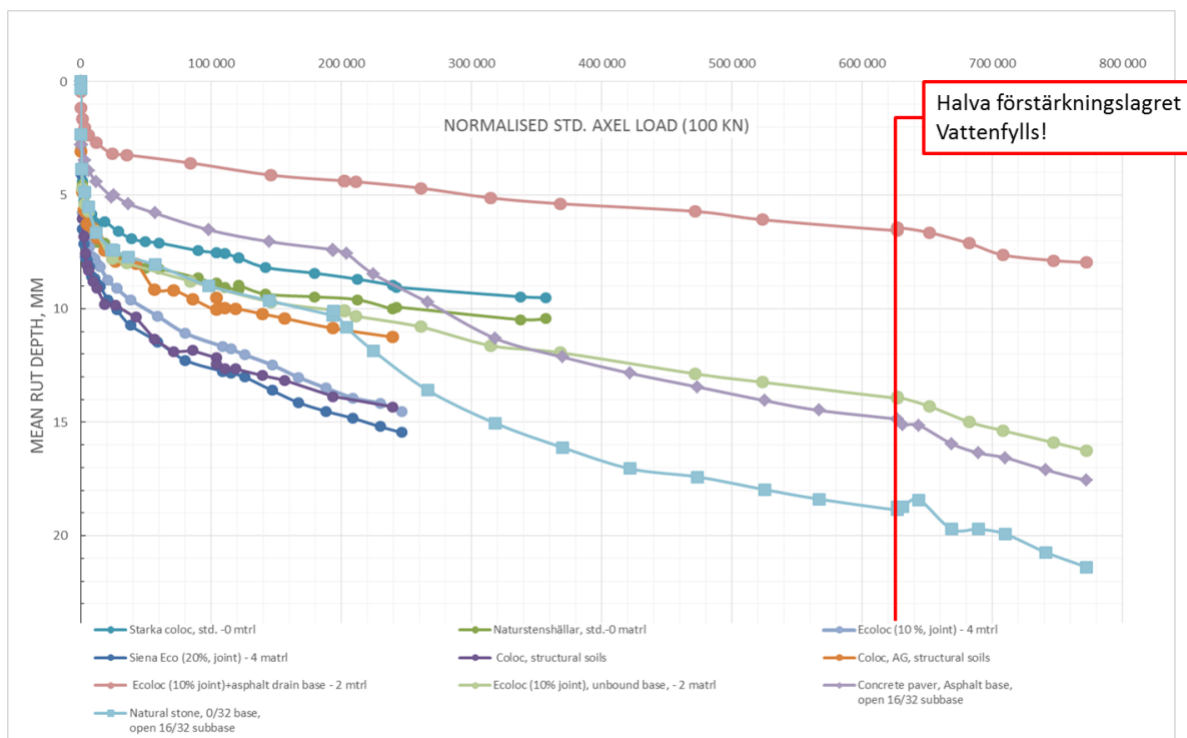
Vi har kört upp till 420 000 överfarter med motsvarande upp till 12 tons axellast på de flesta konstruktionerna. Genom att räkna om till sk standardaxlar om 10 ton motsvarar detta ca 780 000 överfarter, dvs nära 1 miljon vilket är kravet för trafikklass 3. Diagrammet i figur 12 illustrerar spårdjupsmätning i våra HVS-försök för de olika konstruktionerna.

De sättningar som uppträder omedelbart efter första trafikbelastning (initialsättningarna) uppgår till 2-6 mm och är helt normala. De förekommer i alla typer av ytbeläggningar. De är i praktiken knappt synliga och vid dränerande ytbeläggning kommer dessutom inget vatten att bli stående i dessa. Därefter sker en långsam ökning av deformationerna vid ökat antal överfarter.

Efter ca 150 000 överfarter höjdes grundvattenytan till en nivå om 30 cm under förstärkningslagret. Efter 350 000 överfarter (motsvarar drygt 600 000 överfarter med standardaxlar) höjdes vattennivån ytterligare och nu upp till halva förstärkningslagrets tjocklek. Detta är extra viktigt då stor skepsis råder om gators stabilitet med delvis vattenfyllda materiallager.

Vi kan konstatera att bidraget till spårdjupsbildningen från förhöjda grundvattennivåer är ca 1 mm. Detta om man har halva förstärkningslagret fyllt med vatten 1 dygn/vecka året runt i 20 år! Då räknar vi samtidigt med att man kör med bussar där, t ex en buss var 3:e minut, 12 timmar per dygn, året runt i 20 år.

Designtabeller för alla provade konstruktioner och trafikklasser har beräknats bland annat med hjälp av Trafikverkets verktyg PMS Object. Figur 12 visar hur tabellerna ser ut för de båda fullt dränerande konstruktioner där vi tagit bort det mesta av materialet mindre än 2 mm.



Figur 11. Diagrammet visar spårdjupsbildning för alla 10 konstruktioner som provats i projektets steg 2 och 3.

Eftersom det är stadens hårdgjorda ytor som har i särklass störst potential att hantera stora mängder vatten är det dessa vi fokuserat mest på, både teknisk utveckling och verifiering av konstruktioner. Upphandlare, planerare och projektörer måste ha bra tekniskt underlag för att kunna använda innovativa lösningar. Det har varit en stor utmaning att även pedagogiskt föra ut våra resultat. Mycket återstår, bland annat att få in resultaten som en norm i relevanta vägledningsdokument såsom Svenskt Vattens rapporter och AMA's handböcker.



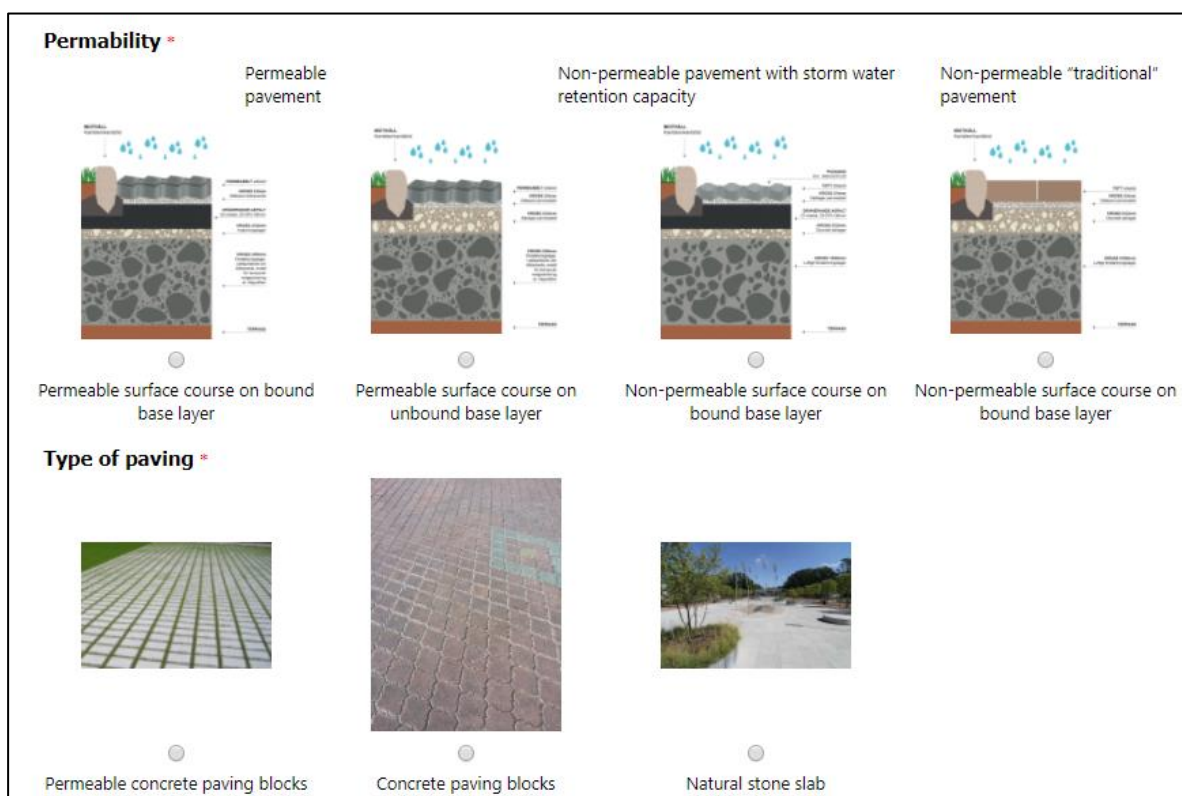
Klimatzon 1-6, krossat material i förstärkingslagret								
Trafik	Tillåtet antal standardaxlar	0	0	<50 000	50 000-500 000	500 000-1 000 000	1 000 000-2 500 000	2 500 000-5 000 000
	Trafikklas	G*	GC	0*	1	2	3	4
Överbyggnad	Tjocklek[mm]							
	Marksten	50	60	80	80	80	80**	80**
	Sättlager (2/5)	30	30	30	30	30	30	30
	Obundet bärlager (2/32) ¹	Hela ÖB	80	80	80	80	80	80
	Förstärkningslagrets (2/90) tjocklek på terrass av materialtyp	1	0	0	88	125	238	313
		2	0	88	88	188	263	438
		3	100	88	88	300	363	438
		4	125	88	88	338	413	513
		5	175	213	213	500	575	725
¹ If 55 mm permeable asphalt concrete is used instead of the crushed rock base layer, the thickness of the subbase may be reduced by 200 mm. *) Svensk Markbetongs egen definition **) Rekommenderad tjocklek på marksten är 100 mm								

Figur 12. Design- eller dimensioneringstabell för fullt dränerande konstruktioner

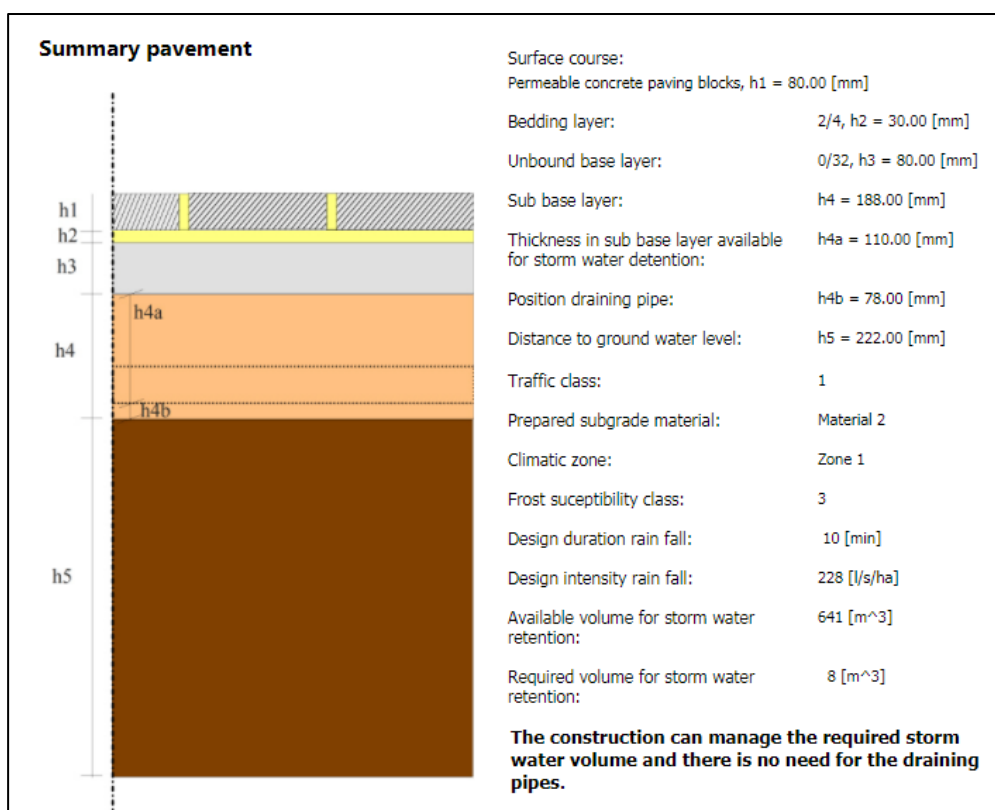
Designhjälp till kommuner med flera

Ovan beskrivs vilka fullskaleförsök vi genomfört och hur vi tagit fram dimensioneringsunderlag, typritningar osv. Parallellt med detta har vi arbetat med att ta fram mjukvara för att kunna kombinera val av konstruktion för en viss applikation (gata, torg och parkeringsplats). Figur 13 visar verktyget då man väl registrerat sig och ska börja göra sina val. Verktyget använder sig av de dimensioneringstabeller som tagits fram.

Tanken är att planerare och "projekterare", enkelt ska få en uppfattning om vilka val man har att tillgå och om dessa kan hantera den nödvändiga vattenmängden. I verktyget kan man arbeta med upp till 10 000m² ytor och ett så kallat 10-års regn. Vill man gå utöver detta finns kommersiella program att tillgå, bland annat via projektkollegor.



Figur 13. Bilden visar vilka typer konstruktioner som vårt dimensioneringsverktyg kan hantera.



Figur 14. Resultatsidan för dimensionering av en tänkt konstruktion; här en permeabel konstruktion med betongmarksten, för trafikclass 1 och viss nivå till grundvatten.

Figur 14 visar exempel på hur resultatsidan kan se ut när man valt konstruktionstyp, material för slitytan och matat in ett antal andra parametrar som t ex hur stor ytan är och hur djupt grundvattnet



ligger. Verktöget räknar då ut hur tjocka de olika lagren ska vara, om det behövs dräneringsrör och om konstruktionen klara att hantera ett 10-årsregn.

I dagsläget kan man kombinera en hårdgjord yta med ett biofilter (en regnbädd) och få information om dessa kan hantera vattenmängderna man räknar ska komma.

Biofilter/regnbäddar

I dimensioneringsverktöget kan för närvarande kombinera en hårdgjord yta med ett biofilter (en regnbädd) och få information om dessa enskilt eller tillsammans kan hantera vattenmängderna man räknar ska komma. Biofilter (figur 15 och 16) är inga skyfallslösningar utan mer att betrakta som attraktiva lösningar för lokalt omhändertagande av mindre regnmängder och med samtidig förmåga att rena vatten. Det är, i dagsläget, lättare att blanda in olika produkter/material med mer renande effekt än i trafikerade konstruktioner. Det bör dock påpekas att det finns många vetenskapliga publikationer som redovisar mycket goda reningseffekter även för den typ dränerande konstruktioner vi tagit fram. Detta avser både organiska föroreningar och metaller.

Flera biofilter är anlagda inom och utanför detta projekts ramar. Tanken är att de ska översvämmas vid kraftiga regn. En fråga har dock varit hur de fungerar när det inte regna och vilka växter som tål både torka och att stå i vatten flera dagar. En av våra studier avser en större parkeringsyta på 650m² i Kviberg, i Göteborg (figur 17) där man studerat såväl anläggningsarbetet, val av växter, reningseffekter mm. Flera regnbäddar är anlagda i t ex Uppsala och Malmö och finns redovisade som referensanläggningar på hemsidan; <http://klimatsakradstad.se/referensanlaggningar/>.



Figur 15. Biofilter, Kristian Klasson & Kent Fridell Tengbomgruppen AB, 2014.



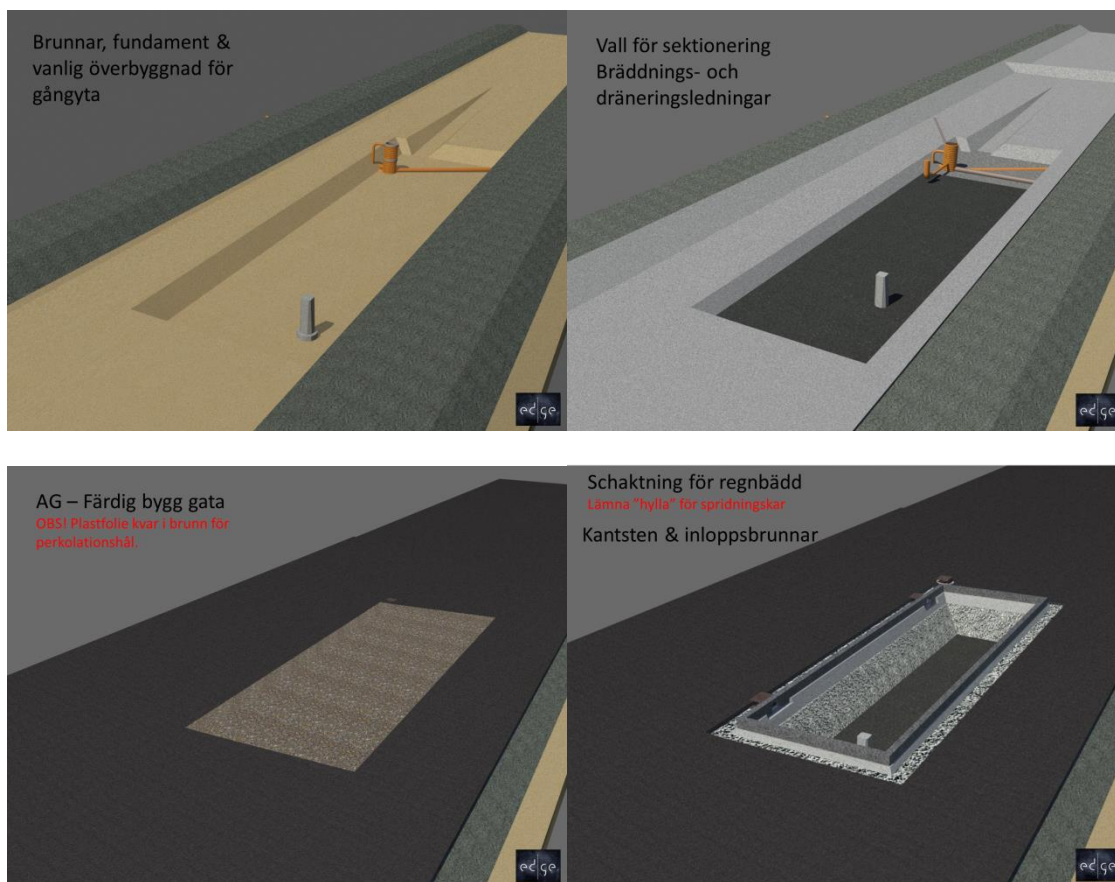
Figur 16. Foto av nyanlagt biofilter i Kviberg, Göteborg. Biofiltret ligger i anslutning till en ca 650m² stor parkeringsplats. Foto: Anna Dahlström, Sweco.

Att anlägga biofilter

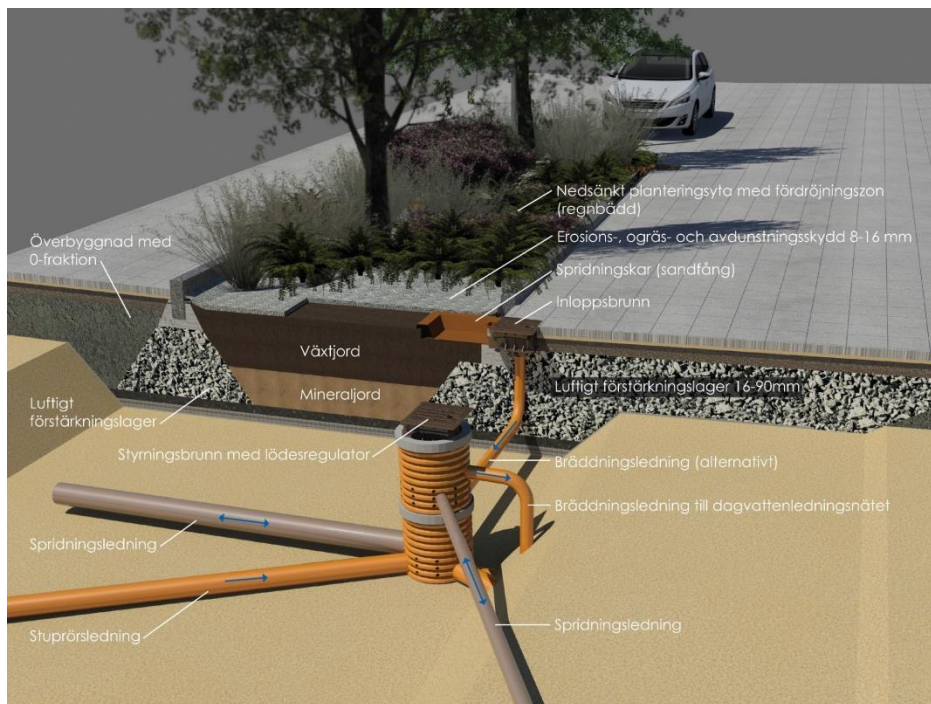
Det har visat sig att det inte är helt enkelt att "installera" ett biofilter i en bebyggd stadsdel, inte i en ny heller för den delen. Dels är det lätt att bygga fel om man inte fått utbildning i hur man ska bygga och varför det är viktigt att använda vissa typer av material. Dels måste biofiltret fungera ihop med den omgivande marken och eventuella installationer för vidare avvattning. Slutligen måste anläggningsarbetet planeras noga i tiden så att tidigt anlagda delar inte blir förstörda av anläggningsmaskiner på väg till en annan del av projektet eller förenade av annat anläggningsmaterial. En projektpartner har därför titta extra på när olika delar bör byggas och hur man ska skydda det redan byggda från resten. Figuren 17 – 19 visar exempel från anläggning och projektering.



Figur 17. Anläggningsarbete i Uppsala. Foto: Kent Fridell Edge/SLU



Figur 18. Exempel på byggsteg vid anläggning av ett biofilter i Rosendal. Kent Fridell Edge/SLU



Figur 19. Illustration av samverkan mellan olik grön-blå lösningar i Rosendalsprojektet, Uppsala. Kent Fridell Edge/SLU

Stadsträd

Det kan tyckas lite udda att projektet lagt så mycket tid och kostnader på just stadsträd och man kan undra över vad dessa har med översvämningsrisk att göra? Träd förbrukar i detta sammanhang inte mycket vatten jämfört med de mängder som kommer i samband med ett skyfall. Vanligt förekommande siffror är på ett antal hundra liter per dygn för ett medelstort träd. Det finns dock två andra viktiga aspekter i sammanhanget och de är den fördröjningskapaciteten ett friskt träd med full utvecklad trädkrona och bladverk har. Att stå under ett träd när det regnar kraftigt har nog de flesta gjort. Dessutom finns det saker som inte syns lika tydligt och det är vad som försiggår under mark. Här finns stora volymer som både kan hantera dagvatten och ge träden bättre växtbetingelser. Vitaliteten hos lindar har visat sig vara bättre om de får dagvatten och tillväxten hos vissa arter ser ut att gynnas men det är inte helt belagt. Vi kan dock säga att träd inte skadas av att dagvatten leds ner i växtbäddarna.

När staden gått från mer gröna till mer hårdgjorda ytor har träden fått sämre växtförutsättningar genom minskad jordvolym, vattenmängd, gasutbyte och näringstillförsel. Klassiskt sett har man planterat stadsträd i ca 1 m³ jordklump med någon form av avskärmning till den omkringliggande gatukonstruktionen av täta materiallager.



Figur 20. Typisk bild av trädplanterinar i staden. En liten volym jord och sedan tätt bär- och förstärkningslager.

På senare år har den så kallade Stockholmsmodellen för trädetablering blivit allt vanligare, skelettjordskonstruktion. Principen är, i korthet, att man lägger ut ett tunt lager med större stenar, typiskt 100 – 150 mm, packar det lagret och spolar ned cirka 25 % anläggningsjord. Därefter lägger man ut ytterligare ett lager med sten, packar det och spolar ned anläggningsjord. Då har man skapt mycket bra förutsättning för att träden ska kunna växa på ett naturligt sätt. Modellen är dock relativt dyr och kräver ett omsorgsfullt arbete för att lyckas, för att man ska få ett stabilt stenskelett. Träden planteras sedan ofta i en prefabricerad betong hållare som ger rötterna möjlighet att växa ut i skelettjorden. Luftbrunnar ger tillförsel av vatten (även dagvattenbrunnar) och möjlighet för gasutbyte. Förutom att träden får nytt liv med väldigt fint utvecklade bladverk kan man se på

brunnslocken vad det handlar om under ytan. Stockholm stad har tagit fram lock med öppningar i form av små blad. Foto 21 illustrerar huvuddelarna i anläggningen och även brunnslocket.



Figur 21. Anläggnings av skelettjordskonstruktion. Nederst till vänster syns brunnslock för vattenintag. Notera öppningarna i form av små blad.

Flera varianter på skelettjordskonstruktionen har provats inom ramen för projektet och även i anslutande projekt (prisvinnande "Stockholm Biochar project"). Vi vet nu att biokol ger en bättre tillväxt hos stadsträd och att denna effekt finns kvar även 6 år efter etableringen. De senaste åren har många försök genomförts med biokol/träkol, kompost och sten ofta i förhållandena 1:1:6. Försöken har varit mycket lyckade och konstruktionen har även en bättre potential att rena dagvatten. Biokol tillgodoser växternas behov genom att:



- * Hålla mer vatten i marken. Extra viktigt vid ökad temp.
- * Förhindra att växtnäring lakas ur och att näringen hålls kvar i en tillgänglig form i marken.
- * Förbättra markstruktur och stimulera svamp och jordbakterier i marken.



Figur 22. Växtbädd för träd med biokol och sten. Foto Björn Embrén, Stockholm



Figur 23. Samma växtbädd med nyplanterade träd 2015 TV. TH 2016

Konceptet används inte bara vid nyplantering utan även vid sk standortsförbättring där man gräver bort det över lagret anläggningsmaterial, ofta ned till ett djup på 800 – 900 mm och ersätter med biokol, lite kompost och mkt krossad sten. Ett fortfarande pågående projekt är renoveringen av allén vid Valhallavägen i Stockholm (figur 24).



Kommunikation om hur man bör skapa optimala villkor för stadsträdens överlevnad har kommunicerats i mycket stor omfattning, även internationellt. I Graz, Österrike, har man redan anlagt en gata/trädallé enligt den nya Stockholmsmodellen.



Figur 24. Valhallavägen, Stockholm efter nyligen genomförd renovering av mark för träd samt ny "luftig", dränerande, konstruktion för parkeringsplatserna och tillfartsväg.

Klimat effekter

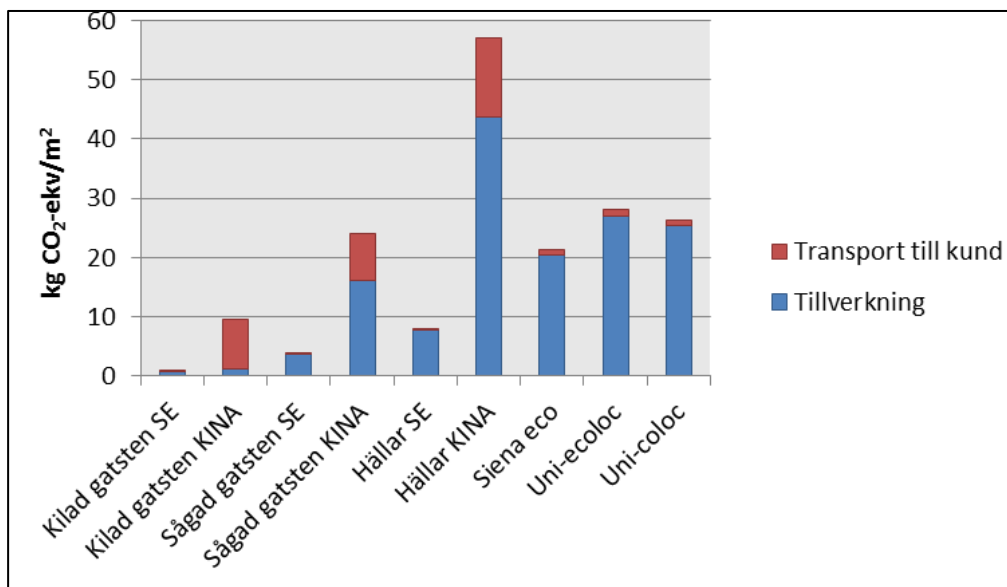
Ytterligare en målsättning med projektet är att våra lösningar skall vara hållbara. En av de mest diskuterade hållbarhetsaspekterna handlar om klimatpåverkan. I vårt projekt har vi tagit fasta på både inverkan på lokalklimatet i form av vindar och temperaturer, men även i lite mer övergripande skala med livscykelanalyser (LCA) och här uttryckt som koldioxidekvivalenter.

Livscykelanalyser

I steg 2 av projektet genomfördes omfattande arbete med att ta fram LCA på olika markstensprodukter såsom gatsten, hällar och kantsten av natursten tillverkade i Sverige respektive Kina samt marksten av betong tillverkad i Sverige (figur 25). Detta gjordes av SP, Stenindustriförbundets medlemsföretag, Starka och ett antal kommuner. Man kom fram till en gemensam syn på vad som kan anses realistiskt avseende livslängd hos en hårdgjord yta i staden. Efter 30 år har de flesta gator lagts om och då detta görs är det idag väldigt olika förutsättningar för återanvändning respektive återvinning av markstensprodukterna. Återanvändningsgraden för natursten är mkt hög, i vissa fall 98%. Vi räknade med 6 omläggningar, dvs en total längd om 180 år. Idag återanvänder vi såväl gatsten som kantsten som är flera hundra år gammal vilket gör antagandet realistiskt.



Marksten av betong återanvänds inte men återvinns efter krossning. I steg 3 har vi även räknat på vad det skulle innebära för klimatpåverkan om man börjar återanvända betongmarksten i olika omfattning. Idag saknas tekniken för att göra detta ekonomiskt men detta kan vara ett incitament för att ta fram sådan teknik.



Figur 25. Exempel på LCA för olika markstensprodukter.

I steg 3 gick vi vidare från LCA-studier på enskilda produkter och mindre ytor till analys av våra fallstudier, i synnerhet de på Västra Esplanaden i Växjö där de befintliga konstruktionernas LCA beräknades samt ett par alternativa lösningar. För projektet Rosendal i Uppsala användes LCA som del i verktyget för beslutsstöd som togs fram. Mer om det längre fram.

LCA kan vara ett instrument i valet mellan olika produkter och konstruktioner för en kommun i offentlig upphandling. För att underlätta för kommunerna att föra in krav på LCA i sina upphandlingar har projektet tagit fram ett förslag på LCA-light, en lite förenklad variant som alla ska kunna hantera till dess att LCA blivit mer rutin att ta fram för industrin. Förslaget är infört för upphandling av marksten i Rosendalsprojektet i Uppsala.

Lokalklimat

Hur man bygger i staden påverkar det lokala klimatet eller "urbant mikroklimat". Alla vet att det är varmare i staden och de flesta har hört talas om Urban heat island. Det senare kanske inte är jätteaktuellt för Sverige just nu men om förtätningen av staden fortsätter kan vi bygga fast oss utan beredskap att hantera detta vid framtida klimatförändringar. Valet av markbeläggning påverkar temperaturen. En ljus yta är svalare på sommaren än en mörk: vit marmor eller svart diabas. Vissa dränerande hårdgjorda ytor kan hålla kvar fukt till vegetation och där finns också en avdunstningsfaktor att beakta som också kyler.

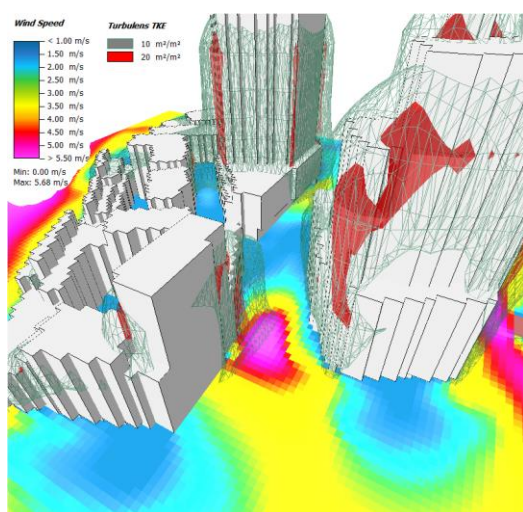
Motsvarande gäller för vilken vegetation man har i staden och hur den placeras. Lägre buskar kan bryta vinden på nivåer/höjder där människor rör sig. Träd kan bryta vinden men kan även skapa stiltje på lägre nivåer om de blir för många, förs stora osv. Det gäller att planera rätt. Träden ger också skydd mot regn, skugga mot varm sol osv. Även sådana aspekter har beaktats i projektet.



Illustrationerna i figurerna 26 – 27 visar projektet Masthuggskajen i Göteborg där en projektpartner beräknat och modellerat vindhastigheter, temperaturer (komfortvärde) mm beroende på typ av lösning.



Figur 26. Masthuggskajen i Göteborg. Ny bebyggelse, uteplatser, GC-vägar osv planeras i samråd med våra projektpartners.



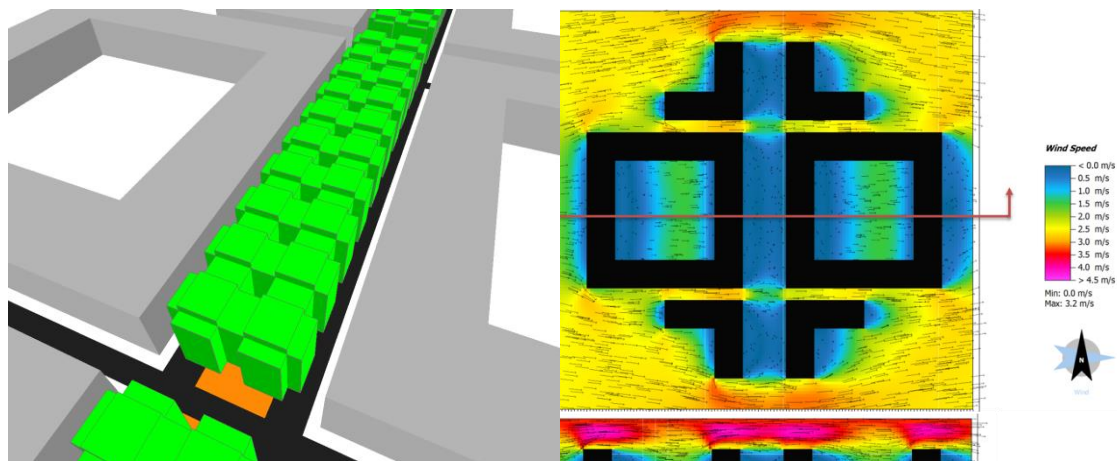
Figur 27. En mindre del av Masthuggsprojektet som visar var problem kan uppstå med för kraftiga vindar (mörkare röda delar).



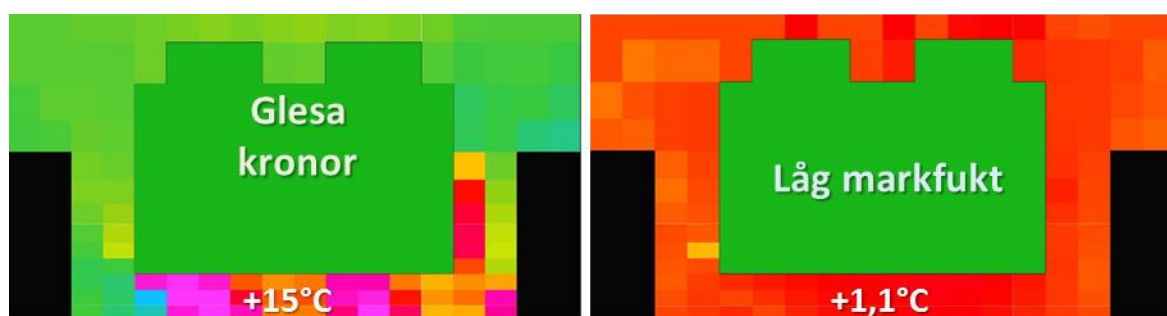


Figur 27. Komfortvärde som enklast översätts med termal komfort. Ju blåare desto färre missnöjda personer.

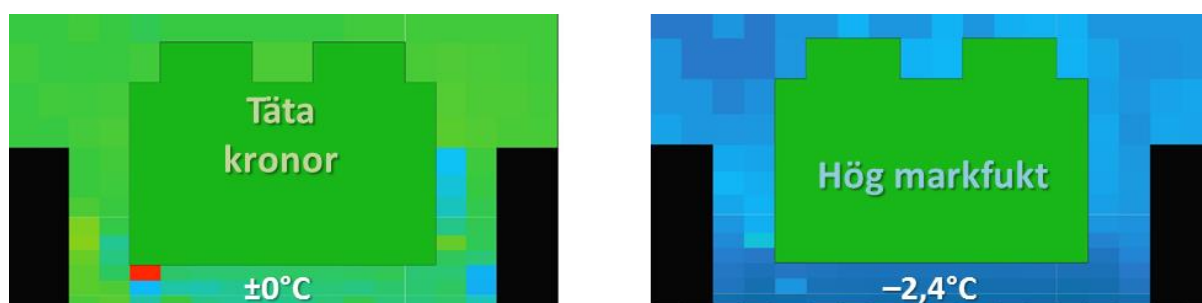
I Växjö och fallstudien Västra Esplanaden har vi modellerat gaturum utan träd och med träd och deras inverkan på komforten och likadant med fuktiga eller torra gator (figur 28). Friska träd med våra nya konstruktioner och "standardträd", typiskt halvsjuka eller långsamt döende stadsträd. Illustrationerna 29 och 30 visar tydligt fördelarna med friska, täta trädkronor och fuktig mark jämfört med glesa trädkronor och torra markytor.



Figur 28. Västra Esplanaden i Växjö. Till vänster är gata och allé illustrerad med block som träd. Till höger visas resultat av modellering av vindar kring träden.



Figur 29. Resultat pga dåliga livsvillkor för träd och användning av traditionella, torra, hårdgjorda ytor.



Figur 30. Resultatet av innovativa, multifunktionella konstruktioner ger bättre livsvillkor för träd och människor.



Stadsutveckling är en lång och multidisciplinär process. Nya områden byggs ofta tätt och högt vilket skapar mängder med problem. Klimatfrågorna är relevanta i olika stadier och skalor och i olika skeden av planeringen av stadens olika delar, både övergripande och detaljplanering:

Stadsplanering

Förutsättningar t ex: vind, temperaturer, sol, årstider

Resultat t ex: övergripande kvartersstruktur, gatumönster, platser, orientering

Detaljprojektering

Förutsättningar t ex: mark, vatten, vegetation

Resultat t ex: val av material och teknik för mark, plantering

Stadsutveckling, planering, överbryggande av organisatoriska stuprör

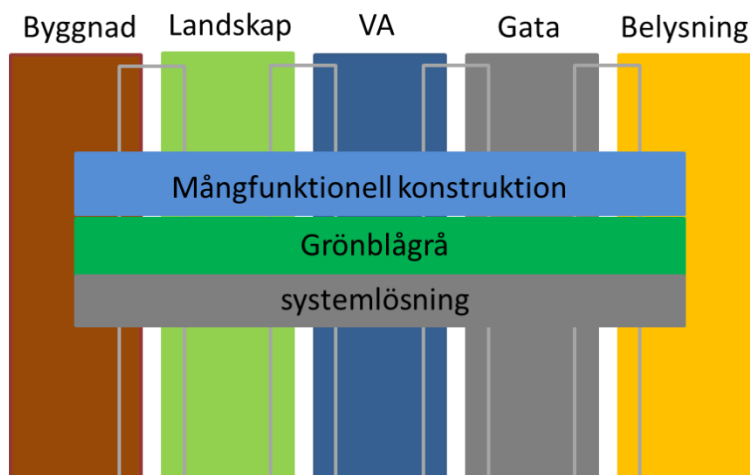
All fler städer arbetar med att ta fram en dagvattenpolicy. Några har till och med en skyfallspolicy eller är på god väg att skapa sig en. Ofta är det efter att ha genomlidit en omfattande översvämning. Så var inte fallet då projektet startade. Medvetenheten var avsevärt mycket lägre, särskilt på beslutsfattande nivå. En mentalitet att det drabbar nog inte oss eller det kostar för mycket. Faktum är att de totala kostnaderna för en översvämning i staden vida överstiger de investeringar som krävs för att minimera risken för översvämning.

Ett av många problem är att det saknas verktyg att beräkna de samlade kostnaderna. Endast försäkringskostnaderna har man full kontroll på och de är vanligen mindre än en tiondel av de totala kostnader. Skyfallet i Köpenhamn 2011 beräknas ha kostat ca 10 miljarder svenska kronor. Försäkringskostnaderna efter skyfallet i Malmö 2014 uppgick till ett par hundra miljoner kronor. Beräkningar visar att en uppgradering av Sveriges, föråldrade, VA-system till kraven för dagens klimat beräknas uppgå till storleksordningen 800 miljarder kronor! Det har i flera fall visat sig att då man bygger med våra dränerande lösningar för lokalt omhändertagande av vatten, krävs ingen uppgradering med större VA-rör osv.

Det finns många flaskhalsar att överkomma innan våra lösningar slår igenom fullt ut. Vi har försökt att, tillsammans med ett antal kommuner kartlägga de vanligaste och föreslå lösningar på dessa och vad man bör tänka på då man tar fram en ny dagvattenstrategi.

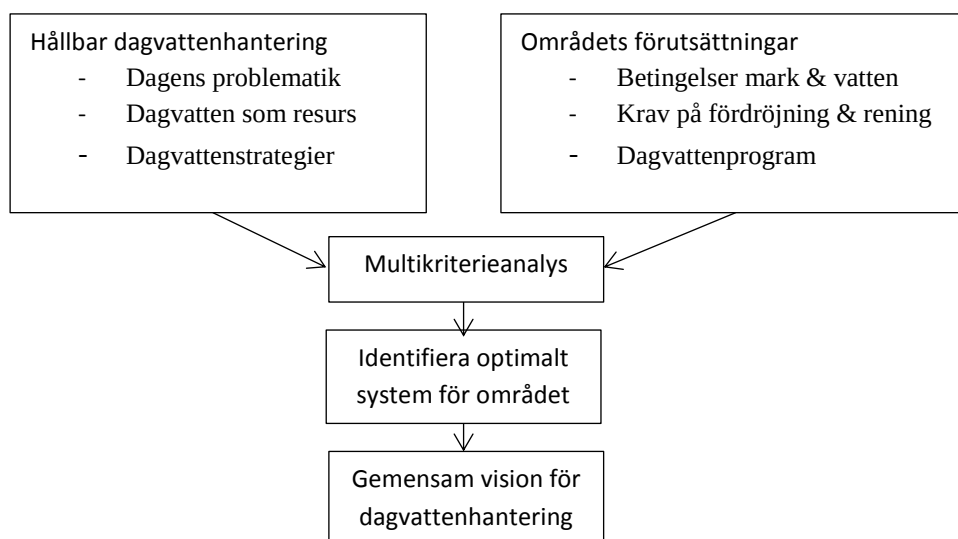
Det finns organisatoriska flaskhalsar i form av ansvarsområden hos olika tekniska enheter i kommunen som måste överbryggas (figur 31), klassiska budgetmodeller som måste brytas. Mer gemensam finansiering då lösningarna går över de tekniska enheternas ansvar.

Dessutom är det legala regelverket inte helt optimalt för att kommunen skall känna att de har ansvar att bygga rätt, att investera i nya lösningar. Kommunen/staden har inte ansvar att hantera allt regn som kommer. Många kommuner har enbart ansvar att hantera 10-mm regn vilket utgör 70 % av den totala nederbörden. Några mer progressiva kommuner har tagit på sig att hantera 20-mm regn vilket motsvarar ca 90 % av den totala årsnederbörden. Det är dock långt kvar till nivåer över 100 mm. Det är fortfarande fastighetsägarens ansvar att hantera de riktigt stora vattenmängderna som kan komma på kort tid. Ett faktum som de flesta sannolikt inte känner till.



Figur 31. Typiska silos i kommunernas organisation av delar som är kopplade till dagvattenhantering

Förutom rekommendationer till utformning av dagvattenstrategi har ett beslutsstöd för val av dagvattenlösning utvecklats för att underlätta kommunikationen mellan inblandade parter tidigt i planeringsprocessen. (<http://klimatsakradstad.se/verktyg/beslutsstod/>). Genom att tidigt komma in i processen skapas förutsättningar för att flera parter i planeringen av dagvattenhantering har en gemensam målbild och vision. Optimalt används stödet efter att en översiktlig dagvattenutredning har utförts och fungerar sedan som underlag för processens senare delar (32).



Figur 32. Flödesschema över beslutsstödverktygets uppbyggnad och målbild (Brisvåg, 2017).

Beslutsstödet bygger på multikriterieanalys och kan tillämpas vid både ny exploatering och vid förtätning i befintligt område. Verktöget jämför och utvärderar olika systemalternativ för dagvattenhantering och ger svar på vilket system som lämpar sig bäst för ett specifikt område. Kärnan i verktöget är en mängd utvalda kriterier med koppling till dagvattenhantering. Kriterierna tar upp alla aspekter av hållbarhet; ekonomisk, social och miljömässig hållbarhet och det går bra att både lägga till, dra ifrån eller modifiera kriterier utifrån vad som är lämpligt från fall till fall. Samtliga inblandade parter i planeringsprocessen beslutar sedan gemensamt vilken vikt respektive kriterium har för det givna området. Detta sista steg i processen skapar samsyn och förståelse för eventuella målkonflikter och kan underlätta vid konfliktlösning och bidra till ett systemperspektiv i planering, drift och underhåll. Några exempel på kriterier och deras bedömningsgrunder ses i Tabell.



Beslutsstödet har utvecklats och testats tillsammans med Uppsala kommun och en exjobbare vid Uppsala Universitet (Brisvåg, 2017). Verktöget är Excelbaserat och fritt att använda och ladda ner från projektets hemsida.

Tabell 1. Ett urval av de 20-tal kriterier som finns inlagda i beslutsstödverktöget (Brisvåg, 2017).

Aspekt	Parameter	Kriterium
Miljö	Recipient	Utsläpp till recipient (Cu, Zn, P, PAH, m.fl.)
	Biologisk mångfald	Påverkan artantal
	Klimat	Utsläpp av CO2 ekvivalenter
Ekonomi	Livscykeleekonomi	Investering och driftkostnad
Sociokulturella	Rekreation	Rekreativvärde, Politiskt värde, Framkomlighet
Teknik	Flexibilitet och resilience	Ombyggnationsmöjligheter, Klimatförändring

Beslutsstödet och de tillhörande diskussionerna var mycket uppskattat av kommunrepresentanterna, några kommentarer:

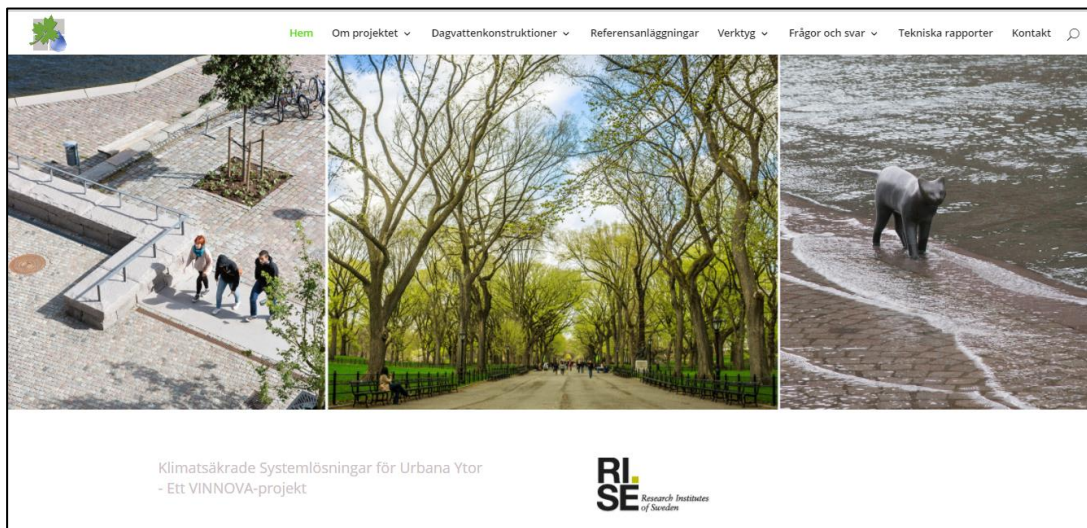
- ”Viktningen gav möjlighet till samsyn och förståelse över förvaltningsgränserna”
- ”Bra underlag för vidare arbete med ett område, viktigt bara att man kommer in tillräckligt tidigt i processen”
- ”Metoden skulle förmodligen lämpa sig bra för ett lite större planområde”
- ”Bra underlag för motivering av innovativa lösningar”

Kommunikation av projektets resultat

Olika delar av projektet samt helhet har utan överdrift kommunicerats på ett par hundra olika seminarier under de senaste två åren. Vi har lagt ned oerhört mycket vikt på att kommunicera projektet och möjligheten med våra lösningar, skapa förtroende för dem genom omfattande teknisk verifiering.

Framöver fortsätter, med hög sannolikhet många projektdeltagare, att bygga på och förbättra innehållet och kommunicera det, nya projekt tillkommer som hanterar de luckor vi identifierat, nya samarbeten med fler kommuner uppstår osv.

Projektets hemsida (figur 33) kommer att fortsätta byggas på med innehåll och uppdateras.



Figur 33. Inledningssidan på projektets hemsida.

Projektet har tagit ett helhetsgrepp på problematiken om översvämningar i den förtätade staden och vi ser en kraftigt ökad medvetenhet om problemen. Det är med stor glädje vi därför kan konstatera att allt fler städer/kommuner provar på att anlägga denna typ av lösningar. Inte nog med att man löser problemet med översvämningsrisken, det blir så mycket attraktivare stadsmiljö att bo i, arbeta i och besöka. När arkitekter kombinerar våra lösningar så kan det se ut som i figur 34, en illustration av en lokalgata i Rosendal, Uppsala, där skelettjordar för träd samsas med biofilter och gator med luftiga förstärkningslager och människor samsas med fordon men främst på människornas och växternas villkor.



Figur 34. Innovativa lösningar för ett mer hållbart samhälle. Här en illustration av lokalgata i Rosendal, Uppsala. Tengbom arkitekter.