

# NANOTEKNIK FÖR HÅLLBAR SAMHÄLLSUTVECKLING

Hundra nya företag, 3000 nya jobb och 750 miljoner i skatteintäkter. En strategisk satsning på nanoteknik idag ger tillväxt i Sverige och internationell konkurrenskraft för svenska företag inom tio år. Men vi måste satsa nu. Inte imorgon eller om fem år. Svensk innovationskraft är värd att tas på allvar.

## **Nanoteknik för hållbar samhällsutveckling**

Så länge vi människor har funnits på jorden har vi påverkat planeten för att tillgodose våra egna behov. Efter hand har metoderna – och tekniken förfinats. Idag står vi vid en ny brytpunkt.

Nanotekniken, dvs möjligheten att förstå och kontrollera material i storleksordningen miljondels millimeter, kommer att förändra vår värld. När vi kan styra egenskaper hos material, får vi tillgång till helt nya tekniska lösningar med maximal resurseffektivitet och samtidigt möjligheter att kontrollera säkerhetsaspekterna.

Nanotekniken och de innovationer det för med sig kommer att leda till en teknisk och industriell revolution som gagnar samhället, individen och miljön och som är en avgörande del i lösningen av de utmaningar samhället står inför. Genom strategiska vägval kan Sverige visa på att en ansvarsfull integration av nanoteknik i processer och produkter leder till ekonomisk tillväxt och konkurrensfördelar samt en förnyelse och effektivisering av industrin och nya produkter och tjänster.

### **Satsa nu!**

Utgångspunkten för arbetet har varit att beskriva varför nanoteknik är ett svenskt styrkeområde och hur användningen av nanoteknik inom traditionella svenska branscher kommer att ge dessa industrier kompetitiva fördelar på en internationell marknad. Avsikten är också att definiera strategiska mål och prioriteringar samt att identifiera hinder för kommersialisering och samarbeten och ge förslag till systemförändringar för att överbrygga dessa hinder.

Att nanoteknik är ett svenskt styrkeområde står utom allt tvivel. Vi kan konstatera att det finns potential att nanotekniken kan uppgradera svensk tillverkningsindustri men även tjänstesektorn. Det är också tydligt att svensk industri snabbt kommer att tappa konkurrenskraft om Sverige inte nu gör en strategisk satsning nanoteknik, vilket alla högindustriella länder redan har gjort.

### **Teknisk utveckling ger välfärd**

Tillgången på billig energi och – i den tidens perspektiv – outsinliga råvarutillgångar har byggt upp västvärldens välfärd sedan industrialismens början i mitten av 1800-talet. De olika tekniksprången har byggt på tekniska och vetenskapliga innovationer som har förändrat människors livsvillkor för alltid.

Idag kan vi se att det sätt som vi har byggt upp samhället på inte alltid har varit i samklang med naturen. Naturresurser som mineral, sällsynta jordartsmetaller, olja, gas och rent vatten är eller kommer att bli bristvaror.

Den nu gällande tillväxtstrategin för Europa, "EU-strategy Europe 2020" prioriterar tre aspekter:

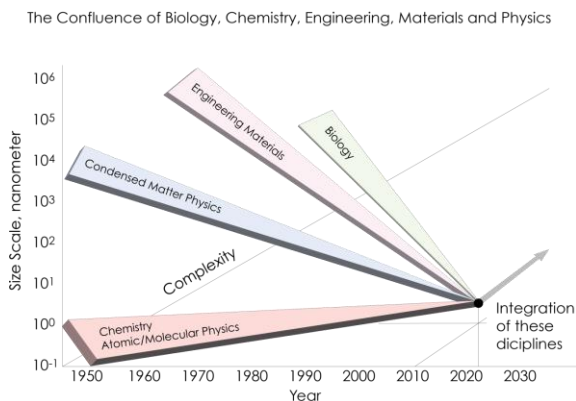
- Smart tillväxt: utveckla en ekonomi genom kunskap och innovation
- Hållbar tillväxt: en effektivare, grönare och konkurrenskraftig ekonomi
- Inkluderande tillväxt: främja en ekonomi med hög sysselsättning och med social och territoriell sammanhållning

Dagens frågeställningar måste utgå från våra behov, vilka resurser och vilka tekniska lösningar vi har till vårt förfogande samt hur vi kan trygga kommande generationers välfärd och miljö. De globala utmaningarna innebär också möjligheter för nysatsningar på svensk teknikutveckling: framtidens hälsa och sjukvård, konkurrenskraftig produktion, säkra och nya IT-lösningar, utmaningar inom miljö, energi och infrastruktur. Vi har inte råd att stå utanför denna utveckling.

## Vad är nanoteknik?

Nanoteknik är ett tvärvetenskapligt forskningsområde inom ämnen som materialvetenskap, mekanik, elektronik, biologi och medicin. Det handlar om att utforska och använda atomer och molekyler för att designa nya material, komponenter eller system med förbättrade eller nya egenskaper.

Nanoteknik kallas populärt ibland för atomslöjd eftersom forskarna bygger saker som ibland bara är ett fåtal atomer stora. (En atom är cirka 0,2 nanometer i diameter).



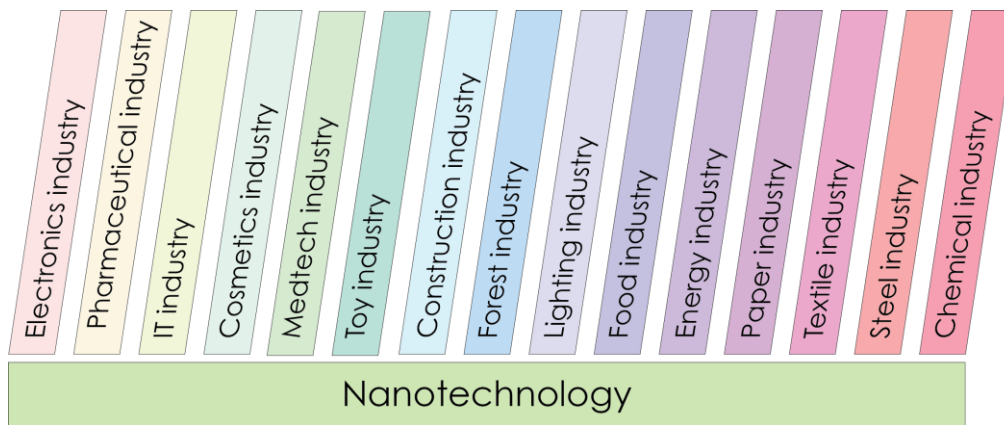
Figur 1. Nanoteknik är ett tvärvetenskapligt område som inbegriper olika discipliner.

En nanometer är en miljondels millimeter eller en miljarddels meter. I jämförelse är diametern på ett hårstrå ca 50 000 nanometer. För att illustrera en nanopartikels storlek brukar man använda sig av en fotboll och av jorden. "En nanopartikels storlek förhåller sig till en fotbolls storlek som en fotbolls storlek till jordens." Nanopartiklar brukar definieras som en partikel med en storlek mellan 1-100 nanometer. Förutom tillverkade, finns också naturligt förekommande nanopartiklar och sådana som är oavsiktligt uppkomna.

Det kan vara svårt att skilja på vad som omfattas av begreppet nanoteknik och angränsande områden som mikroteknologi, mikroelektronik, teknisk fysik och materialdesign. Mikroteknologi definieras som storleken över nanoteknologi, men utvecklingen inom området går mot storlekar på nanoskalan.

## En möjliggörande teknik

Det faktum att nanoteknik är en möjliggörande teknik med möjliga lösningar inom flertalet områden gör den intressant för de flesta industrigrenar.



Figur 2. Nanoteknik kan användas i snart sagt alla industrigrenar för lättare, starkare och smartare tillverkning.

## Vår vision 2023

År 2023 har vi ett samhälle där nanoteknik är integrerad i produkter för en bättre, lättare, starkare och säkrare vardag. Sverige har en ledande roll i Europa när det gäller forskning, innovation, företag, infrastruktur, export, har varit drivande för att ta fram bra regelverk och säker hantering av nanovetenskap, nanoteknik och nanomaterial. Genom "Safety by Design" utvärderas nanomaterial för varje användningsområde så att säker användning byggs in i produkter och tjänster redan i designstadiet. "Nano Inside" är ett kvalitetsmärke.

### Mål

**Att** under 10 år ha skapat en infrastruktur inom åtminstone en bransch som täcker utbildning, forskning, och kommersialisering med nanoteknik som grund och som är mätbart i termer av forskningsanslag, patent, publikationer, investeringar och arbetstillfällen.

**Att** under samma tidsperiod harmonisera teknik- och säkerhetsutvecklingen inom nanoområdet för att rymmas inom visionen om ett hållbart samhälle. Detta mål kan mätas i termer av nettoeffekter på resurs- inklusive energiåtgång för aktuell teknologi, samt tillgänglig kunskap om exponering av miljö och människa, reglering och befolkningens uppfattning om nanoteknik.

**Att** den svenska tillverknings- och tjänsteindustrin under denna tidsperiod har ökat sin internationella konkurrenskraft och att omsättningen hos nanoteknikföretagen uppgår till 10 miljarder kronor. Detta kommer att generera 3000 nya jobb i Sverige vilket innebär skatteintäkter på ca 750 miljoner kronor.

## Ett nationellt grepp

I *Innovationsplan Sverige* pekar IVA på kedjan "innovationer ger tillväxt som ger välfärd". Tillväxten kan ske både kvantitativt, dvs fler har jobb och investeringarna ökar, eller kvalitativt, dvs resurserna används effektivare. För att öka produktionen i en kvalitativ tillväxt är kunskap och innovation, dvs kunskap som omsätts till nya värden, viktiga faktorer. Konsortiets uppfattning är att det inte räcker för Sverige att vara bra på innovationer. Innovationerna måste också stanna i landet och därmed vara resurser för att upgradera svenska företags konkurrenskraft.

Det är en allmän uppfattning att de bästa idéerna som går vidare till innovationer vid en viss tidpunkt försvinner till Kina eller USA istället för att vidareutvecklas inom svenska företag. I längden leder detta till att den svenska konkurrenskraften undermineras. De svenska företagen kan förstås utvecklas genom att importera kompetens och innovationskraft från andra länder. Men det måste ligga i det allmännas intresse att få så stor avkastning som möjligt på de offentliga forskningsinsatserna.

Vi kan inte konkurrera med andra regioner i världen när det gäller kvantitet, men vi har en god möjlighet att ta plats när det gäller kvalitet och inbyggt värde. För att detta ska ske behövs en kraftsamling och en smart uppbyggnad av ett resursnätverk.

## **Det internationella nanolandskapet**

Inom EU:s 7:e ramprogram, FP7, som löper 2007-2013 har man hittills satsat totalt 2 560 miljarder Euro på 1 400 projekt. Programmets storsatsning på flera high-tech-områden har som mål att öka tillväxt, konkurrenskraft och sysselsättning för företag i EU. FP7 är en av de viktigaste satsningarna i European Research Area (ERA) och samordnas av Kommissionen. Här är nanoteknik, de europeiska teknikplattformarna (ETP) och det gemensamma teknikinitiativet (JTI) som omfattas av FP7 av stor betydelse.

Den största andelen, ca 900 miljoner Euro, är finansiering till området nanoteknologi, nya material och produktionsteknologi (NMP). Inom European Research Council (ERC) och Marie Curie finns nästan 900 projekt med nanoteknikanknytning som fått totalt ca 800 miljoner Euro. Området ICT (Information and Communication Technologies) har fått ca 300 miljoner Euro för drygt 100 projekt med anknytning till nanoteknik.

I maj 2012 publicerade det europeiska nätverket NanoFutures dokumentet "*Integrated Research and Industrial Roadmap for European Nanotechnology*". Enligt detta kommer världsmarknaden för nanoteknikprodukter och -tjänster att uppgå till 3 biljoner Euro år 2015 i sektorer som kemi, läkemedel, flyg, elektronik och material. År 2025 kommer nanotekniken vara en del i en mogen och växande marknad med konsumentprodukter på många olika områden. Målet för Europa är att ta en ledande position inom nanoteknik för att öka konkurrenskraften inom alla industrisektorer där nanoteknik ger mervärde. En förutsättning för denna utveckling är att både tillväxt och kommersialisering sker med hänsyn till sociala aspekter och hållbar utveckling.

### **Horizon 2020**

EU-kommissionen har lämnat ett förslag till ett ramprogram för forskning och innovation för perioden 2014-20, Horizon 2020. Förhandlingarna om Horisont 2020 beräknas vara avslutade i mitten av 2013 och det nya programmet antas i slutet av 2013. Den första ansökningsomgången lanseras tidigast under hösten 2013 och det nya ramprogrammet träder i kraft i januari 2014. Den föreslagna budgeten för Horisont 2020 är cirka 80 miljarder euro. I programmet finns tre prioriteringar: Spetskompetens (cirka 25 miljarder euro), Industriellt ledarskap (cirka 18 miljarder euro) och Samhälleliga utmaningar (cirka 32 miljarder euro).

Enligt Kommissionen finns det ett kritiskt behov att förstärka och utöka kompetensen inom EU:s vetenskapliga bas och garantera tillgången till världsledande forskning och talanger för att säkra

Europas långsiktiga konkurrenskraft och välfärd. Särskilt utpekade områden inom området Industriellt ledarskap är industriella teknikområden som IKT, nanoteknik, material, bioteknik, avancerad tillverkning och bearbetning och rymdteknik.

## Nanotekniken möter samhällets utmaningar

Nanoteknik kan vara delar av lösningarna på många av de globala samhällsutmaningarna. Energi- och miljösektorn är klara vinnare när det gäller användande av nanoteknik, men även hållbara städer och en den demografiska förändringen är områden där nanotekniken kan bidra med lösningar. Inom informations- och kommunikationsområdet är nanotekniken en förutsättning för bl a smartphones, Spotify, Wikipedia och Facebook och har för alltid ändrat vårt sätt att kommunicera. Tabellen nedan visar några konkreta exempel på behov utgående från några globala utmaningar som kan adresseras med nanotekniklösningar.

Samhällsutmaningar	Behov	Exempel på lösningar med nanoteknik
Hållbara attraktiva städer	Minskad energianvändning förbättrad inomhusmiljö Förbättrat energisystem Ökad användning av förnybara energikällor Bättre användning av råvaror Vattenrening Avfallshantering	Effektivare produktionsprocesser – från råvara till högre utbyte av slutprodukt med bättre katalysatorer Byggmaterial med bättre isoleringsegenskaper Belysning med 2 generationens LED-lampor CO <sub>2</sub> -sensorer och energieffektiv ventilation Kompakta sensorer/regulatorer Energilagring och distribution – batterier och superkondensatorer Solenergi, vindenergi Lättare och starkare konstruktioner, ytbeläggningar som förhindrar beväxning, isbelägg o d Vattenreningsteknik Förbättrad energiutvinning av biomassa genom katalys
Framtidens hälsa och sjukvård	Bättre livsmedel Bättre hållbarhet på livsmedel Functional Foods Vattentillgång och -kvalitet  Bättre diagnostik, bilddiagnostik och behandling/medicin	Begränsa sockerinnehållet – alternativa sötningsmedel genom processer i nanoskala Förpackningar av nanocellulosa – ger ökad hållbarhet och minskar behovet av konserveringsmedel Vattenreningsteknik  Avancerade blodanalyser med hjälp av biosensorer som mäter låga koncentrationer av sjukdomsmarkörer Billiga och snabba laboratorieanalyser Målriktade medicinering med hjälp av nanopartiklar Reservdelar
Konkurrenskraftig produktion	Hållbar produktförnyelse Nya tjänster, Smarta och effektiva produktionsprocesser	Tryckt elektronik för billigare tillverkning Nano Imprint Lithography
Informationssamhället 3.0	Bättre datorkapacitet Universellt minne för nya applikationer Bättre integrerade kretsar Displayer för informationsdelning Trådlös kommunikation med nya förbättrade funktioner	Nanofotonik för High Performance Optical communication Minnen som kombinerar snabbhet, hög densitet Efter CMOS, ny elektronisk designparadigm som använder nanomaterialens egenskaper "More Moore", bättre material till lägre kostnad Varierande nanomaterial, t ex kvantprickar och kolnanorör. Nya material för ledande elektroder i touch-skärmar Grafen-elektronik

Tabell 1. Nanotekniken kommer att kunna adressera många av de problem som samhället står inför. (Observatory nano)

## **Säkerhetsaspekter en utmaning**

Ett särskilt område av nanoteknik där säkerheten är av yttersta vikt gäller tillverkade nanopartiklar (ENP). Nanopartiklar är komponenter i många nanoprodukter och har som den enda gemensamma egenskap minst en dimension i nanoskala. Det har emellertid visats att flera andra egenskaper än storleken kan förklara nanopartiklars effekter på hälsa och miljö. Därför bör varje användning av nanopartiklar undersökas ur säkerhetsperspektiv från fall till fall

Nanomaterial återfinns idag i ett brett spektrum av konsumentprodukter och i produkter avsedda för yrkesmässig användning och antalet nya produkter på marknaden under kommande år förväntas öka. Det finns förhoppningar på att utvecklingen av nanomaterial kan leda till nya tillämpningar och alternativ till ämnen och material som används idag.

Kunskapen om hur människa och miljö kan exponeras för nanomaterial är dock sparsam. Behovet av forskning och metodutveckling för att bedöma risker med nanomaterial för människa och miljö är därför fortfarande stort för att undvika framtida bakslag för en teknik som har stora positiva möjligheter

Då livscykelanalyser av nanopartiklar fortfarande är sällsynta, finns det en systematisk brist på kunskap om effekter på miljön. Därför är det av avgörande betydelse att säkerhetsforskningen går hand i hand med tekniska landvinningar och att säkerhetsaspekterna diskuteras öppet för att få allmänhetens acceptans.

## **Fokus på Sverige**

Sverige är en framstående nation i nanosammanhang med världsnamn på forskningssidan, ett flertal bolag som har alla chanser att utvecklas till att bli morgondagens storföretag samt storföretag som har börjat implementera nanotekniken i sin produktutveckling. Men fortfarande är innovationsområdet i en uppbyggnadsfas.

Den senaste grundliga genomgången av svensk nanoteknik med avseende på antal företag, antal forskare och forskningsanslag gjordes av Vinnova 2010, *Nationell strategi för nanoteknik, Vinnova Policy 2010:1*. Vi har i underlaget till detta arbete jämfört siffrorna (2008) från rapporten med motsvarande uppgifter för 2011.

### **Forskning**

En stor del av forskningen har byggts upp kring tre större ramprogram; programmet Ytors fysik och kemi (STU, 1981), Mikronikprogrammet (STU, Nutek, 1987-97) och Materialkonsortier (Nutek och Naturvetenskapliga forskningsrådet, 1990-talet). I Vinnovas rapport från 2010 hittades 694 forskare (siffran från år 2008) inom nanoteknik. Vinnova gjorde undersökningen genom att söka på "nano" på universitetens och högskolornas hemsidor. Siffran är betydligt högre i dag, kanske hade den varit högre i Vinnovas studie 2008 om man breddat sökningen och tagit med andra sökord som t.ex. material, materialforskning.

Genom bibliometriska beräkningar och andra iterationsmodeller är det rimligt att anta att det 2012 fanns cirka 3 500 svenska forskare inom området. Det skulle innebära att en tiondel av landets forskare är aktiva inom nanoteknikområdet.

## Forskningsanslag

En genomgång av forskningsfinansiärernas topp-projekt inom nanovetenskap och nanoteknik med avseende på möjliga tillämpningsområden visar att material- och miljö-/energitillämpningar är stora medan endast Vinnova satsar på elektronik, se tabell 2. FAS och Formas är de enda anslagsgivarna som allokerar medel till nanosäkerhetsforskning.

<b>Område</b> <b>Finansiär</b>	Nanosäkerhet	Material	Miljöteknik och energi	Elektronik Mätteknik	Medicin/ Life Science
FAS	II				
Formas	IIII	II	IIII		
KoW		III I	III		
VR		I	II		III I
VINNOVA		III	II	III	II

Tabell 2. Fördelningen av forskningsfinansiärernas toppprojekt på tillämpningsområden.

Under 2011 satsade forskningsfinansiärer cirka 726 miljoner kronor. Den enskilt största finansiären under samma år var Knut och Alice Wallenbergs stiftelse se tabell 3.

<b>Offentliga finansiärer</b>	<b>2011</b>	<b>2008</b>	
<b>Energimyndigheten</b>	20 736 070	8 000 000	
<b>FAS</b>	1 884 000	Ej med	
<b>Formas</b>	26 228 000	3 000 000	
<b>KK-stiftelsen</b>	4 895 000	9 000 000	
<b>Knut och Alice Wallenbergs stiftelse</b>	272 331 000	Ej med	
<b>SSF</b>	179 274 000	72 000 000	
<b>STINT</b>	4 997 989	2 000 000	
<b>Vetenskapsrådet</b>	156 604 986	122 000 000	
<b>VINNOVA</b>	58 771 190	60 000 000	
<b>Summa</b>	725 722 235	280 000 000	Differens 455 722 235

Tabell 3. Anslag till nanorelaterad forskning från offentliga finansiärer, 2011 och 2008 (2011 inkl. Knut och Alice Wallenbergs stiftelse)



I Vinnovas rapport 2010 uppskattades den totala satsningen på nanoteknik år 2008 till 600 miljoner kronor. Cirka hälften, 280 miljoner kronor, kom från offentliga finansörer och fakultetsanslagen uppskattades till 300 miljoner kronor. Om den relationen förutsätts vara lika i dag, skulle det innebära att den totala satsningen på nanoteknik 2011 är cirka 1,2 miljarder kronor (inklusive medel från K o A Wallenbergs stiftelse, som inte medräknades av Vinnova 2010). Den svenska offentliga finansieringen har därmed fördubblats sedan 2008.

### **Företag**

SwedNanoTech har identifierat ca 180 företag och andra aktörer inom nanoteknikområdet inklusive medtech- och life science-företag som använder nanoteknik. Det är en ökning med 56 procent jämfört med Vinnovas rapport 2010. Siffran är dock osäker. I SCB:s företagsregister finns 332 företag registrerade under SNI-koden I koden ingår även annan forskning än nanoteknik, som t.ex. genomik och processbioteknik.

### **Infrastruktur**

Tillgången till materialvetenskapliga analysmetoder måste anses extremt god i förhållande till landets storlek och forskarna bidrar starkt till att allt skarpere analysmetoder fortlöpande utvecklas. Inom de svenska universiteten finns rik tillgång till avancerad instrumentering med bland annat högupplösande elektronmikroskopi, spektroskopi, diffraktion, laserbaserade metoder etc. I många fall ger denna samlade infrastruktur forskare möjligheter till metoder att analysera material som är i världsklass. MAX-laboratoriet ger unika möjligheter för analyser med synkrotronstrålning. Inom kort tillkommer MAX IV med ännu bättre strålningsmöjligheter. 2019 tillkommer ESS som möjliggör analys med världens kraftigaste neutronkälla och med mycket hög upplösning.

Forskningsinstitutet SP och Acreo driver och medverkar i en rad aktuella kompetenscentrum tillsammans med universitet, och högskolor, andra institut och näringslivet. Kompetenscentrum är ett effektivt sätt att skapa starka forsknings- och innovationsmiljöer. Det senaste, SP Process Development i Södertälje, förväntas bli ett välkommet tillskott för bl a katalysutveckling, men kan också vara en resurs för annan storskalig utveckling. Ytterligare exempel är MyFab, renrumssammanslutningen inom Sverige som tillhandahåller resurser för modern materialvetenskaps- och nanoforskning, både avseende tillverkning och karakterisering.

### **Konsumenter, studenter och mediebild**

Konsumenterna har i allmänhet en övervägande positiv inställning. Över hälften av dem som har hört talas om nanoteknik är i huvudsak positivt inställda till tekniken som sådan. En fjärdedel av de tillfrågade har ingen uppfattning, de svarar att de inte vet. Det visar en undersökning från Konsumentföreningen Stockholm som gjorts två år i rad, senast i december 2012. Studien visar att lite drygt åtta av tio personer har hört talas om nanoteknik, fler män än kvinnor. 58 procent av dem som har hört talas om nanoteknik anger att de är i huvudsak positiva till tekniken. Fem procent är direkt negativa. Män är mer positiva än kvinnor.

I underlaget till denna agenda ingick även en fokusdiskussion med studenter från Lunds universitet. Avsikten var att få en uppfattning om studenternas tankar om ämnesrådets potential och vad de hoppades kunna bidra med efter utbildningen.

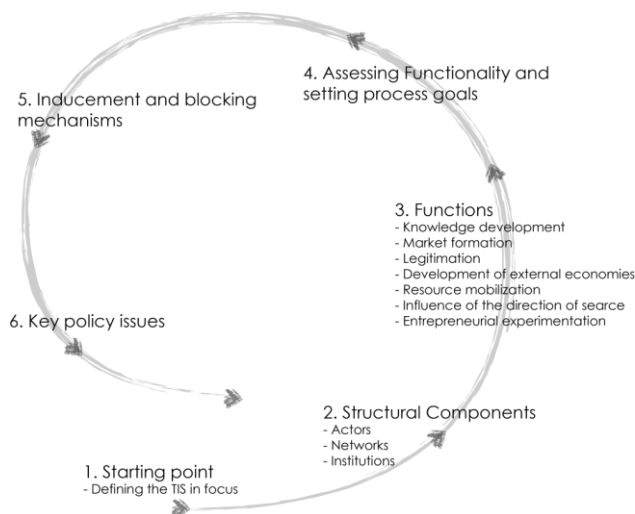
Många olika användningsområden för nanoteknik lyftes fram i diskussionen. Man kan förbättra existerande material och upptäcka "nya, bättre, material med nya spännande egenskaper". Man kan förbättra och effektivisera produktionssätt samt göra produktionen och materialen billigare. Med nanotekniken kan "gå ned på atomnivå och i princip förbättra allting, nästintill, på det perfekta sättet".

Studenterna var överens om att nanotekniken är viktig för Sveriges ekonomi, dels för att kunskapen är en exportvara i sig och dels genom att den kan höja de svenska industriernas konkurrenskraft med nya produkter men framförallt genom effektivare processer i industrin. Vid flera tillfällen återkom diskussionen till hur nanoteknik kan bidra till olika typer av effektiviseringar. Deltagarna menade att det är viktigt för Sverige att vara med från början och utveckla nanotekniken i Sverige. "Annan vetenskap har oftast en lång utvecklingshistoria. Nanoteknologi är nytt. Det är som ett litet spädbarn. Det måste få tid att utvecklas innan man kan se vilka egenskaper – goda och dåliga – det har."

Mediebilden av nanoteknik är otydlig. Lokalpress är oftare än rikspress positiva till att ta med företagsnyheter. Resultaten av vetenskaplig forskning kommuniceras inte alltid rätt i media och riskbilden är onyanserad. Fackpress tar gärna tekniknyheter men kan ibland vinkla riskaspekterna hårt och populistiskt. Den allmänna debatten kring nanoteknikens risker är fortfarande svag.

## Komplexa samband skapar bilden

Sambandet mellan kunskap och innovation/teknikskifte är inte linjärt. Ett nytt teknikområde som växer fram är beroende av ett antal variabler. **Kunskapsbasen** är grundläggande men yttre **drivkrafter** behövs för att utveckla tekniken. För att **kommersialisera** och nyttiggöra tekniken behövs en **marknad** och denna är beroende av att tekniken/produkten äger **legitimitet**, dvs att den accepteras av samhället. Här är hanteringen av negativa effekter särskilt viktig. Vidare är **resurser** och **aktörer** nödvändiga faktorer för systemets utveckling.



Figur . Schema för analys av ett innovationssystem (från Oltander and Perez Vico, 2005).

Två Chalmersforskare, Eugenia Perez och Staffan Jacobsson, har analyserat svensk nanoteknik ur ett innovationssystemperspektiv. De har funnit att medan några av de ovan nämnda faktorerna är väl tillgodosedda finns det också faktorer med utvecklingspotential.

**Kunskapsbasen** är god. Svensk nanovetenskap och nanoteknik anses stark i internationell jämförelse. Det som drar ner intrycket är att den relativa andelen av vetenskapliga publikationer inom nanovetenskap och nanoteknik är låg, under en procent. Dock är citeringsgraden hög, vilket tyder på en vetenskapligt hög nivå på det som publiceras. När det gäller kunskapsspridning är den god i speciella nätverk men generellt svag pga avsaknaden av en nationell strategi.

**Drivkrafter** som skapar incitament för företag att adressera de globala utmaningarna med nanoteknik existerar. I förra forskningspropositionen framhölls nanoteknik som ett strategiskt viktigt område för Sverige. I forsknings- och innovationspropositionen som presenterades 2012 är tanken att forskning av hög kvalitet bättre kan bidra till medborgarnas välfärd, samhällets utveckling, näringslivets konkurrenskraft och en hållbar utveckling. Även i Horizon 2020 utpekas nanoteknik ut som en "Key Enabling Technology".

**Kommersialiseringen** av nanoteknikinnovationer är en svag länk i systemet. Kunskapen ägs av akademien och mycket av nyttiggörandet sker genom bildandet av nya kunskapsföretag. Dessa fungerar som länkar till större företag som vill integrera tekniken i produktionen. På de etablerade företagen finns ofta inte tillräckligt med kravställarkompetens för att driva ett samarbete med utvecklingsföretaget vidare.

De innovationer som är framdrivna med fokus på tekniken är inte alltid efterfrågade. Det finns ett behov av ett system för validering av idéer, som inte uppfattas för litet eller för statiskt av användarna. Bristen på riskkapital är en generell fråga för kunskapsföretag, men avsaknaden av kunskap inom nanoteknik hos riskkapitalister är ett verkligt problem för området.

**Marknaden** för kommersialisering av nanoteknik är outvecklad. Utvecklingen hindras dels av att en beställarkompetens hos möjliga industripartner saknas, dels av en skepsis bland vissa aktörer med hänsyn till att hälso- och miljöeffekterna är oklara.

**Legitimiteten** är låg, mycket beroende på att osäkerheter om nanoteknikens negativa effekter hindrar aktörer att ge sig in på området. Det regulatoriska landskapet brister ofta i att fånga upp nanoteknik. Både utvecklare och användare behöver stöd för att hantera dessa frågor. För närvarande deltar SwedNanoTech i ett EU-projekt som ska utveckla ett verktyg/beslutsunderlag för att underlätta övergången till nanoteknik.

De återstående faktorerna, **resurser och aktörer**, är väl tillgodosedda i det svenska systemet. Under 2012 har stora offentliga forskningsinsatser offentliggjorts. Den "stjärnstatus" som grafenforskarna på Chalmers erhöll i och med ansvaret för EU:s flaggskeppsprojekt och lokaliseringen av ESS till Sverige har satt Sverige på kartan för materialforskning. Det förväntas ge positiva effekter genom att det också påverkar legitimiteten och kunskapsbasen, samtidigt som det i sig är en drivkraft för svensk nanoteknikutveckling. Resursmässigt står vi oss också bra.

## Agendans förslag

Konsortiet har tittat på olika förslag på åtgärder som kan behövas för att de svaga noderna i innovationssystemet ska kunna stärkas. I nedanstående figur återfinns innovationssystemets faktorer och en bedömning av respektive faktors styrka (+++ till ---). Varje kolumn i tabellen representerar en blockeringsmekanism, dvs något som hindrar området att utvecklas. I rutnätet listas förslag på åtgärder som ska stärka respektive faktor. I den följande texten förklaras åtgärderna.

<b>Blockeringar</b>  <b>Faktorer</b> <b>(+,- bedömning)</b>	<b>Osäkerhet kring kundernas behov</b>	<b>Dålig kunskap om relationerna mellan investering och värdet av nanoteknik</b>	<b>Svag efterfrågan på nanoteknik från företag</b>	<b>Svag opinion för nanoteknik</b>
<b>Kunskap</b> +++	Skapa fora för öppen innovation	Kommunikation till investerare	Industridoktorander Nanoingenjörer för industrin	Kommunicera nanoteknik till allmänhet, industri, media
<b>Drivkrafter</b> +++			Tematisk satsning på globala utmaningar	Koppla nanoteknik till samhällsutmaningar
<b>Kommersialisering</b> ---	Öppen innovation  Stärk akademi-entreprenör	Långsiktigt utvecklingsstöd för utveckling av innovationer	Demoanläggningar NanoHus,  gör kommuner aktiva i tekniskifte	
<b>Marknad</b> -	Beslutsunderlag för SME om nano vs trad processteknik	Kommunikation till investerare	Se ovan, kommersialisering	Engagera ftg i standardisering
<b>Legitimitet</b> --			Code of Conduct för nanoföretag visar på ansvarsfull användning  Stärk standardisering	Bind samman säkerhetsforskning och teknikutveckling  Kommunikation med allmänheten, påverka ramverk
<b>Resurser</b> +++	Stärk Myfab, MAX, SP för god tillgänglighet		NanoForum	
<b>Interaktion mellan aktörer</b> +	Möjlighet till samarbete akademi, företag, skola  Exjobb, praktik		Samverka för ökat intresse och ökad kunskap	Stimulera debatt om vad nanoteknik kan och borde betyda för samhällsutvecklingen  Safety by Design

Tabell

Tabell.

### **Stärk kommersialiseringen**

**Gör det lättare för forskare att hitta rätt fokus.** Satsa på fora för öppen innovation likt AIM Day som utvecklats vid Uppsala universitet. Engagera näringslivet och seniora företagsledare i mentorprogram för forskare som vill kommersialisera sina resultat.

**Bygg kommersiell kompetens kring projektet.** Bygg ett nätverk av internationella affärsutvecklare för validering av innovationer och affärsplaner. Skapa mötesplatser för teknik och entreprenörskap. Bilda ett "Nano Manpower", en tjänst för forskare som ska starta företag. Skapa en infrastruktur för hantering av immaterialrätt inom Nano Manpower. Instifta långsiktigt utvecklingsstöd, eventuellt på nordisk bas.

**Utvecklingsfasen.** Satsa på uppskalningsresurser, pilotanläggningar och övrig forsknings- och utvecklingsinfrastruktur. Involvera kommuner och kommunala verksamheter i utveckling av hållbara tekniktillämpningar.

**Öka efterfrågan på nanotekniklösningar från svensk industri.** Etablera branschspecifika industriforskarskolor i syfte att sprida kunskap och öka kunskapsbasen/kravställarkompetensen bland företag. Inför innovationscheckar/projektstöd för samarbete med universitet om nanolösningar. Marknadsför nanoingenjörsutbildningar mot industrin.

**Stärk mediebilderna av svensk nanoteknik** som en möjlighet att uppgradera industrin genom smart och hållbar tillväxt. Sätt en industridoktorand på Sveriges Radio.

### **Stärk legitimiteten**

**Öka anslagen för nanosäkerhetsforskning** genom att alla forskargrupper avsätter en viss del av beviljade anslag från offentliga finansiärer till riskbedömningar. På så sätt hanteras innovations- och riskprocessen kontinuerligt. Kommunicera detta! Verka för EU-gemensam lagstiftning och regelverk samt för standardiserade testmetoder.

**Utforma en uppförandekod** för akademi och industri i syfte att främja och kommunicera hållbar och ansvarsfull utveckling av nanoteknik. Etablera ett begrepp, t ex Nano inside som en kvalitetssignatur. Utveckla säkerhetsdatablad för nanomaterial.

**Engagera fler företag i arbetet kring standardiseringsarbetet.**

**Skapa bilden** av nanoteknik istället för att försvara den! Engagera samhällsaktörer att göra framtidsscenarier som visar vilket samhälle som kan skapas med nanoteknik och vad tekniken kan tänkas leda till. Utöka dialogen med allmänheten. Bygg hus och skapa miljöer där nanotekniklösningar kan visas (energi, vattenrening, avfallshantering, belysning, konstruktionselement, ytbehandlingar, smarta textilier, sensorer, skräddarsydda material, kommunikationssystem)

Genom stärkt legitimitet och insatser på olika plan när det gäller kommersialisering så kommer **marknaden för nanoteknik att mogna.**

### **Upprätthåll en god kunskapsbas**

**Utbilda nanokompetenta individer** på grund- och doktorandnivå. Starta nya civilingenjörsutbildningar inom nanoteknik med specifika inriktningar mot svenska styrkeområden. Marknadsför utbildningarna mot industrin.

### **Stimulera starka drivkrafter**

Stimulera FoU-program mot **globala utmaningar**. Kan t ex de ansökningar som avslås i den aktuella MISTRA-utlysningen utvärderas med entreprenörsfokus? Stärk samarbetet med de nordiska länderna för att skapa nordiskt fokus på lösningar.

### **Underhåll och stärk gemensamma resurser**

Satsa ordentligt på **demonstratorer och testbäddar** så att kapaciteten på nya och befintliga anläggningar optimeras.

## **Genomförande**

För att genomföra förslagen som syftar till att uppgradera svensk industri med hjälp av nanoteknik föreslår konsortiet att SwedNanoTech ska ansöka om att initiera och genomföra ett Strategiskt Innovationsområde, SIO, för nanoteknik. Det är genom att samla aktörer tvärsektorielt samt öka och sprida kompetensen och kunskapen om nanoteknik från akademi till industri och kommunal verksamhet som kommersialiseringen kan ta fart. En avgörande aspekt är säkerhet och vi diskuterar en möjlighet att skapa ett varumärke, "*nano Inside*" som signalerar kvalitetsssäkrad utveckling och användning av nanoteknik i processer och produkter. Denna uppgift skulle vara en av de viktigaste i det korta perspektivet.

## **Så här har vi arbetat**

Agendan har tagits fram i ett samarbete mellan svensk storindustri, utvecklingsföretag, forskningsinstitut, universitet och NGO, med nätverket SwedNanoTech som koordinator. Genom ett antal workshops, varav en tillsammans med Dansk Teknologisk Institut, har vi tagit del av olika aktörers åsikter och klokskap.

Underlaget utgörs av analyser av offentliga forskningsfinansiärers statistik, patentinformation samt telefonintervjuer av representanter från företag, forskningsinstitut, universitet och kommunal verksamhet. På uppdrag av SwedNanoTech har undersökningsföretaget SKOP genomfört en fokusgruppsdiskussion bland studenter som läser teknisk nanovetenskap vid Lunds universitet för att få en uppfattning om hur nästa generations "vetenskapare" tänker om framtid, möjligheter och utmaningar kring nanoteknik.

Konsortiet har arbetat med öppenhet gentemot andra agendor, bl a belysnings-, elektronik-, hårdvaru-, produktionsagendan samt "Internet of Things" och genom att workshoparna har varit öppna för folk inom bl a kommunal verksamhet och för allmänheten. Vi har strävat efter att få med alla delar i kunskapstriangeln och har även haft internationella kontakter.