

Roadmap nanoSverige

Mot en nanomaterial- baserad industri i Sverige

Nanoteknik har stor potential att möta framtidens krav på hållbarhet, resurseffektivisering och förnyelse samt med att säkerställa svenska material- och teknologitunga bolags position på exportmarknaden. Trots att många avancerade material inte marknadsförs som **nano**, så handlar det i många fall, t ex för avancerade stål och keramer, om en kunskapsbaserad design på nanometernivån. Med utgångspunkt i den världsledande kompetens som finns vid svenska universitet och högskolor presenterar **Roadmap nanoSverige** riktade åtgärder som krävs för att ta forskningen till marknaden, med målet att med innovativ, säker och hållbar nanoteknik förnya svensk industri, att skapa arbetstillfällen i framtida och betydliga företag och att möjliggöra helt nya industrisektorer.



Sammanfattning

Det investeras årligen minst ca 700 miljoner kronor i svensk nanovetenskap och nanoteknik. Ett ertal av de svenska forskargrupperna är världsledande inom sina respektive områden. Men dagens ekosystem för innovation har klara brister för att utveckla nanotekniken och andra s.k. Key Enabling Technologies (KETs), som kräver långsiktig finansiering för att nå från forskning till marknad. I stället köps lovande startupbolag upp av utländska bolag och patent försvinner ut ur landet. Sverige tar med andra ord all ekonomisk risk när det gäller forskning och utveckling av ny teknik men är mindre lyckosamt i att ta hem vinsterna och säkra utvecklingspotentialen.

Vi föreslår följande konsekutiva åtgärder för att skapa förutsättningar för att den kunskap och teknik vi just nu utvecklar på våra universitet och i våra startup bolag skall kunna nå hela vägen till marknaden och skapa arbetstillfällen i Sverige:

- En nationell strategi för samverkan kring nanoteknik och nya material etableras, med samma nationella prioritering som digitalisering och life science.
- En återinvestering i den befintliga forskningsinfrastrukturen, särskilt anläggningarna som ingår i Myfab.
- Inrättandet av flera anläggningar för pilotproduktion med integrerade satsningar på säker hantering av nanomaterial:
 - ProNano, en infrastruktur för pilotproduktion baserad på halvledarnanostrukturer i omedelbar närhet till och samverkan med Myfab Lund, MAX IV och ESS i Lund;
 - en anläggning för nanoporösa material i Stockholm-Uppsala;
 - en anläggning för energilagringssystem och bränsleceller.
- Förstärkning av resurser för institut och universitet med möjlighet att stödja industri vad avser framtagning och drift av relevanta testbäddar.
- Stöd för skapandet av långsiktiga riskkapitalfonder med målet att uthålligt kunna stödja industrialiseringen av nanoteknik och nya material och andra KETs.
 - En långsiktig riskkapitalfond inom Saminvest;
 - Stöd för andra, privata, initiativ, t.ex. Spirit Ventures, en planerad riskkapitalfond som är helt inriktad på KETs, och andra privata initiativ;
- Tydlig koppling mellan industrins behov och utbildning för att optimera kompetensförsörjning och kompetensutveckling.

Målet med denna nationella satsning är att inom tio år skapa ett ekosystem där etablerade branscher, forskningsinstitut, nanoföretag, akademien, offentliga aktörer och samhället samverkar, attraherar investeringar, skapar arbetstillfällen och säkrar Sveriges ställning inom framtida nyckelteknologier.

Nanoteknik – den dolda tekniken

I nanoteknik ryms verktygen för paradigmskiftet inom materialvetenskap och morgondagens industriproduktion. Den utgör en viktig grund till ertalet KETs – till exempel elektronik, bioteknologi, och avancerad materialteknologi – vilka har identifierats av EU-kommissionen som nyckelfaktorer för ekonomisk tillväxt (se https://ec.europa.eu/growth/industry/key-enabling-technologies/description/index_en.htm). Det är när nanoteknik och nanomaterial används inom andra områden, t.ex. medicins diagnostik och terapi, energiteknik, additiv tillverkning eller clean-tech, som de verkliga fördelarna blir uppenbara.

Nanoteknik spelar och kommer att spela en avgörande roll inom flera stora industriområden. Några av dessa återfinns här:

Digitalisering. Nanoteknik ligger till grund för den fas av datorteknikrevolutionen som just nu driver utvecklingen inom digitalisering, automatisering och robotisering. Utan nanoteknik skulle det inte finnas den datorkraft och miniatyreringen som har skapat smarta telefoner, enorma kapaciteter för datalagring, och som nu används för digitala medborgartjänster, nya informationssystem, webb- och appbaserade e-tjänster och undervisningsmetoder för e-lärande, samhällsfunktioner (vård, avfallshantering, miljöövervakning) samt för navigationssystem och självkörande bilar. Nanoteknik är också en drivande kraft för energilagring i utvecklingen av batteritekniken, något som i sig är en förutsättning för digitalisering.

4

Avancerade stål och keramer. Kunskapsbaserad design på nanometernivån har redan under lång tid varit en dold och mycket stor användning av nanoteknik i stål- och verktygsindustrin. Upptäckten av kvasikrystaller, som tilldelades Nobelpriset i kemi 2011 och som utvecklats bl.a. på Sandvik, visade sig vara förklaringen till att stålet blev ytterst formbart och hållfast. I dag används det bland annat i kirurgiska suturnålar, skärhuvuden i rakapparater, skottsäkra västar samt olika sportprylar. Genom att kontrollera materialstrukturerna på nanoskalan och att ersätta kritiska ämnen går det att styra processparametrar för att till exempel erhålla önskade egenskaper.

Det elektriska samhället. Under de närmaste åren kommer vi att se en övergång till ett samhälle där användningen av fossil energi kommer att ersättas med elektricitet baserad på förnybara källor. Nanomaterial är nyckeln i förberedelserna inför detta framtida "elektriska samhället". Här ingår flera komponenter, bland annat

- Solceller, inkluderande BIPV (building-integrated photovoltaics)
- Elektriska bilar, lastbilar och tåg
- Batteriteknik för lagring av elektrisk energi på stor och liten skala
- Radiofrekvens- & kraftelektronik, dvs styrning och omvandling av elektrisk energi med hjälp av elektroniska kretsar.
- Lätta och starka fordonsmaterial

- Belysning i smart stadsplanering och human-centered lighting anpassad till människans behov, i t.ex. skolor, äldreomsorg, sjukvård och på arbetsplatser.
- Sensorer för allt från augmented reality till smarta förpackningar.
- IT: lagring, kommunikation och processorarkitektur.

Individanpassad medicin. Nanoteknologi är också central i utvecklingen av tekniker för framtidens sjukvård, som i mycket större utsträckning än idag kommer att vara anpassad till individens speci ka behov. Detta förutsätter verktyg för snabbt och billigt genomförande av mycket avancerad analys i vården.

Framtidens kvantteknologi. Nanoteknik är helt avgörande för utvecklingen av kvantteknologi och tillämpningar för kvantteknologi som spänner över applikationer från avlyssningssäker kommunikation och extremt känsliga kvantsensorer, till framtidens kvantdatorer. Trots att teknologin idag är långt ifrån marknaden är intresset från industrin stort och företag som Microsoft, Google, Intel, Siemens och Bosch satsar stort på forsknings inom området. Inom EU har (efter Graphene Flagship) aggskeppet "Quantum Technologies" nu startats. Satsningen har ett mycket starkt stöd, cirka 3700 forskare och forskningslaboratorier stödjer satsningen via QUROPE – Quantum Information Processing and Communication in Europe.

Nanoteknik utgör med andra ord en viktig grund till ekonomisk tillväxt och utveckling för kommande generationer.

De nya materialen ställer också nya krav på riskbedömning, reglering och säker hantering. Det är av största vikt att vi parallellt med teknikutveckling också ökar kunskap om hur nanomaterial interagerar med olika biologiska system för att undvika potentiellt ogynnsamma effekter på människor och miljön under materialens livscykel.

Varför en Roadmap?

Redan i den strategiska forsknings- och innovationsagendan "Nanoteknik för hållbar samhällsutveckling" som togs fram under ledning av SwedNanoTech (Vinnovaprojekt 2012-01866), fastslogs att nanoteknologi och nanomaterial förväntas vara drivkraften för nästa industriella revolution och att Sverige har goda förutsättningar att positionera sig på området för industrins framtida konkurrenskraft. Vi de nierade olika åtgärder för att stärka innovationssystemet och underlätta kommersialiseringen för att på så sätt förnya näringslivet och locka utländska investeringar till Sverige. Senare utredningar har pekat på industrins behov av testbäddar som täcker hela värdekedjan från idé till innovation har poängterats (se Projektering av ProNano, 2015-2016).

Mycket har hänt sedan 2012 och nanoteknologin håller sakta men säkert på att lämna den akademiska arenan. Forsknings- och innovationsagendan uppdateras nu för att svara mot industrins behov inför de kommande 10-15 åren. Målbilden är i princip densamma, att skapa en infrastruktur som täcker utbildning, forskning, säkerhetsbedömning och kommersialisering med nanoteknik som är mätbar i termer av forskningsanslag, patent, publikationer, investeringar och arbetstillfällen.

I Roadmap nanoSverige ger vi en detaljerad färdplan för hur agendans vision ska materialiseras, dvs hur en nanomaterialbaserad industri kan skapas och ges möjlighet att växa i landet. Genom att bygga förutsättningarna för ett starkt och fullständigt ekosystem för att stärka såväl startup-företagen som svenska industri- och tjänsteföretag är en sådan utveckling möjlig.

En stark kunskapsbas

Sverige har ett antal välutrustade innovationsmiljöer och centrumbildningar för nanoteknik och avancerad materialteknik. Lund, Göteborg, Linköping, Stockholm/Södertälje, Uppsala och Sundsvall är noder i detta sammanhang, men även andra universitets- och högskoleorter bedriver forskning och utveckling. I tabell 1, Bilaga 1, återfinns de viktigaste noderna för akademisk forskning och forskningsinstitut. Tabellen bygger på information som inhämtats i enkätform under våren 2016 och med kompletteringar under januari 2017.

6

Nationella nav för innovation

Sverige har förhållandevis god tillgång till forskningsinfrastruktur för nanovetenskap och nanoteknik, mycket tack vare offentliga och privata investeringar under ett antal år. Detta verkar positivt på utländsk industris intresse för forskningssamarbete. Nedan beskrivs Myfab, Sveriges nationella forskningsinfrastruktur som har en särställning på området.

Myfab ger tillgång till resurser i världsklass i fyra stora renrumsnoder (Göteborg, Uppsala, Stockholm och Lund) och till mer än 700 utrustningar för tillverkning och karakterisering. Sedan 2004 finansieras infrastrukturen delvis av Vetenskapsrådet och de deltagande universiteten (Chalmers, KTH, Lunds universitet och Uppsala universitet). Myfabs renrum och anläggningar har närmare 900 aktiva användare, varav 20 procent användare från institut och företag, resterande 80 procent från akademien. Laboratorierna fyller en mycket viktig funktion som test- och demoanläggningar samt för att förse svensk industri med kvalificerad arbetskraft med kunskap om nanoteknik och processning.

Myfab-miljöerna är helt avgörande för all akademisk forskning och utveckling kring nanostrukturer i Sverige. De fyller dessutom en viktig roll som inkubatorer för nystartade företag och har assisterat många innovatörer från prototyp till produktion. Ett trettiotal företag har växt fram under senaste femårsperioden. Dessa, liksom många etablerade företag, använder Myfab för produktion av nyckelkomponenter till produkter i små och medelstora serievolym, i vissa fall upp till TRL 9. För en del av företagen är produktion inom ramen av Myfab en ideal lösning. Andra företag får med tiden behov som inte kan lösas inom Myfab, då anläggningarna inte alltid räcker till för de aktuella produktionsvolymerna.

Säker utveckling

En viktig komponent i utveckling av hållbar nanoteknik är frågor rörande miljö och hälsoaspekter. Sverige har en stark forskningsposition även inom nanosäkerhet. En viktig spelare här är SweNanoSafe, den nationella plattformen för nanosäkerhet, som bildades 2016 på uppdrag av regeringen för att sammanföra akademi, myndigheter, näringsliv och andra aktörer inom den snabbt expanderande användningen av nanomaterial. Ett mål är att identifiera och integrera säkerhetsaspekterna tidigt i innovationsprocessen.

Ett system med brister

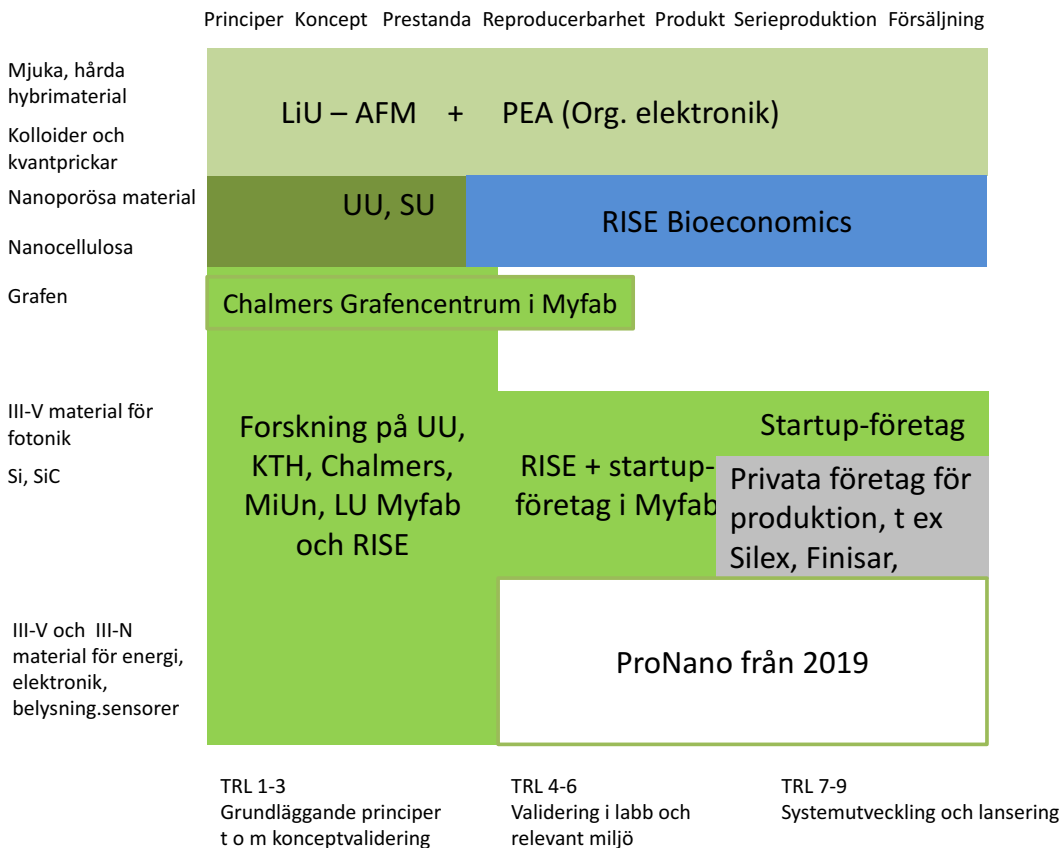
Samtidigt som forskningen inom nanovetenskap ofta håller världsklass och forskningsinfrastrukturen har byggts upp under en längre tidsperiod, är det fortfarande delar som behöver stärkas. Det är svårt att få tillräckliga medel för drift av anläggningarna, och utrustning vid de existerande anläggningarna i Myfab-nätverket kräver uppdatering för att kunna svara upp mot nya kravspecifikationer. Det saknas vidare testbäddar och reaktorer för storskalig produktion för ett stort antal material- och applikationsområden.

En allvarlig begränsning är att finansieringen från Vetenskapsrådet av Myfab minskat dramatiskt. Under den första perioden erhöles ett stöd på en jämn nivå som området anpassade sig efter. En balans mellan stöd från VR, universiteten samt användaravgifterna uppstod. Den nya anslagsnivån är 45 procent lägre och motsvarar en tredjedel av det sökta anslaget, trots att verksamheten för närvarande är "all-time-high" och att internationella utvärderingar ger Myfab högsta möjliga betyg. Anläggningarna utgör en oomstridd resurs för nya startup-företag. Det minskade anslaget från Vetenskapsrådet kommer att innebära höjda användaravgifter samt en lägre servicenivå för användarna. De som drabbas hårdast är nya och oerfarna kunder, eftersom grupperingar inom akademi och storindustri ofta har kunskaper och erfarenheter som gör att de kan arbeta självständigt, något som nya kunder saknar.

Den starka fokuseringen på grundforskning och infrastruktur för låga TRL (Technology Readiness Level)-nivåer, se figur 1 och 2, gör att svenska idéer har svårt att kommersialiseras i landet. Många startup-företag säljs till utländska intressenter alltför tidigt, innan företagen har börjat generera arbetstillfällen och intäkter. En orsak är att kunskapen om nanoteknikens möjligheter hos svenska kunder/storföretag/intressenter är otillräcklig varför det är svårt för de unga företagen att få kunder och samarbetspartners och därigenom utveckla sitt erbjudande.

Regeringen har ett uttalat mål att Sverige ska vara ledande i forskning inom områden som bidrar till att stärka industriell och hållbar produktion i hela landet. I detta ingår att genom samverkan skapa internationellt konkurrenskraftiga och attraktiva utvecklingsmiljöer, formulerat som Testbädd Sverige. Flera olika typer av insatser omfattas här och det är viktigt att konkreta och strategiskt viktiga test- och demonstrationsanläggningar de facto etableras och ges tillräckliga resurser för drift, underhåll och investeringar.

Figur 1: Schematisk bild av svensk forskningsinfrastruktur och centrumbildningar representerade med avseende på materialtyp och utvecklingsnivå. Grönt indikerar akademiska centra, blått forskningsinstitut, grått företag samt vitt indikerar projekterade anläggningar. I verkligheten är bilden betydligt mer komplex och många överlapp existerar.



Långsiktigt och uthålligt riskkapital är avgörande för produktutveckling inom nanoteknik. Utvecklingen av en ny nanoteknikapplikation tar 10 till 15 år och ett startup-företag behöver runt en miljard kronor i riskkapital innan det når marknaden. Sedan 1990-talet, har mycket få stora KET-baserade företag vuxit fram trots stora FoU-insatser inom detta område. En av anledningarna till detta problem är att den nuvarande riskkapitalmarknaden inte satsar på tidigt entreprenörskap.

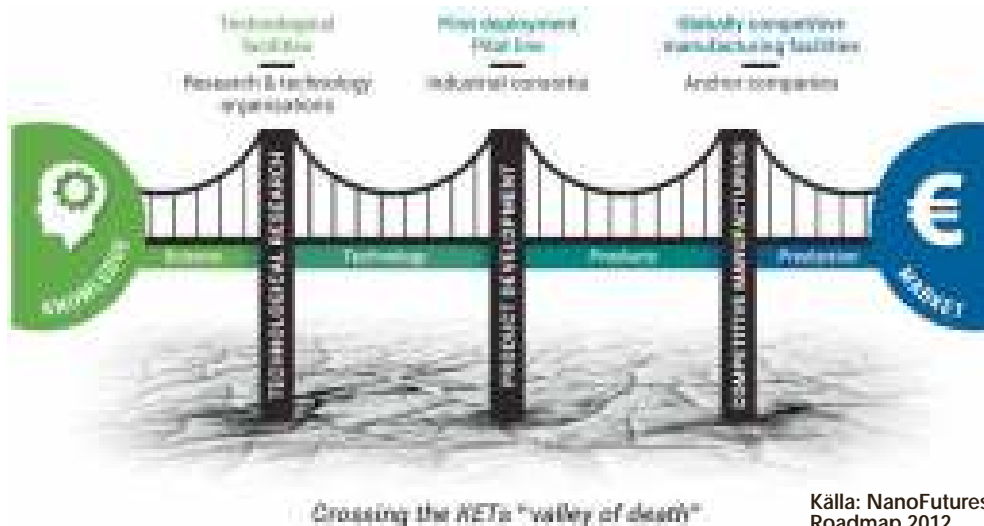
I Sverige har regeringen nyligen startat Saminvest AB, som har ca fem miljarder kronor i kapital som ska fördelas i ett fåtal nya fonder. Dessa fonder ska kompletteras med privat kapital och sedan investera i utvecklingsbolag. Utmaningen här är att kunna ha längre investeringshorisont och storlek än traditionella fonder för att detta ska ge en effekt för kommersialisering av nanoteknik.

Ett förslag till en ny riskkapitalmodell har samtidigt utvecklats, Spirit Ventures. Ambitionen är att åtgärda utmaningarna stora investeringar och lång utvecklingstid genom att samla 500 miljoner euro till en långsiktig fond som investerar i nordiska startup-företag på KETs-området.

Kursändring

För att accelerera den kommersiella utvecklingen av nanomaterial och nanoteknik, som har potential att skapa jobb, skatteintäkter och konkurrenskraft för svensk industri, måste vi skapa förutsättningar för startup-företag inom denna sektor. De tre viktigaste åtgärderna för att skapa dessa förutsättningar sammanfattas här:

1. Det är angeläget att en nationell strategi för nanoteknik och nya material kommer på plats i Sverige. En nationell strategi har ett starkt signalvärde, särskilt för små och medelstora företag som utgör den övervägande största delen av svenskt näringsliv och är startupföretagens potentiella målgrupp. Genom att stimulera förnyelse av industrins processer och produktion och skapa drivkrafter med hjälp av strategiska näringspolitiska verktyg skapar vi tillväxt, dels för nanoföretag men framförallt för näringslivet i stort.
2. Utmaningen att överbrygga "Dödens dal" i stegen efter teknologiutveckling är resurskrävande och kräver uthållighet. Här spelar tillgång till utrustning en stor roll. Vi föreslår därför att systematiskt utveckla infrastrukturen för processutveckling, uppskalning och pilotproduktion inom nanoteknik med fokus på områdena där en sådan infrastruktur fortfarande saknas (se figur 1). Genom att bygga upp faciliteter för pilotproduktion och industriskalig processutveckling för nanomaterial och nanoteknik kan investeringströsklar sänkas, företag kan lockas till Sverige, och ett starkt ekosystem växa fram.



3. En avgörande åtgärd för produktutveckling inom nanoteknik är att säkerställa tillgång till långsiktigt och uthålligt riskkapital. EU-kommissionen har uppmärksammat bristen på långsiktigt kapital för KET-bolag och ser Spirit Ventures som ett intressant initiativ. En dialog förs mellan Spirit Ventures och kommissionens nya fond för strategiska investeringar (EFSI) som hanteras av Europeiska investeringsbanken (EIB).

Ett stöd för att få finansiering från EU-systemet till Spirit Ventures kan vara en åtgärd att få in större kapital till systemet. En fond med kapital från Saminvest som riktar sig mot just bolag som utvecklar nanoteknologi och avancerad materialteknologi är en avgörande åtgärd för att snabbt gynna svensk tillväxt baserad på KETs som utvecklas i Sverige. Här finns en möjlighet att dubbla satsningen i Saminvest med europeiska pengar, kanaliserat via Spirit Ventures.

Roadmap nanoSverige

Medan finansieringen av den världsledande infrastrukturen för karakterisering och analys av nanomaterial i Sverige är relativt god, senast genom investeringar i Max IV och ESS, är finansieringsmöjligheterna för att utveckla och finansiera implementeringsinfrastrukturen bristfällig. Vi föreslår följande konsekutiva åtgärder för att skapa förutsättningar för att den teknik vi just nu utvecklar på våra universitet och i våra start-up bolag skall kunna nå hela vägen till marknaden:

- En nationell strategi för samverkan kring nanoteknik och nya material etableras. Den bör ges samma nationella prioritering som digitalisering och life science.
 - Regeringen har redan tillsatt samverkansgrupper för "Uppkopplad industri och nya material" liksom utveckling av testbäddar inom "Smart industri". En politiskt uttalad strategi lägger grunden för starka ekosystem kring användning av nya material och nanoteknik. Roadmap nanoSverige bör utgöra en del av en sådan strategi.

- Resurser och strategier för att underhålla existerande forskningsinfrastruktur och att etablera pilotproduktionsanläggningar för nanomaterial i Sverige. Ansvaret för pilotproduktionsanläggningarna läggs på forskningsinstituterna med uppgift att se till att anläggningarna blir kommersiellt gångbara.
 - En återinvestering i den befintliga forskningsinfrastrukturen, särskilt anläggningarna som ingår i Myfab, där det finns ett akut och ett återkommande behov som inte kan tillfredställas av dagens stödsystem.
 - Den process som inletts med inrättandet av ProNano i Lund blir ett första steg för att etablera nya, behovsprövade pilotproduktionsanläggningar. ProNano lokaliseras i omedelbar närhet till och samverkar med MAX IV och ESS, med en infrastruktur för pilotproduktion baserad på halvledarnanostrukturer som ska stå klar 2019.
 - Nanoporösa material är ett annat område, där Stockholm-Uppsala redan har flera företag och där ett starkt materialkonsortium har etablerats gällande clean tech och läkemedel. En produktionsanläggning för dessa material bör påbörjas under 2019 i regionen Stockholm-Uppsala.
 - Fler pilotproduktionsanläggningar, bland annat för energilagringssystem och bränsleceller kommer att behöva projekteras med start under 2020
 - Förstärk i första hand institutens resurser, men även den specialkompetens som finns på universiteten, med möjlighet att stödja industri vad avser framtagning och drift av relevanta testbäddar.
- En ny KET-fokuserad riskkapitalfond med längre livscykel samt större kapitalbas är nödvändig för kommersialisering av nanoteknik. Konceptet Spirit Ventures bedöms ha stora möjligheter att stödjas av EU-kommissionen. Genom skapandet av en långsiktig riskkapitalfond inom Saminvest riktad mot nanoteknik kan investeringarna växlas upp i storlek via samverkan med Spirit Ventures och andra privata initiativ. På så sätt kan flera företag startas och växa.
- Kompetensförsörjning, kompetensutveckling. Det är av största vikt att göra en tydlig koppling mellan industrins behov och utbildning.

Mål

Med en nationell satsning på nanoteknik i Sverige är målet att vi efter tio år ska:

- ha etablerat en infrastruktur för nanomaterial-baserade produkter som täcker utbildning, forskning och kommersialisering samt är mätbart i termer av forskningsanslag, patent, publikationer, investeringar, omsättning, produktion, export och arbetstillfällen.

- ha skapat ett ekosystem där teknik-/produktutvecklingen möter kundens och samhällets behov och där etablerade branscher, forskningsinstitut, nanoföretag, akademien, offentliga aktörer och samhället samverkar.
- ha harmoniserat teknik- och säkerhetsutvecklingen för att rymmas inom visionen för ett hållbart samhälle. Detta är mätbart i nettoeffekter på resurs- och energiåtgång, säker hantering av nanomaterial, en tydligt och harmoniserat regelverk samt nanoteknikens legitimitet och acceptans av samhället.

Roadmap nanoSverige har tagits fram av SwedNanoTechs medlemmar inom akademi, forskningsinstitut och nanoföretag för att identifiera de funktioner som behöver stärkas för att nanoteknikens potential ska kunna utnyttjas till fullt ut och därmed lägga grunden för en smart, hållbar och konkurrenskraftig industri.

Samordnande

Åsalie Hartmanis, vd, SwedNanoTech

Intressenter

Stefan Adolfsson, ProNano

Bo Albinsson, professor och föreståndare, AoA Nanoscience and nanotechnology, Chalmers

Jesper Andersen, MAX IV

Jan Y Andersson, professor Mittuniversitetet

Jens Birch, professor, Linköpings universitet

Ian Cotgreave, professor, Swetox

Karin Enander, universitetslektor och föreståndare CeNano, Linköpings universitet

Adam Feiler, professor KTH och CTO Nanologica AB

Heike Hellmold, chef SweNanoSafe

Hans Hentzell, senior adviser, RISE ICT

Lars Hultman, professor, vd Stiftelsen för strategisk forskning

Fredrik Höök, professor Chalmers

Eva Klasson Wehler, Länsstyrelsen i Stockholm

Heiner Linke, professor och föreståndare NanoLund

Anita Lloyd Spetz, professor, Linköpings Universitet

Anneli Löfgren, biträdande föreståndare för NanoLund och ledamot i Myfabs styrgrupp

Magnus Ryde, styrelseordförande Sol Voltaics

Lars Samuelson, professor och grundare NanoLund

Olof Sandberg, ansvarig för strategi och finansiering, RISE

Maria Strømme, professor Uppsala universitet

Thomas Swahn, docent och verksamhetschef Myfab

Arivan Tatal, Handläggare innovation och konkurrensfrågor, Länsstyrelsen i Stockholm

Kajsa Uvdal, professor, chair CeNano, Linköpings universitet

Mikael Östling, vice rektor, KTH

BILAGA 1: SPETSKOMPETENSER OCH INFRASTRUKTUR VID SVERIGES FRÄMSTA LÄROSÄTEN MED UTBILDNING OCH FORSKNING INOM NANOVIETENSKAP OCH NANOTEKNOLOGI

Tabell 1: Kompetenser och infrastrukturer vid lärosäten och forskningsinstitut.

Geographic area	University/ Research Institute	Competitive Edge
Lund	NanoLund (strategiskt forskningsområde, SFO)	NanoLund's research focuses on semiconductor nanostructures, specially growth, processing and characterization of III-V nanowires including nitrides, and their applications in fundamental physics, renewable energy, electronics, photonics, biomedicine and neuronanoscience.
	Lund Nano Lab (Myfab Lund, part of Myfab, the Swedish research infrastructure for Micro- and Nanofabrication and Characterization)	Material synthesis by epitaxy and deposition with monolayer precision, including III-V and III-Nitride nanowires, dielectrics, metals etc. Gas-phase generation of metal and semiconductor aerosols and nanowires. Surface passivation, surface energy control by atomic layer and plasma-enhanced chemical vapor deposition of thin films and monolayers. Sputtering of various materials, including metals with ultra-small grain size. Top-down patterning techniques, such as high resolution electron beam and nanoimprint lithography, ion- and e-beam enhanced deposition. Optical contact lithography, including DUV. High precision dry etching of Si-based and III-V materials. Fabrication of advanced devices based on III-V nanowires for fast and low power electronic and photonic applications. Different characterization methods: SEM, AFM, FIB, XRD, PL, CL, electrical probe measurements, ellipsometry etc.
	National Center of High Resolution Electron Microscopy (nCHREM)	The National Center for High Resolution Electron Microscopy (nCHREM) offers expertise in imaging, element analysis, and sample preparation for a wide variety of sample types.
	European Spallation Source, ESS	This European Research Infrastructure Consortium (ERIC) is a multi-disciplinary research facility based on the world's most powerful neutron source. The unique capabilities of this new facility will both greatly exceed and complement those of today's leading neutron sources, enabling new opportunities for researchers across the spectrum of scientific discovery, including life sciences, energy, environmental technology, cultural heritage and fundamental physics.
	MAX IV	World class synchrotron light based characterization methods highly relevant for characterizing nano-structured materials and the synthesis of such materials. Methods provide chemical and structural contrast, 3D imaging with ultimate resolution in the low nm range, and in-situ and in-operandi capabilities.
	Acreo (RISE Lund)	Commercialization of LEDs, nanoelectronics, diagnostics, nanomedicine, nanobiology, etc.
Göteborg	Chalmers Area of Advance Nano	<p>Nano research at Chalmers is divided into four profile areas: Nano for Knowledge, Nano for Health, Nano for Energy and Nano for ICT. Across the broad profile areas, we have identified a number of more specific active fields, many of which are highly interdisciplinary. Moreover, the research on graphene is part of all the four profile areas within the Area of Advance Nanoscience and Nanotechnology.</p> <p>Nano for Knowledge: Major new discoveries and inventions are often the results of curiosity driven research where the only goal is to increase our understanding. We perform basic research in several areas, ranging from quantum devices to biomolecules.</p> <p>Nano for Health: In increasing sensitivity and resolution of new analytical methods we pave the way for discoveries in pharma industry and in the health sector. We also bring e.g. fundamental understanding of molecular recognition, cellular uptake, drug release and functionalization of implants.</p> <p>Nano for Energy: Control of the nanoscale is inevitable for the systematic development of energy related materials and forms the basis for our approach to energy research.</p> <p>Nano for ICT: Nano is already present in today's ICT solutions in increased-density and high-speed driven development (cf. Moore's law). Additionally, in Nano for ICT, new phenomena and functionalities - present only at the nanoscale - are investigated.</p>
	Chalmers Graphene Center	Competence includes production, chemistry and functionalisation of graphene and characterisation, optoelectronics, batteries, sensors, composites and modelling with a spearhead in high-frequency electronics. Chalmers is leading the 1 B€ European FET Graphene Flagship project, coordinating the SIO Grafen programme and the centre develops new graphene base business opportunities with partners and entrepreneurs.
	Competence Center for Catalysis (KCK)	KCK is a national interdisciplinary research centre which is focused on environmental catalysis and energy-related catalysis. The vision is to contribute to sustainable transport-, energy- and environmental systems by developing state-of-the-art catalytic techniques.
	Linnaeus Centre on Engineered Quantum Systems, Linneqs	Engineered quantum mechanical systems at the interface between quantum physics, computer science, electronics and material science. The four focus areas are: qubits, quantum transport, future graphene devices and enabling technologies.
	Bioinspired Supramolecular Function and Design (SUPRA)	Interdisciplinary research focusing on supramolecular systems that can bridge the gap between the different sizes characteristic of molecules (atoms) and lithographic structures (chips). The research has provided insight of fundamental as well as applied impact, and addresses problems in a wide range of fields: from micro-reactor and enzyme technology, medicinal and sensor applications, bottom-up molecular nanotechnology, nano-optics and molecular electronics.
	GU	Miljöanalyser
	SWEREA IVF	Process- och materialutveckling, ytbehandling samt specifik inriktning mot miljö och energi.

Geographic area	University/ Research Institute	Competitive Edge
Fortsättning Göteborg	MC2 Nanotekniklaboratoriet Chalmers (Myfab Chalmers, part of Myfab, Sweden's Research Infrastructure for Micro- and Nanofabrication and Characterization)	Material synthesis with atomic precision: thin films, layered structures in a broad range of materials systems including semiconductor materials, III-V nanowires, graphene etc, both top-down processes and bottom-up processes. High resolution lithography and patterning using e-beam, optical methods and nanoimprint Advanced device fabrication, including a wide range of devices and components such as quantum devices, THz/mmW/microwave electronics, photonics such as lasers and detectors, MEMS/nEMS systems, bio-nano systems and sensors, graphene-based devices, high power electronics, heterogeneous integration of functional devices with CMOS etc.
Linköping/ Norrköping	LiU/IFM and ITN	Several Research Divisions comprising ~200 researchers developing nanomaterials solutions for applications on: <ul style="list-style-type: none"> • 10B-based neutron detector films for the ESS. • Wear-resistant coatings on cemented carbide cutting tools for Swedish industry • Fuel cell technology • Graphene functionalization • Catalysts • Ohmic contacts • Gas sensors, nanostructured sensing layers • Low-friction coatings for bearings • Anode material for Li-ion batteries • Optical filters and mirrors • 2D nanomaterials; graphene, MXene, and BN • Quantum photonics • Optical meta materials • Plasmonic metal nanostructures and nanocomposites • Modeling of nanosystems
	LiU/IFM	One of Sweden's most comprehensive laboratories with instruments and processes for nanomaterials production and characterization.
	LiU/Strategic Research Area: Advanced Functional Materials (AFM)	Internationellt interdisciplinärt laboratorium för avancerade funktionella material. vetenskap fokuserad på atom- och molekylärskalig design av nya nanomaterial, för miljö, hälsa, energi och hållbarhet.
	LiU/CeNano	Nanostructured materials and nanoplasmonics Nanoprobes (e. g. for theranostics) Quantum-mechanical modeling of nanosystems
	LiU/LiLi-NFM Linnaeus Environment	Basic research on materials synthesis, structure, and properties. Studies on the nature of epilayers, thin films, and nanoscale materials, including wide-band gap materials (SiC, BN, AlN, GaN, ZnO), graphene, nanocomposites, superlattices, fullerene-like compounds, and organic molecular materials.
	WCMM-LiU	Linköping University, the University Hospital and the County Municipality of the region Östergötland, This is one of the four Wallenberg Centre for Molecular Medicine (WCMM) nodes in Sweden The LiU node focus is on the medicine-technology interface, build upon existing strengths in research within medical technology, materials science and bioengineering.
	National Super-computer Centre in Sweden (NSC)	The National Supercomputer Centre in Sweden (NSC) provides leading edge high performance computing resources and support to users throughout Sweden. NSC is an independent center within Linköping University. NSC is funded by the Swedish Research Council via SNIC (Swedish National Infrastructure for Computing).
	LiU/IFM Arwen	Northern Europe's most powerful analytical electron microscope with efficient capabilities of truly sub-atomic spatial resolution in both structural and chemical characterization of nanomaterials.
	Terahertz Materials Analysis Center (TheMAC)	Development and coordination of state-of-the-art nano-materials characterization in Sweden using THz ellipsometry.
	LiU & KTH consortium for the Swedish Materials Research Beamline (P21) at Petra III	State-of-the-art synchrotron beam line for high energy X-Ray scattering analyses of materials, complementary to the MAX IV array of beamlines. Three experimental stations ideally suited for nano materials characterization with privileged access for the Swedish research community.
RISE Acreo	R&D-center for Printed and Organic Electronics. The EU Pilot Line demonstrator PEA-Manufacturing in partnership with LiU and Norrköping Science Park.	
Stockholm	SU	<ul style="list-style-type: none"> – Synthesis of complex nanomaterials, including nanoparticles and various nanostructures (including laser sintering) – Characterization methods of nanomaterials with respect to shape, size, structure and composition based on electron and X-ray techniques. – Colloidal assembly of nanomaterials
	SU/Berzelii Center EXSELENT för Porösa Material	A joint initiative to promote excellent, multidisciplinary and innovative research on porous materials. The center will generate new ideas for designing and synthesizing porous materials tailored for different applications. The current research is focused on catalysis, gas separation, biomaterials, new porous materials and characterization.

Geographic area	University/ Research Institute	Competitive Edge
Fortsättning Stockholm	SU/KTH/UU Swerea KIMAB CEM4Mat	Regional ansats mellan EMC-SU, ELMIN-UU och Electrum-KTH för att samordna verksamheten i syfte att öka tillgängligheten av maskinpark, infrastruktur och kompetens gällande TEM. Målet med CEM4MAT är att skapa ett världsledande center för TEM bestående av faciliteterna på SU, KTH, UU och Swerea-KIMAB. Fokus på kunskapsuppbyggnad mellan lärosätena och att bygga på det arbete som redan pågår samt samverka med det omgivande samhället.
	KTH	Several institutions with nanotechnology research. FPT: Nanocellulose: production, characterization, functionalization and modification, materials design Nanodots: production, characterization, functionalization Nanocomposites, Nanostructured biomedical materials
	KTH Electrumlab (Myfab KTH, part of Myfab, Sweden's Research Infrastructure for Micro- and Nanofabrication and Characterization)	Fabrication technology for several different semiconductor areas, covering Si/SiGe/Ge nanodevice fabrication, III-V Optoelectronics devices, Silicon Carbide power and integrated device technology. Materials synthesis technologies; Epitaxial growth of Si/Ge, InP and GaAs as well as SiC. Atomic layered deposition and pulsed laser deposition techniques. Cluster machines for deposition/etching, precision sputtering for extremely thin layers of metals, and stepper lithography. Characterization tools including HRXRD, Photoluminescence, AFM/STM, TEM/SEM/FIB, etc. The Electrum Laboratory is a base for leading research groups and has a strategic role as a production incubator for high tech spin-off companies, up to TRL 9.
	RISE Bioeconomy	Production of nano brillated cellulose (CNF) Characterization of nano brillated cellulose Properties of CNF lms and barriers Use of CNF in papermaking
	SP	Functional surfaces, nanosafety.
	IVL	SHE aspects of nanotechnology, work place measurements, clean tech and process applications.
	KI/IMM	Nanomedicine, nanotoxicology, nanosafety.
	SP Process Development, Södertälje	Crystalline nanoparticles, scale up of nanoparticle manufacture, characterization of particles. Nanoporous materials, scale up and manufacturing of these materials, characterization of nanoporous materials.
	RISE Acreo Kista	Acts as an innovational partner and runs together with KTH the Electrum Laboratory. Acreo has exceptional cases of successful spin-off companies, active today both outside of and within the Electrum infrastructure supported by Acreo. Power Electronics, MEMS (Micro Electro-Mechanical Systems) and Photonics for applications for imaging, high-speed communications, sensors and actuators, and bio/life science based on WideBandGap (SiC, GaN ZnO), III-V, Graphene and CMOS technology.
Uppsala	UU, Ångström Microstructure Laboratory (MSL) (Myfab Uppsala, part of Myfab, Sweden's Research Infrastructure for Micro- and Nanofabrication and Characterization)	2000 m cleanroom for academic research and industrial development projects. More than 250 users have access to 200 tools for materials synthesis and characterization. Some examples of nanorelated activities: Development of various techniques for nanopores and nanopore arrays. Synthesis of nanomaterials and their functional composites, including nanotubes (e.g. carbon based), nanosheets (graphene, transition metal dichalcogenides TMCs, etc.), nanoribbons (based on silicon and other functional materials), nanodots-nanocrystals, as well as various composites of such nanoscale materials with different polymer materials.
	UU, BMC och Rudbecklaboratoriet	Development of nano-based medical therapies and diagnostics. Development of new hybrid nanomaterials for energy storage.
	SLU och SVA	Development of novel nanotechnology-based systems for detection of zoonotic diseases. Bionanotechnology for development of biomedical and agricultural applications.
Sundsvall	Mid Sweden University (MiUn)/STC Sensible Things that communicate	Sensor and electronics research "Large area electronics" i.e electronics covering very large areas, based on nanomaterials such as graphene or molybdenum sulphide. The applications are in energy production and storage (solar cells and super capacitors), and energy harvesting (e.g thermoelectrics). The substrate is cellulose of different kinds.
	MiUn/FSCN Fibre Science and Communication Network on pulp and paper research	Sensor and electronics research "Large area electronics" i.e electronics covering very large areas, based on nanomaterials such as graphene or molybdenum sulphide. The applications are in energy production and storage (solar cells and super capacitors), and energy harvesting (e.g thermoelectrics). The substrate is cellulose of different kinds.



Nanocellulosa i eco-tech syntetisk träkonstruktion

Integrerad LED-belysning

Nanocement med minskat koldioxidavtryck från tillverkningen

Nano-laminerat funktionellt glas (anti-reflex, värmeisoler, UV-filtrer, självrengörande)

Solceller

Energy harvesting och organisk elektronik

Konstruktionsstål, lättmetall, komposit med nanodesign