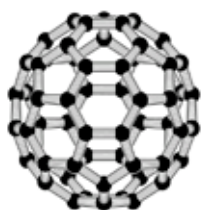


Användningen av nanomaterial i Sverige 2008

– analys och prognos –



En nanopartikels storlek
förhåller sig till en fotbolls storlek
som en fotbolls storlek till jordens.

Best.nr. 510 931
Sundbyberg, maj 2009
Utgivare: Kemikalieinspektionen©
Beställningsadress: CM Gruppen, Box 11063, 161 11 Bromma
Tel: 08-5059 33 35, fax 08-5059 33 99, e-post: kemi@cm.se
Rapporten finns som nedladdningsbar pdf på www.kemi.se

Bilder på framsidan:
Fullerenmolekyl: Bilden är utgiven under "GNU Free Documentation License".
Fotboll: Bilden är utgiven under "Creative Commons Attribution 2.0 Licence".
Jorden: Med tillstånd från NASA/JPL-Caltech.

Förord

Enligt Regeringens regleringsbrev för budgetåret 2008 har Kemikalieinspektionen genomfört en analys och en framtida prognos av förekomst av användning av nanomaterial i kemiska produkter och varor i samråd med berörda myndigheter och branschorganisationer. Denna undersökning av den nuvarande förekomsten av nanomaterial i produkter på den svenska marknaden publicerats i föreliggande *PM från KemI (1/09)*

Ansvarig för genomförandet av projektet, som presenteras i föreliggande *PM från KemI (1/09)* har varit Margareta Östman som också sammanställt rapporten.

Visst material om förekomsten av nanomaterial i produkter finns också i Kemikalieinspektionens första rapport om nanoteknologi, *KemI Rapport Nr 6/07*.

Innehållsförteckning

1.	Inledning.....	4
2.	Sammanfattning	4
3.	Bakgrund	6
4.	Arbetsätt vid analys och prognos.....	6
5.	Nanomaterial- en kort beskrivning.....	7
5.1	Nanomaterial	7
6.	Nanomaterial blir nanoprodukter	10
7.	Nano i världen	11
7.1	Den globala marknaden för nanomaterial	11
7.2	Produktion i världen	11
7.3	Nuvarande användningssätt.....	12
7.3.1	Nanomaterial - nanostrukturer i obearbetad form	12
7.3.2	Nanoprodukter – färdiga produkter som kallas nano	13
7.4	Genomförda kartläggningar och pågående arbeten.....	14
7.4.1	OECD	14
7.4.2	USA	14
7.4.3	Kanada	15
7.4.4	EU.....	15
7.4.5	England.....	15
7.4.6	Tyskland	16
7.4.7	Nederländerna.....	17
7.4.8	Danmark	17
8.	Nano i Sverige.....	18
8.1	Lärdomar ur studier gjorda av andra	18
8.2	Lärdomar från intervjuerna med svenska aktörer	18
8.3	Tillverkning av nanomaterial i Sverige.....	20
8.4	Nanoprodukter i Sverige	21
8.4.1	Produkter med nanostrukturerade komponenter.....	22
8.4.2	Produkter med nanostora partiklar inblandade i andra material.....	22
8.4.3	Produkter med nanostrukturerade ytor	25
8.4.4	Produkter med nanostrukturerade bulkmaterial	25
9.	Framåtblick.....	26
9.1	Global utveckling de närmsta åren.....	26
9.2	Prognos för svensk användning.....	26
10.	KemI:s fortsatta arbete med analys av utvecklingen.....	28
	Referenser.....	29
	Bilaga 1. Cefic:s lista över nanomaterial	
	Bilaga 2. Typer av produkter på marknaden	
	Bilaga 3. Nanoprodukter på svensk marknad	

1. Inledning

I Kemikalieinspektionens regleringsbrev för verksamhetsåret 2008 uppdrar regeringen åt myndigheten att bevaka utvecklingen inom området nanoteknik samt delta i utvecklingen av nya testmetoder för att bedöma risker för hälsa och miljö. En analys och framtida prognos av förekomsten av användningen av nanomaterial i kemiska produkter och varor ska göras i samråd med berörda myndigheter och branschorganisationer. I denna rapport redovisas den analys som gjorts på Kemikalieinspektionen av hur nanomaterial används i produkter som marknadsförts i Sverige under de senaste åren. En prognos för den fortsatta användningen ingår också.

2. Sammanfattning

Det finns två slags nanoprodukter i Sverige.

Den första gruppen av nanoprodukter består av de nanoprodukter som innehåller nyare slags nanomaterial. Det förefaller ännu finnas få sådana produkter på den svenska marknaden. I den genomförda undersökningen har ett hundratal enskilda produkter som uppges vara sådana nanoprodukter påträffats att jämföras med uppskattningsvis miljontals andra produkter i Sverige. De produkter som påträffas är av samma slag som hittats i undersökningar i andra nordeuropeiska länder, de importeras också till Sverige. Dock är produkter med antibakteriellt nanosilver relativt sett mer sällsynta i Sverige.

Den andra gruppen som kan kallas nanoprodukter är den stora grupp produkter som innehåller det sedan länge använda kemiska ämnet carbon black (kimrök) som kan definieras som ett nanomaterial. Dessa nanoprodukter används i stort sett i alla delar av samhället i form av svart färg i t.ex. tidningar och annat reproducerat material, i alla gummidäck och andra svarta plast- och gummidetaljer.

Ingen av de undersökningar som gjorts om nanoprodukter belyser de användningar som finns av carbon black utan inriktas i huvudsak, liksom denna rapport, på nyare nanomaterial och de användningar de fått.

De flesta elektronikprodukter kan sägas innehålla nanomaterial eftersom många elektronikkomponenter är mycket små. Vilka dessa nanostrukturerade material är känner företagen inte till eller tillmäter speciell uppmärksamhet, varför enskilda namngivna nanoelektronikprodukter är svåra att finna.

Flytande eller pastaformade nanoprodukter förekommer nästan enbart som ytbehandlingsmedel avsedda för en mångfald material och som kosmetik. Ytor med nanostruktur prövas inom byggsektorn i form av fönsterglas och väggbeläggning. Kompositer som innehåller nanomaterial används i några sportartiklar och i bilar. Inga mediciner med nanomaterial är godkända i Sverige men det finns i ett fåtal medicintekniska produkter. Inte heller i föda finns avsiktligt framställda nanomaterial, här kan dock finnas viss import av kosttillskott och antibakteriella medel i nanoform via Internet. Användningen i textil är ännu mycket liten.

Enligt Vinnovas analys 2007:01 visar det svenska innovationssystemet inom nanoteknik ”klara drag på att fortfarande befinna sig i en tidig fas”. Få kommersiella produkter har ännu utvecklats. Utvecklingen mot större användning av nanomaterial i Sverige hejdas också av att många företag inte vill pröva nanomaterial förrän det finns möjlighet att veta hur farligt

materialet är. Denna okunskap innebär en affärsmässig risk. Flertalet aktörer pratar om farligheten, få framhåller möjligheterna.

Det finns stora metodproblem vid undersökning av användning av vilka nanoprodukter som finns på marknaden. Det beror bl.a. på att det i de flesta fall inte framgår av produktinformationen att produkten innehåller nanomaterial, inte heller i förekommande fall vilket material. För de allra flesta produkter är det svenska företaget ovetande om ifall produkten innehåller nanomaterial. Ett annat problem vid uppskattning av vilka nanoprodukter som används i Sverige är att nanoprodukter köps in av konsumenten direkt på den globala Internetmarknaden.

De nanomaterialen som uppges eller uppskattats finnas i produkter i Sverige är carbon black, titandi-, kiseldi- och zinkoxider, metaller, nanoleror, polymerer, nitrider och kolnanorör. Totalt är nanomaterialet i de svenska nanoprodukterna ca 75 % keramiska material, 13 % kolbaserade, 7 % metaller och 5 % polymerer sett till antalet produkter. De nanomaterial som förekommer mest i tidningsartiklar är dock kolnanorör och nanosilver.

Tabell 1. Exempel på nanomaterial, som ingår i varor på den svenska marknaden

VARA PÅ SVENSK MARKNAD	TROLIGT NANOMATERIAL
Ytbeläggningar för skydd och självrengörande effekt på bilar, kakel, sten, glas, textil	titandioxid, kiseldioxid/glas, polymerer
Färg och plast	hyperförgrenade polymerer
Racketar	kolnanorör, kiseldioxidkomposit
Cyklar	kolnanorörkomposit, aluminium
Skidor och hockeyklubbor	epoxi-kolnanorörkomposit
Tennisbollar	nanolerakomposit
Bildelar	polymer-lerkomposit
Fyllmedel i gummidäck, svart färg	kimrök
Filter för luftrening av tilluft till motorer	nanofiber av polymerer
Sockor, sulor, förband	silvernanostråd
Kläder	fluorerade fibrer
Vattenavvisande på textil	dendrimerer; hydrofoberade
Solskyddskräm	titandioxid, zinkoxid
Tandkräm	hydroxiapatit
Papperskemikalier	kiseldioxid
Elektronmikroskopi	guldpartiklar

Den tillverkning med nanomaterial som sker i Sverige sker vid högskolor och branschinstitut och på ett fåtal industrier. Tillverkning av nanomaterial i sådana mängder att de utgör bas för industriell tillverkning sker av carbon black, kiseldioxiddispersioner (kiselol), hyperförgrenade polymerer och nanopartikelförstärkt stål. Dendrimerer, nanotunna polymertrådar och olika kompositblandningar tillverkas för försöksverksamhet med produkter.

Den svenska användningen av nanomaterial de närmaste fem åren beror helt på vilka nanoprodukter som utvecklas i hela världen. Det kommer att fortsätta vara möjligt att via Internet beställa hem den produkt som önskas. Aktörer på den svenska marknaden intar en avvaktande hållning till introduktion av nanoprodukter eftersom de upplever att det inte finns något klassificeringssystem för nanomaterialens farlighet eller någon styrande lagstiftning. Eftersom testprogram och översyn av lagstiftningen kommer att ta ungefär de närmaste fem åren att utveckla är en gissning att introduktionen av nya nanoprodukter i Sverige under tiden

kommer att vara ringa. Om finansieringen kan ordnas kan dock utvecklandet av själva teknikerna fortsätta på högskolor och branschinstitut trots företagens svala intresse.

3. Bakgrund

Begreppet nanomaterial används om material som helt eller delvis är strukturerat i delar som i minst en dimension är mindre än 100 nm. Alla ämnen och material har naturligtvis en struktur också i nanostorlek men det nya med det som kallas nanoteknologier är att man tack vare instrument utvecklade de senaste decennierna verkligen kan se så små strukturer och också avsiktligt framställa dem på ett någorlunda kontrollerat sätt. Det finns inget speciellt nanoteknologiområde utan nanoteknologier tillämpas inom de flesta tekniska områden. Alla material i nanoskala är inte nya utan vissa har alltid existerat omkring oss. De förekommer i rök från skogsbränder, saltkristaller vid havet, bilavgaser och keramiska material. Dessutom har mänskligheten utnyttjat egenskaper från nanomaterial i århundraden. Så har t.ex. guld och silver i nanostorlek använts i färgat glas och i keramik sedan 900-talet.

Material i nanoskala kan göras från nästan vilket kemiskt ämne som helst och deras egenskaper beror inte bara på deras kemi utan också på deras storlek och struktur. Material som avsiktligt framställts i nanoskala är för det mesta inte produkter i sig själva utan vanligen utgör de råmaterial, ingredienser eller additiv i andra produkter. Framställningen kan ske genom att man finfördelar material t.ex. mal det och separera fram de riktigt små partiklarna eller genom att man sätter ihop atom för atom till önskad struktur på materialet. Detta kan ske på många olika och mer eller mindre förutsägbara sätt

Hela materialets massa eller bara materialets yta kan vara nanostrukturerat. Ett material kan genom att det innehåller nanostora hålrum få beteckningen nanomaterial. Nanosmå partiklar kan fästas på ytor, suspenderas i vätskor eller blandas in i fasta material. De kan också förekomma i luft som en aerosol.

Ur risksynpunkt är det viktigt att skilja mellan fria nanomaterial som kanske kan komma in i och sprida sig i kroppen och spridas i miljön och fastsittande nanomaterial som är inbäddade i en omgivande massa och inte är rörliga. Den här skillnaden är mycket viktig när exponeringen för nanomaterial skall uppskattas.

Lite är känt om hur nanomaterial används och i vilka mängder. Det är därför svårt att, även om man visste hur farligt materialet är, uppskatta hur stor risk det är att bli utsatt och kanske skadad av ett farligt nanomaterial. Många nanoteknologiska produkter, kanske de flesta av dem, innehåller nanomaterial utan att det framgår av produktdata. En del produkter har benämningar som gör att det är lätt att tro att de innehåller något nanomaterial men gör det inte. De allra flesta företag vet inte om det ingår något nanomaterial i deras produkter.

4. Arbetssätt vid analys och prognos

Begreppet nanoprodukt har i analysen använts i en vid bemärkelse om de produkter som uppges ha framställts avsiktligt med hjälp av nanoteknologi eller sådana som innehåller nanostrukturerade material som är avsedda att ha en viss funktion just därför att de är nano. Det har inte lagts stor vikt vid att innan samtal och sökningar definiera vad nanoteknologi eller nanomaterial är. Ingen intervjuad verkar heller ha känt sig besvärad eller förhindrad att uttala sig om nanoprodukter på grund av att begreppet skulle vara otydligt.

Arbetet har utförts på KemI. Användningsområden och produkter har hittats genom litteraturstudier, studier av webbsidor, sökningar på Internet och samråd med myndigheter och branschorganisationer och många andra.

Produkter som kan innehålla nanomaterial har också påträffats vid affärsbesök. Besök har gjorts i sportaffärer, elektronikbutik, bensinstation, kosmetikavdelningen på Åhlens varuhus och på Clas Ohlson.

Intervjuer har gjorts med personer inom företag, branschorganisationer, universitet, forskningsinstitut, media och myndigheter. Sammanlagt genomfördes 34 längre intervjuer. Kontakter för intervjuerna har tagits med branscher vars produkter i litteratur och andra kartläggningar framstår som de huvudsakliga leverantörerna av nanoprodukter. I flera fall har ett samtal lett till tips om någon ytterligare person som då också kontaktats.

Flera branschorganisationer och myndigheter har gått ut med upprop om hjälp med att spåra nanoprodukter genom utskick, i sina tidningar och nyhetsbrev och vid möten inom organisationen. De som vet om någon nanoprodukt har där ombetts att kontakta KemI med tipset. Endast sex svar på dessa vitt spridda önskemål har erhållits.

Inom minST, ett samarbetsorgan för mikro/nanosystemtekniker, pågår ett arbete med en lista över kommersiellt tillgängliga produkter som inkluderar nanoteknologi. Listan finns på nätet och innehåller huvudsakligen elektroniska och optiska komponenter. Listan och dess sammanställare har varit till god hjälp när det gällt att bedöma detta område.

Ett utkast av avsnittet om den svenska användningen har skickats till samtliga intervjuade för avstämning och korrigerings. Ett seminarium där arbetsresultatet redovisades och de inbjudna gavs möjlighet att bidra med ytterligare information och med synpunkter till prognosen har hållits.

5. Nanomaterial- en kort beskrivning

Materia i så små storlekar att de mäts i nanometer kan ha andra egenskaper än i makroformat. De kan t.ex. ha andra elektriska och optiska egenskaper men framför allt har de en mycket stor yta i förhållande till vikten. Den stora ytan gör att de lätt attraherar till varandra och därför också lätt klumpar ihop och bildar aggregat vars storlek kanske inte längre mäts i nano. De kan också attrahera varandra så att s.k. självorganiserade ytor bildas. Ibland har nanopartikeln en yta som verkar avstötande på andra ämnen och det kan vara svårt att blanda med andra fasta ämnen, det sjunker så att säga till botten i det andra materialet. Detta kan motverkas genom att ytans egenskaper ändras genom påkoppling av mer kvarhållande molekyler. Sådana påkopplingar av andra ämnen används också mer och mer för att ge ytterligare och ändrade egenskaper till nanomaterialet. Den stora ytan gör att nanoämnet kan erbjuda många aktiva ställen för kemiska reaktioner eller fungera som katalysator eller bärare för andra ämnen som fungerar som sådana.

5.1 Nanomaterial

De olika strukturer som kallas nanomaterial indelas vanligen i några olika grupper. Indelningen är tämligen samstämmig världen över och omfattar mindre än tio olika typer av strukturer vilka i sin tur kan vara av olika utseende och av olika kemisk sammansättning. Samma kemiska ämne kan finnas i flera av dessa nanoformer. Utförliga beskrivningar finns i många av de dokument som tagits fram av nationer och organisationer och i vetenskapliga artiklar och böcker (2, 35). Den beskrivning som följer nedan bygger på en sammanställning

i en kanadensisk rapport till Consumer Council i Kanada gjord av E. Nielsen (8). Den ger en mycket översiktlig uppfattning av vilka material vars förekomst på svensk marknad som sökts i denna sammanställning.

De olika typerna av **strukturer**, utseende i nanoskala, som görs genom nanoteknologi omfattar

- **Nanopartiklar** som är material med alla tre dimensionerna inom 1-100 nm. Ett exempel är halvledande kristallina nanopartiklar som kallas kvantprickar.
- **Nanokompositer** är fasta blandningar av olika material där minst ett material har en dimension i nanoskala.
- **Nanostavar** är material som har två dimensioner i 1-100 nm-intervallet och är utsträckt i den tredje dimensionen. Sådana material är t.ex. nanorör (nanotuber) som är ihåliga nanostavar, nanotrådar som är ledande nanostavar och nanofibrer som är flexibla nanostavar.
- **Nanoytor** är material som i en dimension är mellan 1 och 100 nm och i de två andra dimensionerna är utsträckt till flagor, en tunn film eller ytbeläggning.
- **Nanoporösa material** där själva materialet visserligen är större än 100 nm men det innehåller hålrum som är i nanostorlek vilket ger materialet speciella egenskaper.

Kortfattad beskrivning av vilka typer av nanomaterial som finns av olika kemiska ämnen:

Kolbaserade material: Dessa består huvudsakligen av kol i form av ihåliga bollar, ellipsoider eller stavar. Bollar och ellipsoider av kol i nanoskala brukar i allmänhet kallas fullerener medan cylindriska stavar kallas kolnanorör (eng. nanotubes). Carbon black består av plana skikt av kol i ringform s.k. grafen.

Fullerener är nanopartiklar som består av kolatomer (28 till 100) som är arrangerade i en sfär som liknar en fotboll. Både namnet fulleren och det ibland använda smeknamnet buckyball syftar på Buckminster Fuller som utvecklade stora sfärer som arkitektonisk element för kupolbyggander. Sfären är ihålig och kan vara enkel eller flerväggig och har många unika egenskaper. Fysiskt är de mycket starka och kan tåla extrema tryck för att sedan återgå till sin ursprungliga form när trycket släpper. I polymerblandningar tillför de styrka och gör materialet lättare. Fullerener kan också fungera som katalysator, då de underlättar en reaktion utan att själva förbrukas, och deras användning i batterier och bränsleceller undersökt. Dessutom studeras möjligheten att använda deras ovanliga elektriska egenskaper i olika elektroniska applikationer.

Dessa stela ihåliga sfärer kan fyllas med andra ämnen och det antas att de skulle kunna användas för leverans i kroppen av läkemedel. I kosmetika används de för att ta upp fria radikaler som annars skulle angripa huden och för att leverera mjukgörande ingredienser.

Kolnanorör är en atom tjocka skikt som formar rör som är ca 1 nm i diameter och kan göras flera tusen nm långa. De kan packas ihop tätt och formar då mikroskopiskt små stavar eller trådar. I grunden är de kolatomer som är placerade i ett skikt som sedan viras ihop till ett rör eller till flera rör inuti varandra. Enkelväggiga kolnanorör är det materialet inom

nanoteknologin som det pågår mest utvecklingsverksamhet om just nu. För att nanorör skall få starka och stabila bindningar i blandningar med polymer till kompositmaterial adderas kemiska grupper till nanorörets yta. Sådana påkopplade kemiska grupper kan också ha till uppgift att tillföra ytterligare, speciella funktioner t.ex. ökad vattenlöslighet av kolnanoröret.

Den helt unika atomuppbyggnaden i kolnanorör ger ett material med exceptionellt hög styrka, lätt vikt och utmärkta elektriska och värmeledande egenskaper. Till exempel hävdas det att nanorörbaserade material blir 50-100 gånger starkare än stål men har en sjättedel av vikten. Att nanoröret är ihåligt gör att det kan fungera som rör för transport och formning. Eftersom tillverkningsprocessen vanligen inbegriper närvaro av metaller innehåller kolnanoröråvaren ofta metaller, vilka och hur mycket beror på tillverkningsmetod och rening. Kolnanorör är svåra att tillverka i större kvantiteter med jämn kvalitet och framställning av enkelväggiga nanorör erbjuder betydligt större svårigheter än att göra flerväggiga. Kolnanorör och andra nanopartiklar har tack vare sin stora yta lätt att fästa till varandra och bildar därför i fri form snabbt aggregat av många partiklar vilket erbjuder svårigheter när de skall blandas in i och fördelas jämt i något annat material till t.ex. en komposit.

Metallbaserade material: Nanomaterial baserade på metall består av oftast av nanopartiklar eller nanoitor av t.ex. guld, silver och metalloxider som titandioxid i nanostorlek. De unika egenskaperna beror huvudsakligen på att ytan ökat i förhållande till volymen. Titandioxid och zinkoxid i nanoskala släpper igenom synligt ljus och reflekterar samtidigt UV-ljus vilket utnyttjas för att göra genomskinliga solskyddsprodukter. Nanosilver används som antimikrobiellt ämne. Också metaller och metalloxider t.ex. titandioxid kan formas till nanosfärer eller nanostavar och användas i smörjmedel, katalysatorer och energilagring. Ledande metallnanotrådar baserade på koppar eller kobolt skulle kunna användas i elektrisk utrustning.

Kvantprickar består ofta av nanokristaller av kadmiumselenid (41).

Polymer i nanoskala: Hyperförgrenade polymerer och dendrimerer är nanostora polymerer som byggts upp till mycket grenade strukturer med många kedjegrenar vars ändar kan ges olika funktioner (18). Genom att kedjeändarna är många blir möjligheterna till reaktioner många. Dessa nanopartiklar kan ges tredimensionella konfigurationer med inneslutna hålrum i vilka andra molekyler t.ex. läkemedel eller metaller skulle kunna placeras. Fibrer i nanostorlek kan göras av många slags polymerer genom en elektrospinning-process. De kan inarbetas i garn för att ge skrynk- och fläckållighet. Andra typer av polymerer i nanoskala används i ytbehandling för textilier för att ge liknande egenskaper. Polymerer i nanoskala kan användas som "ställning" vid läkning av vävnad, för förband och kontrollerad dosering av läkemedel.

Nanokompositer: Detta är material som man får genom att blanda in nanomaterial i en materialblandning, en matris. Efter inblandning av nanomaterialet kommer den resulterande nanokompositen att ha mycket ändrade egenskaper. Till exempel så ger nanostora lerflagor i polymerblandning kompositer som används i bildelar och packmaterial för att de är lätta och ger förbättrade mekaniska, värmemässiga, gastätande och flamskyddande egenskaper. Kolnanorör sätts till materialmatrisen till hockeyklubbor och tennisracket för att öka styrkan och reducera vikten.

Det finns många andra material och ytor än de ovan beskrivna vars struktur i nanostorlek har betydelse för deras funktion och som kan kallas nanoteknologiska. Kolloidala system,

liposomer och andra miceller är exempel på nanostora strukturer som sedan länge, och nu med ökande intresse, används i föda, läkemedel och kosmetik.

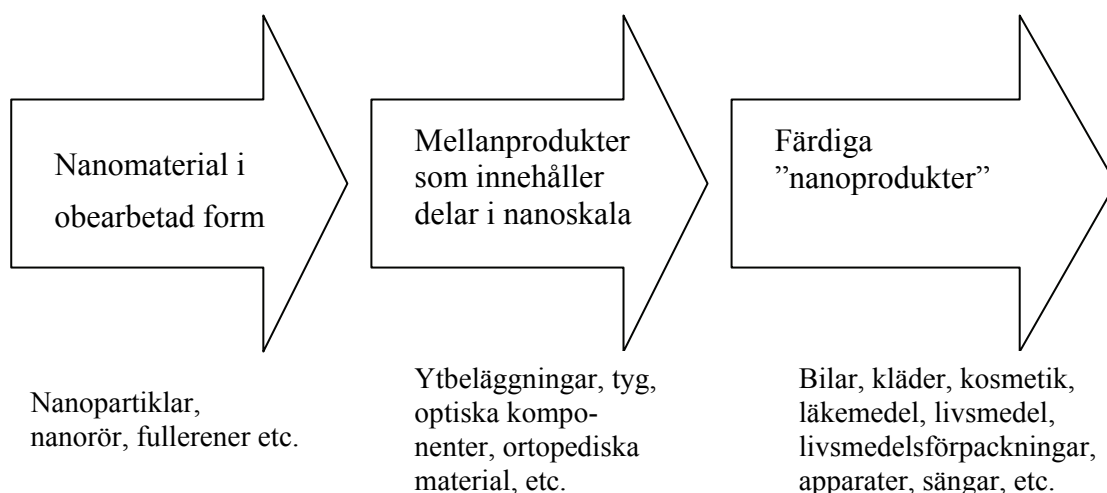
En relativt stor andel nanomaterial är baserade på kiseldioxid i olika former och kiseldioxid (glas) kan användas i ytbeläggningsmedel för att öka reptåligheten. Ytbeläggningar med en tjocklek mindre än 100 nm används överallt från elektronik till glas och textil (18) och kan bestå av många olika material. Kiseldioxid (silika) av nanostorlek används som viskositetsreglerande ämne i färger. Kolloidala vattenlösningar av kiseldioxid kallas kiselsol och används i papperstillverkning.

Exklusiva nanotrådar används i ledande lager i skärmar, sensorer, solceller och datorer. De nanoporösa materialen innehåller små hålrum om några nanometer som ger materialet alldeles speciella egenskaper. De framställs och utnyttjas sedan många decennier, t.ex. aktivt kol och zeoliter, dvs. olika aluminiumsilikater och används för jonbyte (t.ex. i tvättmedel), katalys, molekylsiktare och adsorption i miljontals ton per år (37). De är viktiga och etablerade material utan att de hittills betecknats som nanomaterial. De senaste åren har nya sådana nanoporösa material utvecklats av både oorganiska och organiska ämnen.

6. Nanomaterial blir nanoprodukter

Som konsument möter vi nanoteknologin inbyggd i varor som kemiska produkter, transportmedel och elektronik. Än så länge har det mesta forskningsarbetet lagts på nanostrukturer i obearbetad form (representerad av inom pilen längst till vänster i figuren nedan), ett arbete som sker på universitet och högskolor. Nu finns en hel del nanoråmaterial på marknaden liksom apparatur att framställa dem. Mer arbete läggs nu på att göra nanomaterialen tekniskt och ekonomiskt funktionsdugliga liksom att göra halvfabrikat och komponenter (pilen i mitten). För att framställningen av färdiga produkter med nanoteknologi (pilen längst till höger) skall öka mer än hittills krävs dels att riskerna med materialen utreds, dels att företagen kan avsätta resurser samt vågar pröva dessa nya material i sina produkter.

Figur 1; gången i utvecklingen av nanoteknologi och nanoprodukter (8, 34)



7. Nano i världen

7.1 Den globala marknaden för nanomaterial

Friends of the Earth konstaterade 2006 i rapporten Small Ingredients, Big Risks att den största konsumenttillgängliga produktgruppen som innehåller nanomaterial är kosmetik- och hygienprodukterna (7).

Den enorma satsningen av forskningspengar i hela världen har inte ännu resulterat i ett proportionellt antal nya användbara tekniska tillämpningar som företagen varit villiga att pröva på marknaden. En avmattning i antalet nya nanotechföretag syns under 2008 och den största konsultfirman på marknaden, Lux Research, la i slutet av 2007 ner sitt speciella nanotechindex över börsnoterade nanotechföretag (16). Vid sökningar på webben framgår också att många webbsidor om nanoteknologi inte blivit uppdaterade sedan senast 2005, vilket indikerar att verksamheten efter startperioden varit låg hos många aktörer.

Hittills har det i de flesta praktiska tillämpningar med nanostrukturerade material varit att ta tillvara de förändrade ytegenskaperna, framförallt det faktum att ytan är så mycket större än makromaterialets. De kvantmekaniska egenskaperna ger nya optiska, elektriska och magnetiska effekter vilka ännu bara kommit till kommersiellt uttryck i ett fåtal fall förutom i det hittills allt överskuggande användningsområdet elektronik. (12). Många av de förmågor t.ex. unika elektriska egenskaper som tillskrivs nanorör i största allmänhet är egentligen specifika för Single wall nanotubes (SWNT) (24). För att kunna användas på de föreslagna sätten måste de kunna erbjudas i bestämda längder med definierad diameter. Sådana nanotuber är än så länge mycket, mycket dyra och de kolnanorör som verkligen används i mer industriell skala är de som har flera lager av väggar, Multi wall nanotubes (MWNT) . Sådana nanorör används som förstärkning i framförallt plastmaterial till icke-priskänsliga varor som t.ex. sportutrustning. MWNT kostade 2007 flera hundra dollar per kg, renade och/eller med adderade funktioner kostade de flera tusen dollar per gram (15). SWNT beräknades kosta ca 500 dollar per gram 2008 (15).

7.2 Produktion i världen

Det är mycket svårt att hitta uppgifter om tillverkning av nanomaterial. Nanomaterial för forskningsändamål framställs ofta på laboratorier medan tillverkningen av de mest använda nanomaterialen mer och mer verkar koncentreras till ett antal stora multinationella företag som BASF, Dupont, Dow, Syngenta, 3M, Mitsui och Bayer. Flera av nanomaterialen är nu etablerade råvaror med pålitliga kvaliteter och leveranser (24). Stora tillverkarländer är USA, Japan, Kina och i Europa Tyskland och Frankrike. Den europeiska branschorganisationen för kemikalietillverkare, Cefic, uppger i ett dokument till EU-kommissionen de nanomaterial de tillverkar, volymer och hur länge materialet producerats, se bilaga 1. Från 2005 finns en uppskattning av att ca 60 % av försäljningsvärdet utgjordes av keramiska nanomaterial (18) och med tanke på deras lägre värde gentemot kol och metallnanopartiklar stod de sannolikt för en ännu högre kvantitativ andel. Förbrukningen av keramiska nanomaterial i USA var 2006 ca 20 000 ton och de förväntas ta marknadsandelar från andra avancerade keramiska pulver (28). Av det statsunderstödda forskningsstödet i USA gick ca 80 % till forskning om kolbaserade nanomaterial (18).

I Finland har Kemira beslutat starta en tillverkning av nanotitanoxid och andra nanopartiklar (Kemivärlden 2008). I Norge pågår sedan några år start av kolnanopartikel tillverkning.

Den globala tillverkningsvolymen för kimrök(carbon black) är ca 10 miljoner ton (40).

Produktionen av kolnanorör förväntas inom några år ha vuxit från några hundra ton 2007 till flera tusen ton per år framåt 2010 (15). Det sammanlagda värdet uppskattas att bli 1-2 miljarder dollar om några år, vilket med ett hypotetiskt kilopris på \$100 skulle motsvara ca 5000 ton. Det fanns 2007 ca 35 tillverkare av MWNT i världen. Värdemässigt kommer elektronik att vara den viktigaste kolnanorörproduktgruppen medan användningen i kompositmaterial i bilar kommer att stå för de stora volymerna. Flera tillverkare av MWNT anger att de erbjuder sina material som halvfabrikat i form av t.ex. masterbatch, compound eller dispersioner, detta förmodligen för att kunna garantera homogen inblandning av nanorören och säker arbetsmiljö (15). Tillverkningen av enkelväggiga kolnanorör görs hos mellan 20 och 30 företag runt om i världen men frambringar ännu bara ett fåtal kg. År 2014 beräknas SWNT dock ha gått om MWNT och då stå för merparten av kolnanorör (15). Framställningstakten av SWNT i en nyprojekterad anläggning 2008 beräknas ligga runt 1 kg om dagen.

Ett högt pris på ett nanomaterial beror inte bara av en komplicerad tillverknings- och reningsprocess. Många av de nanomaterial som nu tas fram i laboratorieskala med spännande egenskaper innehåller grundämnen som redan är sällsynta och dyra och som inte heller i framtiden kommer att kunna utgöra bas för en vidare global användning, nanoteknologisk eller annan.

7.3 Nuvarande användningssätt

7.3.1 Nanomaterial - nanostrukturer i obearbetad form

Nanopartiklar

Det sedan länge använda ämnet kimrök/Carbon black består till stor del av nanostora partiklar. Det används som förstärkning och fyllmedel i gummi och som färgpigment i all svart färg. Allt talar för att denna den största användningen av nanopartiklar kommer att fortsätta som förut och vidare analys eller prognos för detta ämne ingår inte i den här sammanställningen.

Keramiska nanopartiklar är den största gruppen nanopartiklar. Det kan vara små partiklar av lera t.ex. bentonit, kiseldioxid eller metalloxyder som titanoxid, zinkoxid och ceriumoxid. De utgör den största nanomaterialgruppen och används för att förstärka andra material t.ex. plast till kompositmaterial, som processhjälpmedel vid pappersframställning, fyllmedel i färg, reflektera UV-strålning i kosmetik, plast och ytbeläggningar, som katalysator i ytbeläggningar och bränslen och i strömgenerering i batterier och solceller. De kostar från några till några tusen dollar per kilo (18).

Metallnanopartiklar är den näst största gruppen nanopartiklar och är oftast av silver. De kan också vara av t.ex. platina, palladium, nickel eller guld. Silver, både i nanopartikelform och de silverjoner den avsondrar, används för sin antibakteriella förmåga medan de övriga används för katalys eller som ledare i elektronik och sensorer (18).

Tredje största gruppen nanomaterial nu och inom den närmaste perioden förväntas vara de nanoporösa materialen. De är oftast av kiseldioxid men kan också vara t.ex. zeoliter, polymerer, kol eller hydroxiapatit. De används i form av aerogel (mycket lätta fasta skum) till isolering, katalys, bärare av andra ämnen, separation och ytskydd(18)

Kolnanoröranvändningen förväntas också växa och då i första hand då de flerväggade (MWNT) som redan är de mest används. De är förstärkare i ledande och bärande kompositer. Efter hand som det kan bli billigare att göra också kolnanorör med enkel vägg (SWNT) kommer de att kunna utnyttjas i allehanda finelektronik som minnen, sensorer, ledande skikt etc. (18).

Kol i nanoform kan också vara fulleren, de kolbollar vars upptäckt kan sägas ha startat nano-eran. De är vanliga i naturen men kostar tusentals dollar per kg att framställa kontrollerat. De används t.ex. i kompositer men också för sina anti-oxidativa egenskaper i kosmetik. Det finns nanorör och bollar även av andra ämnen än kol, så marknadsförs t.ex. nanobollar av molybdendisulfid som fast smörjmedel (22).

Dendrimerer är än så länge mer sällan använda nanomaterial. De tilltänkta användningssätten, läkemedel, klinisk prövning och hygienprodukter, pekar på att användningen volymmässigt kanske inte kan bli så stor som för de föregående materialen (18).

Kvantprickar är små strukturer av halvledare som kan fås att fungera i distinkta energiband och därför kan användas för optiska applikationer i olika våglängder och sensor av många slag. S.k. kvantbrunnar används sedan flera år i ljusdioder (18).

Många kommersiella nanopartiklar är sammansatta av flera material. I medicin, kosttillskott och hygienartiklar omsluts det aktiva ämnet av ett skyddande skikt. Liposomer, miceller, dispersioner och emulsioner är alla exempel på sätt för ämnen som inte är blandbara att bilda stabila system genom att partiklarna är tillräckligt små. Sådana nanostrukturerade system är vanliga i kosmetika och hygienprodukter liksom inom livsmedelssektorn (18).

Ytor med speciella funktioner fås genom att de beläggs med skikt tunnare än 100 nm av polymerer, metaller eller keramer. Speciellt bör nämnas så kallade självorganiserande produkter för ytskydd. De består av nanopartiklar av flera olika slags ämnen som inordnar sig i en fast bunden ordning till varandra och till underlaget. Funktionen hos den färdiga, självorganiserade ytan kan vara att den är så slät och blank att smuts och vatten rinner av eller att den är mycket hård.

7.3.2 Nanoprodukter – färdiga produkter som kallas nano

De få kartläggningar av i vilka produkter, vilka nanoprodukter, som nanomaterialen slutligen finns på marknaden som gjorts på några ställen i världen rör konsumentprodukter. Större delen av de konsumentprodukter som är nanoprodukter konstaterades vara kosmetik och hälsoprodukter (2,6, 7), rengörings-, ytbelägnings- och bilvårdsprodukter (11), kläder samt sportartiklar (6, 4).

Många bra exempel på användning av nanoteknologi också i industriella tillämpningar finns i databasen Nanoshop (10). Där kan man hitta maskiner för malning till nanofint pulver, ytbelägningsutrustning som ger nanotunna filmer/lager av material och apparater för framställning av kolnanopartiklar. Det finns även information om många slags kommersiella slutprodukter här.(10)

Det mest använda nanomaterialet i konsumentprodukter verkar vara metalloxider och silver (6,11).

7.4 Genomförda kartläggningar och pågående arbeten

7.4.1 OECD

Arbetet inom OECD är omfattande och beskrivs i KemI:s förra rapport (35). Inom OECD finns en arbetsgrupp som skall samordna de olika system för rapportering av tillverkning eller användning som förväntas bli införda för industrin.

7.4.2 USA

National Nanotechnology Initiative inrättades 2001 för att samordna amerikanska myndigheters arbete med nanoteknologisk forskning och utveckling.

Amerikanska naturvårdsverket EPA publicerade 2007 en vitbok om nanoteknologi. Där går myndigheten igenom hur nanomaterial omfattas och kan tas omhand av olika lagstiftningar. Inom de olika rapporteringssystem som används i USA för t.ex. Toxic Substances Control Act (TSCA) och vid bekämpningsmedelsgodkännande kommer det in uppgifter om hur nanostrukturerade ämnen kommer att användas. EPA:s bedömning är att nya nanomaterial och gamla ämnen i nanoform kan hanteras inom den nuvarande TSCA inventory.

Ett ”Stewardship program for Nanoscale Materials” har startats av EPA för att tillsammans med industrin undersöka nanoteknologiernas risker och hur de kan hanteras. Med start under 2008 önskar EPA få in en rapportering från företagen av deras nanomaterial, egenskaper och användning. Rapporteringen är frivillig. (9)

The Project on Emerging Nanotechnologies etablerades 2005 i ett samarbete mellan Woodrow Wilson International Center for Scholars och the Pew Charitable Trusts. Det är ett program som syftar till att på ett neutralt sätt försäkra sig om att eventuella risker minimeras medan utvecklingen inom nanoteknologi går framåt, att allmänhetens engagemang förblir starkt och att de potentiella fördelarna med dessa nya teknologier tas tillvara. Webbaserade databaser produceras vilka bl.a. presenterar en nanoteknologisk karta över USA över var tillverkning pågår, olika forskningsområden och en databas över nanoteknologiska konsumentprodukter (6).

Databasen uppdateras ständigt och får ett tillskott av 3-4 produkter i veckan. Produkterna hittas via sökningar på Internet, ofta efter tips i media. De skall uppfylla tre kriterier: de skall vara lätt tillgängliga för konsumenter, de skall ha identifierats som nanobaserade av tillverkaren eller någon annan källa och det skall vara troligt att produkten verkligen är nanobaserad. De konsumenttillgängliga nanoprodukterna delas in i följande kategorier:

- Hushållsapparater (uppvärmning, kyla, luftning, köksutrustning, tvättmaskiner)
- Bilar (tillbehör, underhåll)
- Barnartiklar (leksaker, artiklar avsedda för barn)
- Elektronik och datorer
- Mat och dryck (utrustning, föda, lagring, tillbehör)
- Hälsa och träning (kläder, kosmetik, filtrering, personlig hygien, sportartiklar, solskydd)
- Hem och trädgård (rengöring, byggmaterial, möblering, färg, lyxvaror)
- Övrigt (ytbeläggningar)
-

Databasen innehåller i december 2008 807 olika konsumentprodukter från 420 företag och med sitt ursprung i 21 länder. Över 60 % är Hälsa- och träningsprodukter, mestadels

kosmetik, kläder och hygienprodukter. Hem och trädgård och Mat och dryck står för 11 % var, Elektronik står för 8 %, Ytbeläggning för 7 %, Bilar för 6 % och Hushållsapparater för 4 %. Databasen innehöll 3 %, 17 nanoprodukter, avsedda för barn.

De flesta produkterna är tillverkade i USA men en betydande andel kommer från Östasien. I endast 286 produktbeskrivningar har det gått att identifiera nanomaterialet och det är silver i 50 % av fallen, kol i 15 %, följt av zink, kiseldioxid, titan och guld. Nanosilver ingår t.ex. i ett växande antal tandkrämer.

7.4.3 Kanada

Consumer council i Kanada har med bidrag från staten sammanställt en rapport om nanoteknologi och dess betydelse för konsumenterna, den publicerades februari 2008. (8) Där sammanfattas i en tabell information från industrin i Kanada, USA:s konsumentprodukt-databas, en rapport från Australien och den europeiska rapporten om nanokonsumentprodukter, se bilaga 2, till en översikt över de typer av bruksfärdiga produkter som kan innehålla nanomaterial. En studie gjordes av hur många av de nanoprodukter som finns på marknaden i USA som också exporteras till Kanada och man fann att 82 % av produkterna fanns på marknaden i bägge länderna. Även här var kosmetik och hälsoprodukter störst, följt av rena nanomaterial och av biomedicinska produkter t.ex. biocider och diagnostiska hjälpmedel (42).

7.4.4 EU

År 2004 presenterade EU-kommissionen en kommunikation benämnd ”Towards a European Strategy for Nanotechnology” och 2005 kom en aktionsplan för åren 2005 till 2009. En översyn av den lagstiftning som kan omfatta nanomaterial har gjorts. Gällande regelverk om kemikalier, arbetarskydd, särskilda produktslag och produktsäkerhet samt miljöskydd har gått igenom. Slutsatsen, från juni 2008, är att nuvarande lagstiftning i stor utsträckning täcker nanomaterial och att den, möjligen med vissa tillägg, kan hantera ev. risker med nanomaterial. Dock identifieras bl.a. ökad kunskap om användning och exponering som viktig för att de riskbedömningar som påbjuds i de olika lagstiftningarna skall kunna tillämpas (3).

EU-kommissionen gick i september 2008 ut med en allmän förfrågan om nanomaterial i kosmetiska produkter där de begär in detaljerade data om såväl själva nanomaterialen som de kosmetiska produkter i vilka de används. Svenska Läkemedelsverket följer detta arbete, där rapporteringsfasen skall vara klar till årsskiftet 2008/2009.

Det EU-sponsrade nätverket Nanoforum sammanställde 2006 en rapport om några av de nanoteknologier och motsvarande produkter som kan finnas tillgängliga för konsumenterna i Europa (12). Varken en kvalitativ eller kvantitativ bedömning av omfattningen av nanoteknologiska produkter för konsument gjordes. Däremot konstaterades att den enorma forskningsinvesteringen i nanovetenskap ännu inte nått konsumentprodukterna (12).

7.4.5 England

I England togs genom utredningen från Royal Society and the Royal Academy of Engineering of Chemistry 2004 ett stort grepp över frågan om nanoteknologins risker (2). Nationen har tagit ansvaret för en stor del av arbetsgrupperna inom OECD:s nanoarbete liksom inom ISO och EU. 2007 utvärderade Committe of Science and Technology vad som hade genomförts av de tre år tidigare fastslagna handlingsvägarna (19). Bl.a. hade denna utvärdering starka betänkligheter mot funktionen hos det system som sattes igång med registrering av nanoprodukter.

Det engelska naturvårdsverket, Defra, Department for Environment, food and rural affairs, sjösatte 2006, efter omfattande konsultationer med industrin och andra intressenter, ett system för frivillig inrapportering av nanoprodukter. T.o.m. avläsningen i slutet av 2008 hade det kommit in 11 anmälningar om avsiktligt framställda material i nanoskala. Av dessa kom nio från industrin, två från den akademiska världen (49). Anmälan till nanoöversikten är frivillig och det är ingen överdrift att vid det här laget säga att systemet är en flopp. Industrin förebär att de inte är säkra på sekretessen för sina affärshemligheter och det är därför möjligt att rapportera in via sin branschförening, en möjlighet som inte verkar ha haft någon positiv effekt. I utvärderingen uppmanas industrin med enfaset att rapportera in, inte minst för att undvika att ett obligatoriskt rapporteringssystem införs.

I UK bedömdes 2005 den nanomaterialtillverkande industrin ännu vara på utvecklingsstadiet, endast 19 företag kunde identifieras som tillverkare av nanomaterial(33). Dock bedömdes den utgöra nära 10 % av den globala nanomarknaden. De nanomaterial som tillverkades var i huvudsak de baserade på metall och metalloxider. Man hittade också några tillverkare av kvantprickar. Ytterligare 11 bearbetade sådana material och de företag som använde nanomaterial i större mängd var tillverkare av färg- och ytbeläggningar, kosmetik, katalysatorer och polymera kompositier. Huruvida fulleren, nanorör och fibrer importerades gick inte att fastslå men hölls för troligt.

De huvudsakliga användningsområdena för nanomaterial i UK var 2005 (32) i

- katalysatorer
- smörjmedel och bränsleadditiv
- färg
- pigment och ytbeläggning
- ledande tryckfärger
- kosmetik och hygienprodukter
- läkemedelsadministration
- lagring av väte och bränslecellsapplikationer
- kompositmaterial
- nanoelektronik och sensorer
- optisk utrustning
- säkerhets- och autensitetsapplikationer
- medicin
- tandvård
- UV-absorbator och fria radikalhämmare.

7.4.6 Tyskland

Tyskland är det europeiska land som har flest registreringar av patent inom nanoområdet. Det är också den största kemikalieproducenten och den första tyska kartläggningsinsatsen för att bedöma risker med nanomaterial initierades av det tyska industriförbundet och tyska arbetsmiljöverket. I undersökningen, som gjordes 2006, ville man ta reda på hur många tyska arbetsplatser som arbetade med nanomaterial i pulverform. Detta eftersom man identifierat inandning som den mest riskfyllda exponeringsvägen i arbetsmiljön. Bland de 33 % av företagen som svarade, angav 79 % att de inte hade några aktiviteter inom området. Av alla tyska företag skulle alltså 21 % syssla med nanomaterial i någon form i mer än 10 kg/år, om undersökningen gav ett representativt resultat (14). 600 företag är inblandade i utveckling, tillämpning, försäljning och marknadsföring av nanoteknologiska produkter. De flesta, 480 är SME. (13)

År 2007 kom den tyska regeringens Nano-initiative –Action Plan 2010. Den refererar till ovannämnda undersökning liksom till en undersökning om ett urval konsumenters förhoppningar och farhågor när det gäller nanoprodukter. Programmet förutskickar massiva forsknings- och stödprogram till framför allt småföretag men ingen vidare kartläggning av bruket av nanostrukturerade material i det tyska samhället.(13)

7.4.7 Nederländerna

I Nederländerna gjordes 2007 en undersökning av vilka produkter som kan nå de holländska konsumenterna.(11) I rapporten betonas de betydande metodologiska svårigheterna som att vissa nanoprodukter inte alls innehåller nanomaterial, att förmodligen många inte har någon indikation på att de innehåller nano, många produkter köps via Internet och att utbudet ändras och växer hela tiden. Svårigheterna leder till att det funna antalet konsumentprodukter med all sannolikhet är för lågt. Man fann 143 konsumentprodukter, de flesta var rengöringsprodukter och ytbeläggningsmedel. Hygien/kosmetikprodukter, textilvaror och bilvårdsprodukter var därefter de största produkttyperna. De flesta produkterna innehöll någon form av nanopartikel i vätske- eller pastaform. Silver, kol och kiseldioxid var de vanligaste ämnena i de 18 % av produkterna där nanomaterialets identitet fanns att tillgå.

7.4.8 Danmark

I Danmark gjordes under 2006 en undersökning av vilka konsumentprodukter som innehåller nanopartiklar eller som är baserade på nanoteknologi (4). Undersökningen gjordes genom förfrågan hos företag, genom branschorganisationerna och genom sökningar på Internet. Som bas för sökningarna användes huvudsakligen uppgifter från den databas som byggs upp i USA med sin början på Woodrow Wilson-institutet (6), se avsnittet om USA, och som vid tillfället innehöll 356 konsumentprodukter. Tillgängligheten av dessa produkter på den danska marknaden kartlades medelst webbsökningar och det visade sig att två/tredjedelar av produkterna i den amerikanska databasen fanns att tillgå i Danmark. Många säljs via internetbaserade firmor.

Både enskilda firmor och utvalda branschorganisationer tillfrågades om vilka nanoprodukter som fanns och man hittade 243 produkter baserade på nanomaterial på den danska marknaden. Då ingick inte någon ambition att hitta sådana konsumentprodukter där nanomaterialet endast utgör en liten, oftast okänd del, som i t.ex. elektronikprodukter. De organisationer som tillfrågades var branschföreningen för tvål, parfym och kemitekniska produkter, Dansk Textil & Beklädning, föreningen för lim och fogmassor, föreningen för färg- och lackindustri och kemikaliebranschen.

De funna produkterna tillhör tre grupper av produkter - ytbehandlingsmedel, kosmetik och sportutrustning. Två tredjedelar av produkterna är flytande, d.v.s. nanomaterialet är omgivet av vätska och används antingen som ytbehandlingsmedel till en lång rad material som glas, betong, textil och metall (särskilt bilar) eller i hudvårdsmedel. Av de återstående 99 produkterna är 60 olika sportartiklar och sportkläder. Här är nanomaterialet inkapslat i fast material eller sitter fast i eller på en film på någon yta. Ingen konsumentprodukt som innehåller fritt nanomaterial påträffades.

Knappt hälften av nanoprodukterna kommer från utomeuropeiska länder. 90 av de 243 produkterna kommer från Tyskland, övriga från England, Finland och Frankrike. Tre solkrämer är dansktillverkade.

Av de 243 produkterna var det möjligt att identifiera vilket ämne som var i nanoform endast i 41 fall, 17 % av produkterna. Hälften av dessa var kosmetik som innehöll titan- eller zinkoxid. 10 Textilier och hushållsmaskiner innehöll antibakteriellt nanosilver och kol i nanoform fanns som kolnanorör i 7 sportartiklar och som fullerener i 5 kosmetikprodukter.

8. Nano i Sverige

8.1 Lärdomar ur studier gjorda av andra

Vinnova gjorde 2007 i sin rapport om nanoteknikens innovationssystem en kartläggning av de företag som är aktiva inom nanoteknologi i Sverige. Både forskningsinstitutioner, företag som stod nära dessa, know-how- och marknadsföretag samt tillverkande företag togs med. Utredarna konstaterade att det finns relativt få nanoteknikföretag i Sverige. Nätverket Nanovip för nanoföretag har 14 nanoteknikföretag registrerade från Sverige, Tyskland har som jämförelse 117 (50). Den genomförda kartläggningen ger dock vid handen att det i Sverige fanns 85 företag med olika grad av koppling till nanoteknik (2007). Av dessa kunde 34 sägas vara rena nanoteknikföretag med en verksamhet som är uppbyggd kring nanoteknik. 26 av dessa bygger helt eller delvis på en produktidé från de högskolor där nanoforskning bedrivs, företagen finns huvudsakligen kring lärosätena i Stockholm/Uppsala, Göteborg och Lund/Malmö. Av de ”rena” nanoteknikföretagen kunde endast 15 % uppvisa vinst 2005, de flesta befinner sig i en uppstartsfas. Många av dessa företag, 12 resp. 10, arbetar med Instrument och utrustning och Elektronik. 9 ”rena” nanoteknikföretag verkar inom Bioteknikområdet och endast 3 inom Material och Ytbehandling. Övriga 51 företag använder nanoteknik i större eller mindre omfattning i sin befintliga teknik. Bland dessa finns ett antal stora företag som använder nanoteknik för att förbättra redan befintlig verksamhet. Ett exempel är Sandvik som utvecklat och tillverkar materialet Nanoflex med nanopartikelinnehållande stål.

Av rapporten framgår att det inte verkar gå så fort med kommersialiseringen av de svenska forskningsresultaten. Kanske beror detta på kommunikationssvårigheter mellan forskningsvärlden och de tillverkande företagen (20). Det kan också bero på att forskarna försöker få fram nya material, se hur det fungerar och sedan hitta en applikation till det medan företagen inte söker ett visst material utan sådant som löser problem i tillverkningen eller som tillför deras produkter något som går att sälja med bättre förtjänst t.ex. en bättre funktion än förut. Utredningen konstaterar att trots den betydande marknadspotentialen har inte tillräckligt många aktörer sökt sig till det svenska innovationssystemet och att ”detta kan relateras till de visionära inslagen i marknadsuppskattningarna som ofta ligger på en väldigt generell nivå samt avsaknaden av konkret efterfrågan på marknaden”

Också i Danmark har landets forskning och företagsbas för nanoteknologisk utveckling studerats (5). Liksom i Sverige 2007 var utvecklingen 2006 för nanoteknologi mest på forsknings- och utvecklingsstadiet och interaktionen mellan forskningsmiljöerna och företagen beskrivs som svag med undantag för enstaka fokusområden. Färre är tio av de största danska företagen bedömdes vara inblandade i nanovetenskap/teknologi.

Totalförsvarets Forskningsinstitut FOI startade för några år sedan sju projekt som rör utveckling av nanoprodukter. Av dessa återstår nu fyra enligt deras webbplats.

8.2 Lärdomar från intervjuerna med svenska aktörer

Ett stort tack riktas till alla personer som intervjuats för att ni delat med er av er kunskap och kommit med tips som lett vidare (51-93).

Alla som kontaktades under arbetet med den här rapporten har varit nyfikna på området och också lotsat vidare till andra personer som de tror kan mer om området. De drygt trettio personer som intervjuats inom forskning/branschinstitut, branschorganisationer/företag, media och myndigheter är verksamma inom forskning inom nanoteknologi eller har till uppgift att inom sina organisationer bevaka nanoområdet. Det är alltså ett urval personer som kan förväntas lägga märke till de nanoprodukter som lanseras inom deras speciella gebit. Trots detta kan nästan ingen namnge en nanoprodukt på svensk marknad och bara sju personer, varav fem är forskare inom området, kan säga något slags nanoprodukt de vet finns att köpa i Sverige. Eftersom endast två företrädare för bransch och företag kan verifiera nano i svenska produkter måste man dra slutsatsen att nano inte slagit igenom på den svenska marknaden. Det förekommer uppenbarligen inte som säljande argument på särskilt många produkter när inte ens de som är särskilt intresserade av området observerat några speciella produkter. Däremot nämner många av intervjupersonerna produkttyper eller produkter med speciella funktioner som om de vore verkliga produkter. Vid kontroll av om de finns på svensk marknad visar det sig nästan alltid att de är på försöksstadiet, produktion kanske startar om några år om finansieringen kan ordnas eller att det rör sig om tidningsuppgifter eller idéer från forskningsansökningar. Sättet att beskriva hur mycket nanoteknik som används är beroende på aktör, någon som är beroende av att få forskningspengar måste sälja nanoteknologi som ett outhärligt forskningsområde med enorm genomslagskraft antingen det gäller teknik- eller riskforskning medan företagen som skall investera i produktutveckling har en mer skeptisk bild av nanomaterialens fördelar gentemot alternativ inom produktutvecklingen.

Flera företrädare för branschorganisationer säger att de har svårt att få reda på nya användningar som enskilda företag inom branschen arbetar med. Sådan kunskap är affärshemligheter och produktutveckling är en investering för företaget som måste kunna löna sig genom försteg på marknaden.

Många tipsar om typer av produkter som om de vore verklighet men som enligt tillgänglig dokumentation ligger flera/många år fram i tiden. De få som känner till reella produkter namnger produktområden som självrengörande fönster, bilvårdspolish, kompositer i bildelar och UV-filter i solskyddskrämer. Bland de miljontals produkter som finns att tillgå i Sverige utgör dessa produkter också inom sina bestämda områden udda inslag, sällan gängse teknik.

Dessa personer bekräftade också bilden från litteraturstudierna att inom elektronikområdet är redan nu nanoteknologins genomslag omfattande. Huvuddelen av all elektronik innehåller nanostrukturer som påverkar funktionen eller är tillverkade med nanoteknologiska processer. Bara i det fall prestanda påverkas av att nanomaterial ingår kan man kalla produkten en nanoprodukt.

Slutsatsen från intervjuerna är att den svenska användningen av nanomaterial i kemiska produkter och varor just nu är marginell, med undantag för elektronik och det sedan länge använda ämnet carbon black.

De kontaktade myndigheterna har enligt den föregående litteraturgenomgången troligen nanoprodukter inom sina sakområden. Det verkar dock inte som namn på enskilda produkter kommit till myndigheternas kännedom. Både kosmetikregistret och Naturvårdverket har liksom flera branschorganisationer och företag gjort upprop i sina nyhetsblad för att få rapportering av ev. nanoprodukter. Resultatet har blivit sex kontakter från företag till KemI. På några myndigheter finns det handläggare som har ansvar för bevakning av nanofrågor men

det verkar inte pågå någon systematisk insamling av data om användningen av nanomaterial eller nanoteknologi inom respektive område med undantag för den förfrågan kosmetikregistret gjort via branschorganisationen.

Hos många, även hos myndigheterna, är intresset inriktat på eventuella risker med partiklar i denna storlek, snarare än på användning och förekomst av nanomaterial i Sverige. Flera företag vill inte ens pröva något som har med nanoteknologi att göra och tar inte in det i sortimentet tills det finns accepterade tester och riskvärderingar (se även 20, 48). Flera forskare berörde också detta, hur svårt det är att intressera företagen för att pröva de nya materialen och teknikerna som de tar fram. Så betonar t.ex. flera företrädare för medicin- och kosmetikaföretag att partiklarna i deras produkter är större än 100 nm och alltså inte bör kallas nano. När det gäller användningen av nanomaterial inom det medicinska området sägs läget vara att här vill företagen gärna att det sägs att deras produkter är framställda med nanoteknologi (38) men så har de också när de väl kommersialiserats genomgått en tidsödande men uttömmande faro- och riskbedömning.

Flera personer tycker att nanoområdet har svalnat betydligt de senaste åren och här finns naturligtvis en skillnad mellan forskare, som ju arbetar dagligen med nanomaterial och försöker kommersialisera sitt område, och övriga för vilka nano är ett mer perifert begrepp, för tillfället mer förknippat med fara än utveckling. Några liknar ”nanohyphen” vid IT-bubblan, alltför högt ställda förväntningar på något i praktiken okänt. Endast någon enstaka intervjuad ger uttryck för att nano kommer att få genomgripande förändringar till stånd inom samhällets alla områden vilket var den allmänna bilden för några år sedan. Enligt flera forskare är en del nanomaterial genom sina speciella egenskaper svåra att hantera i vanliga tekniska system och mycket arbete läggs nu ner på att göra dem praktiskt användbara. Eftersom flera av materialen också är väldigt mycket dyrare än de gängse använda är heller inte drivkraften särskilt stor att pröva dem förrän de blir billigare.

Förutom de tillväxtområden: elektronik, kosmetik/hygien och läkemedel, som pekas ut som sannolika sådana i olika konsultstudier (23,24,25,26,27,29,32) nämner några personer förpackningar.

8.3 Tillverkning av nanomaterial i Sverige

Få av de nanoprodukter som finns på den svenska marknaden är tillverkade i Sverige. Delprodukter som tillverkats med nanoteknik eller innehåller nanomaterial förs in och monteras ihop till svensktillverkade produkter. De flesta mer komplicerade varor innehåller förmodligen någon del som t.ex. har en sådan ytbeläggning någonstans eller någon transistor i det elektroniska systemet. Svenska företag som har tillverkning som är baserad på sådana elektroniska komponenter och detektorer finns inom områdena optiska mätsystem, ljusdioder och sensorer.

Nya material som nanofibrer, kompositter, dendrimerer, nanoporösa material och kvantprickar/brunnar tillverkas på svenska universitet och institut för att prövas i olika applikationer ute på företagen. Det rör sig här om tillverkning i kilogrammängder.

Ekas tillverkning av kolloidal silika Compozil till papperstillverkning, Sandviks nanopartikel-förstärkta stål Nanoflex och Perstorps hyperförgrenade polymerer Boltorn till färg är vidareutveckling av redan framåtsyftande produktutveckling. De enda nanomaterial som tillverkas i Sverige i verkligt stor mängd är den stora produktionen av kimrök (carbon black) huvudsakligen till bildäck, färg och ytbeläggning. Det sker ingen annan avsiktlig tillverkning av kolba-

serade nanopartiklar som kolnanorör eller fullerener, utom möjligen på något laboratorium. Inte heller har någon materialtillverkning t.ex. kompositblandning där kolnanopartiklar används påträffats.

Däremot finns några anläggningar där ytor kan beläggas med nanotunna skikt av oorganiska ämnen som exempelvis titandioxid och titannitrid. Detta är hårda och slitstarka material men ytbeläggning med nanotunna skikt kan också göras av estetiska skäl.

Till nanoteknologi kan också räknas framställning av färg och andra ytbeläggningsmedel med funktionella egenskaper som t.ex. självrenande eller vattenavvisande och där det är den belagda ytans avsiktliga nanostruktur eller kemiska sammansättning som ger varan dess funktion.

Utvecklingsarbetet inom nanoteknologi består bara till viss del av att ta fram nya nanomaterial, mycket arbete måste också sättas in i att ta fram processer och kompatibla material som kan användas för att infoga nanomaterialet i tekniskt brukbara system. (36). Det sker också framställning i kilogrammängder av nanoporösa material av metalloxider som används för katalys av reaktioner.

8.4 Nanoprodukter i Sverige

De produktslag som kunde hittas avsedda för den svenska marknaden via butiksbesök, webbplatser, tidningar och tips finns samlade i bilaga 3. Av det drygt 100 produkter som påträffats är ca 60 avsedda att belägga ytor med för att skydda mot repor, öka glansen och göra ytan självrenande. De ytor som skall skyddas kan vara av lack och metall (speciellt på bilar), glas, textil, sten, kakel eller läder. 49 av dessa produkter finns anmälda i KemI:s produktregistret för kemiska produkter. 20 nanoprodukter är sportartiklar av olika slag. Inom kosmetikområdet, som är ett av de vanligaste användningsområdena i alla andra länder, har det bara gått att få innehåll av nanomaterial i en produkt bekräftat. Inte heller inom textilområdet framgår det i mer än två fall att det kan röra sig om nanomaterial. Det är viktigt att komma ihåg att bland de miljontals olika varor som finns att tillgå i Sverige är de som tillverkas med någon form av koppling till nanoteknologi en väldigt liten andel, kanske några hundra, utom inom produktgruppen elektronik och gummidäck och trycksaker med carbon black. Inom gruppen elektronik har ingen enskild produkt påträffats vars produktinformation klart utsäger att den innehåller nanomaterial. Detta slags produkter finns därför inte med i tabellen i bilaga 2 trots att den sannolikt är den största.

Inte heller framgår det i de flesta fall av den information som på etikett eller annat sätt följer med varan att den framställts med nanoteknik eller innehåller nanomaterial. Oftast därför att leverantören inte känner till det men också därför att tillverkaren bedömer att det inte finns något informations- eller marknadsvärde i ordet nano. Även åsikten att det skrämmer köpare har noterats (1). Nanoteknologi kan också ha varit inblandad bara i samband med en liten del av varan och det är också svårt att säga vilken, det varierar med modell och märke. Det omvända förhållandet finns också, även en lite andel nano ger upphov till ett namn som kan användas i marknadsföringen. Ibland behövs det ingen nanoteknologi alls, nano kanske bara används för att produkten är liten eller i tiden, jämför Indiens nya folkbil Nano.

Vilket nanomaterial det är som en nanoprodukt innehåller är ännu svårare att få veta genom märkning eller produktinformation. Det betraktas uppenbarligen som en viktig affärshemlighet och en del av kopplingarna mellan material och applikation i detta avsnitt bygger på icke-bekräftade slutsatser från marknads- och forskningsinformation.

Av de nanomaterial som gick att identifiera i produkterna som redovisas i bilaga 4 var 75 % keramiska, 13 % kolbaserade, 8 % metaller varav de flesta var silver samt 6 % polymerer. Detta tyder på ungefär samma nanomaterialfördelning i Sverige som den som framkom i den danska undersökningen. Däremot är användningen av nanosilver, som är vanligast i amerikanska konsumentprodukter, inte alls särskilt vanlig här.

De flesta nanoprodukter är importerade. Många säljs liksom i Danmark via Internet. Varor som åberopar en speciell nanoteknologisk fördel marknadsförs med sitt märkesnamn via webbsidor på många språk. Handeln med sådana varor förefaller global och det finns ingen anledning att tro att de produkter som finns till försäljning på en webbsida inte skulle köpas av svenskar. Särskilt på näringstillskotts- och kosmetiksidan finns en uppsjö av nanoprodukter att köpa på nätet. De produkter som finns i detaljhandeln är alltså endast ett, kanske inte ens representativt, urval av de nanoprodukter som används av konsumenten. Vid besöken i olika typer av detaljhandel påträffades endast ett fåtal nanoprodukter. Det är produkter inom elektronik och sportartiklar, de flesta utan uppgift att det redovisade materialet är i nanoform.

Både Danmark och Sverige är små, kulturellt och geografiskt samstämmiga nationer utan egen stor kemisk industri. Den bild av nanoprodukter för konsumenter som framkom i den danska undersökningen från 2006, se ovan, verkar enligt undersökningen redovisad i bilaga 3 också gälla marknaden i Sverige. Också fortsättningsvis kan man anta att marknaden utvecklats likartat.

Den utveckling av nanokonsumentprodukter som inventeringen i amerikanska Consumer products inventory (6) med sin starka utveckling för antibakteriella medel och hälsovårdsprodukter visar verkar inte representativ för utvecklingen i detaljhandeln i de nordiska länderna. Här spelar EU:s harmoniserade, aktiva och ibland fördröjande lagstiftning om bl.a. kosmetiska eller biocida produkter säkert en stor roll för att det amerikanska sortimentet inte omedelbart introduceras här.

8.4.1 Produkter med nanostrukturerade komponenter

De flesta **elektroniska apparater** innehåller något som skulle kunna betecknas som nanoteknologi om inte annat så för att produktutvecklingen hunnit fram till komponenter som tillverkas och bygger på funktioner i nanonivå. Olika delar av elektroniken kan vara nanomaterial eller nanoteknologiskt framställda t.ex. displayen, minnena, batterier och/eller ytbeläggningen med olika nanomaterial och/eller olika framställningssätt. (12, 31) Den största användningen av nanoteknologi i Sverige är därför vår stora användning av datorer och annan elektronisk utrustning som mp3-spelare, mobiltelefoner, belysning, reglerutrustning etc. Det moderna sättet att leva är därför redan helt beroende av teknik som bygger på nanoteknologiska lösningar.

8.4.2 Produkter med nanostora partiklar inblandade i andra material

Stor användning av nanomaterial sker genom den kimrök (carbon black) som används i alla bildäck och andra gummiartiklar och i all svart färg till t.ex. tidningar.

När det gäller kemiska produkter finns det i det svenska produktregistret 49 kemiska produkter som innehåller ordet nano i produktnamnet och som importerades eller tillverkades 2007. Sammanlagda vikten av dessa var 94 ton varav en väldigt liten del är själva nanomaterialet. Nästa alla är **bilvårdsprodukter**. Detta kan jämföras med den amerikanska nanodatabasen som i juli 2008 innehöll 35 produkter avsedda för bilar. De första produkterna med

nano i namnet registrerades i produktregistret för 2001. Ytterligare 24 nanoprodukter har funnit i registret under dessa år men försvunnit från marknaden. Produktregistret visar sig alltså i det här fallet vara en effektiv kunskapsbank, rapporteringen är obligatorisk för kemiska produkter införda eller tillverkade i mer än 100 kg. Detta har medfört att i lilla Sverige är 14 nanobilvårdsprodukter fler registrerade än i det register som finns för den enorma amerikanska marknaden. Det senare bygger, som beskrivits förut, på aktiv bevakning av Internetsidor, inte på inrapportering från företagen.

Bilvårdsprodukterna är **bilpolish** eller **ytskyddsprodukter**. De sägs innehålla "självorganiserande" partiklar, förmodligen av bl.a. nanolera eller kiseldioxid, som fyller ut de små reporna i lacken, binder till underlaget och varandra och också kan formera en yta med lotusstruktur, d.v.s. med liten attraktionskraft gentemot andra molekyler. Behandlade ytor får hög glans och smuts fastnar dåligt och om det fastnat lossnar det lätt vid regn. Sådana ytskyddsprodukter finns också för andra ytor än billack t.ex. fönsterglas, sten, kakel, textil, läder, som väggfärg och taktegel. Ett tjugotal sådana produkter har påträffats, många med sitt ursprung i Tyskland. De nanopartiklar som finns i ytskyddsprodukterna kommer att binda till underlaget och till varandra i ett nanometertunt skikt som då inte längre innehåller distinkta nanopartiklar.

En **väggfärg**, **ett putsbruk** och ett preparat för fönsterskydd finns som är självrenande genom att de innehåller nanopartiklar av titandioxid som fungerar som en katalysator för oxidationen av smutsen med syre i luften.

Impregneringsmedel för textilskydd bestående av en dispersion av nanostora droppar av silaner (kiselväte) har också påträffats.

I stort befinner sig nanomedicin ännu på ett prekliniskt, experimentellt stadium (3). Det finns ett godkänt preparat i Fass som tillverkas med nanopartiklar men dessa finns enligt Läkemedelsverket inte kvar i den färdiga medicinen. Det finns inte heller några andra mediciner innehållande nanomaterial i Sverige om man inte räknar de som innehåller det sedan länge använda sättet att använda liposomer som bärare av det aktiva ämnet.

Inte heller graviditetstest för hemmabruk baserade på nanoteknik, vilka finns i den amerikanska databasen över konsumentprodukter, eller andra sådana diagnostiska eller genetiska tester finns i svensk handel (38). Sådana graviditetstest kan dock köpas via Internet.

Katetrar belagda med silver finns men används sällan. Det finns **förbandsmaterial** med silverfibrer vilka används för sårvård av brännskador (38) liksom det finns plåster med silver som den stora marknadsaktören Apoteket slutade sälja 2006. Det är dock tveksamt om det verkligen rör sig om nanosilver, dvs. silverpartiklar som är mellan 1 och 100 nm i tre dimensioner, i flertalet av dessa produkter. Förmodligen kommer den antibakteriella verkan från vanliga silverjoner som avges från silverytorna och storleken har liten betydelse för verkan av silvret. Alla ämnen är i nanostorlek när de lossnar från material som joner, en silverjon har en storlek på ca 0,1nm. Denna inskränkning i vad som kan kallas nanosilver gäller också produkter som t.ex. tvättmaskiner, kylskåp, dammsugare och sängar.

Tandkräm som sägs reparera små skador på tänderna gör så genom att de innehåller nanostora partiklar av hydroxiapatit, det naturliga ämnet i tänder, som går in och fyller ut håligheterna (45, 46).

Nanosilver kan däremot finnas i **kosttillskott** i kolloidal form. Flera andra kosttillskott och födoämnen kan också köpas i nanoform t.ex. finpulvriserad vitaminB12 och Ginseng i dispersion. Förutom olika kosttillskott verkar svenska livsmedel ännu inte innehålla avsiktliga nanomaterial. Möjligen kan det finnas **livsmedelsförpackningar** som innehåller sådana, närmast till hands ligger då spärrskikt av nanokiseldioxid(nanosilika) i dryckesflaskor av PET.

Precis som är fallet i Danmark är det svårt att hitta svenska **kosmetiska produkter** som innehåller nanopartiklar. Inga indikationer via namnet har hittats vid besök i butik och Läkemedelsverkets Kosmetikregister har vid förfrågan om nano till sina anmälade företag hittat endast titandioxid och zinkoxid. Vid en undersökning av solskyddsmedel 2008 uppgav flera leverantörer att medlen innehöll nanopartiklar(39). Solkräm kan göras genomskinlig genom att använda nanopartiklar reflekterar skadlig UV-strålning samtidigt som de släpper igenom synligt ljus. Denna användning är också känd av branschen liksom den gängse tekniken inom kosmetiken att använda miceller, mikro- till nanostora ”droppar” emulgerade eller dispergerade i fett eller vattenfas för jämn applicering och hudpenetration. Kosmetikan på den svenska marknaden innehåller detsamma som på den övriga europeiska marknaden och generellt förekommer därför nanomaterial i solskyddsmedel, hudvårdsprodukter och tandkräm också i Sverige (45, 46).

Kompositer som innehåller nanomaterial, framförallt nanolera, används i kompositer till **bil**-delar av bilmärken som GM, Ford och Toyota. Förmodligen används det i bilmodeller från betydligt fler företag och det finns all anledning att tro att den svenska bilparken innehåller en hel del nyare fordon med nanomaterial. Kiseldioxid (silika) i nanoform används som processhjälpmedel vid papperstillverkning och partiklarna finns kvar som en ingrediens i **pappret**. Färg kan förtjockas med nanosilika och även då finns nano-partikeln kvar i det färdiga färgskiktet.

Stålkompositen Nanoflex används till de rörliga delarna på **rakapparater**, i **stegjärn** och möjligen också i kirurgiverktyg.

Kompositer med det betydligt dyrare nanomaterialet kolnanorör används i en del **racercyklar**. Även i ett slags cykelskor finns kolnanorör i sulan. Komposit med kolnanorör och nanokiseldioxid finns också i flera andra **sportartiklar**: i tennisracket, skidor, dartpilar och hockeyklubbor. Kompositen är huvudsakligen baserad på förstärkning med kolfibrer men en tillsats av nanopartiklarna även i låg halt sägs tillföra värdefulla egenskaper. Andra nanomaterial i sportprylar är nanoaluminium i cykeldetaljer och nanolera som gastätande ingrediens i gummikomposit till bollar.

Inom textilområdet finns det kläder som är vatten, fläck- och skrynkeltåliga beroende på att fibern modifierats genom påkoppling av små perfluorerade kolkedjor. Visserligen är dessa molekylidelar små men det är inte storleken som gör att de blir smutsavstötande utan fluoregenskaperna varför det är svårt att beteckna detta som en nanoprodukt. Liknande invändningar kan göras för kläder, t.ex. sportstrumpor som innehåller silver för att motverka bakterietillväxt, det rör sig förmodligen om silvertrådar som släpper silverjoner, inte om nanosilver.

Det finns också ett märke av **sportkläder** där textilen gjorts vattenavstötande genom beläggning av ytan med dendrimerer, förgrenade polymerer, som gjorts vattenavstötande.

Silver, som sägs vara nano, mot bakterier finns i **filter** till en dammsugare och i luftkonditioneringsutrustning (med Ginseng!). Andra filter för luftrening i motorer är gjorda med nanofibrer av polymerer, det har inte gått att utröna om de monteras i svenska motorer men märket är representerat på svensk marknad.

De hyperförgrenade polymerer som Perstorp tillverkar och säljer under namnet Boltorn används av svenska färgfabriker till färg.

Ett preparat som innehåller nanoguld och nanosilver och som skall gå in i trånga utrymmen i ljudapparater för att förbättra kontakten, **kontaktmedel**, finns att köpa. Nanoguld används också för att avbilda objekt i **elektronmikroskopi**.

8.4.3 Produkter med nanostrukturerade ytor

Den allra vanligaste tillämpningen av nanoteknologi i Sverige idag, förutom i elektroniken, är nanostrukturerade ytor. Som framgår ovan har de flesta kemiska produkter som hittats som funktion att skapa tunna ytor med speciella funktioner på en mängd material. Det finns också ytor som är mycket tunna och har speciella egenskaper men som inte skapats genom att man applicerat nanopartiklar i form av en kemisk produkt utan genom andra tekniker för ytbeläggning som kondensation ur gasfas eller beskjutning med atomer med hjälp av ljusbåge. Sådana nanostrukturerade ytor framställs i speciella anläggningar industriellt och kan finnas på komponenter i alla upptänkliga varor. De tillför funktion, som kanske inte behöver vara mer revolutionerande än bättre hållfasthet eller utseende, och kunskapen att de gjorts med nanoteknologi går sällan vidare med varan. Några varor i Sverige med mycket tunna ytskikt med speciell funktion är **fönsterglas** belagda med genomskinlig titandioxid som katalyserar smutsönderfall, reptålig beläggning av **glasögonglas** med titankarbidnitrid och av **stekpannor** med titan.

8.4.4 Produkter med nanostrukturerade bulkmaterial

Produkter som innehåller material som är nanostrukturerade helt igenom är svåra att identifiera. Kanske används sådana material endast i produkter med extrema funktionella krav eftersom de är dyra. En produkt som skulle kunna innehålla ett sådant, ett nanoporöst fast skum (aerogel), kanske av kol, är en tennisracket, och ett material av aerogel kiseldioxid saluförs för att göra skosulor.

Tabell 2: Form för olika nanomaterial vid användning i olika slags produkter

NANOMATERIAL	TYP AV PRODUKTER	EFTER APPLICERING/I VARAN
självorganiserande fasta nanopartiklar i vätska eller pasta	ytbeläggingsmedel till bilar, kakel, sten, glas, textil, läder etc. polish, skokräm,	nanotunt skikt, ej enskilda partiklar
fasta nanopartiklar i vätska	solskyddskrämer; kontaktolja; papper, reptåligt billack, tryckfärg	fasta nanopartiklar kvar på huden eller i materialet,
nanopartiklar i fast material	kompositer till förstärkta plastdetaljer i t.ex. bilar, sportredskap; förstärkt stål, gummidäck	nanopartiklar i det fasta materialet
nanostora vätskedroppar i vätska eller pasta	hudkrämer, textilimpregnering	flytande nanopartiklar absorberas/förenar sig

nanotrådar	sockor, sulor, filter, förband	nanotrådar i textilen
nanofunktionaliserade fibrer	sportkläder, skrynkelålig textil	invävda fibrer, inte nano
hyperförgrenade polymerer	färger	har reagerat och ingår i bindemedlet, inte nano
nanotunna ytor	ytskyddade glasögon; stekpannor; fönster; cykeldetaljer	innehåller inte nanopartiklar men nöts som alla andra ytskikt
aerogel (fast skum med nanostora hål)	sulor; isoleringsmaterial; tennisracket	som förut, det är hålen som är nano

9. Framåtblick

9.1 Global utveckling de närmsta åren

Flera konsultfirmor, LuxResearch, Cientifica, bcc research och Freedonia för att nämna några, bevakar vad som händer på nanoteknologiområdet. I rapporten från 2007 konstaterar Cientifica att boomen är över (23). I pressreleasen till sin nya rapport som kom i juni 2008 skriver man att den högsta tillväxten för nanoteknologi framöver kommer att ligga i hälsovårds- och läkemedelssektorn. Man säger också att ”en miljard av investerarnas pengar har hållits i avloppet av investerare, påhejade av ett överflöd av nanotech-expert, som inte begrep den avgörande skillnaden mellan ett vetenskapligt projekt och ett framgångsrikt företag, medan de stora bolagen skrattade hela vägen till banken” (24). De stora konsultföretagen gjorde under 2007 bedömningen att de upphäussade förväntningarna på att nanoteknologin skall växa generellt inte kommer att infrias (24,25,27). Nanotekniska tillämpningar inom hälso- och sjukvårdsområdet växer snabbast och kommer att vara största nanoområdet i USA och Europa år 2020. Användning av nanomaterial till elektronik växer mest och kommer att dominera i Asien (23, 24,25, 27, 29). Ett stort antal av de produkter vi använder i samhället kommer att innehålla någon del som bygger på tillverkning i nanoskala (nano-enabled) och detta kommer att ske genom den normala produktutvecklingens riktning mot mer prisvärda funktioner. Det finns ingen särskild nanoteknologibranch, alla branscher kommer att i någon mån utnyttja nanoteknologier (17, 21). Analysföretaget Cientifica förutsäger att det är i stort inte antalet material som kommer att växa under de närmaste åren utan antalet användningar (24) De säger också att inom de närmaste 5 till 10 åren förväntas nya användningsområden att vara marginella jämfört med de redan existerande.

9.2 Prognos för svensk användning

Frågan om vad som händer på fem års sikt med den svenska användningen av nanomaterial har riktats till de intervjuade personerna likaväl som deltagarna vid seminariet. Förutom de tillväxtområden som nämns i de globala konsultstudierna nämner flera svenska aktörer att de tror att användningen av nanomaterial inom förpackningsområdet kommer att öka de närmaste fem åren. Det gäller t.ex. kvalitetsavläsande och indikerande system på livsmedelsförpackningar.

Både i skriftligt och muntligt underlag framkommer att en hel del svenska företag tvekar att pröva nanomaterial i sina produkter så länge inte de hälso- och miljömässiga egenskaperna hos materialen är utredda. Tveksamhet finns också hur nanomaterial kommer att behandlas i kemikalielagstiftningen, kommer de att ingå i Reach-systemet eller kommer det en egen lagstiftning? När det gäller registrering av ämnen enligt Reach skulle inom de närmsta åren förmodligen inget av de nanomaterial som är enskilda ämnen och som tillverkas vid svenska

forskningscentra nå upp till 1-tonsgårnsen för registrering. Av de nanomaterial som tillverkas i större skala i Sverige är det endast carbon black och kiseldioxid (till kiselol) som passerar mängdgrånsen för registrering. Frågan är hur nanoformerna kommer att hanteras. Hyperföregrenade polymerer och dendrimerer är polymerer och undantagna registreringsplikten. Nanomaterialet Nanoflex är inte ett ämne utan en blandning där tillverkaren/importören av nanoämnet gör registreringen om kvantitetsgrånsen passeras.

Arbetet inom OECD med att ta fram handledning för testning är planerat att ta ca två år. Sedan återstår den reella testningen av de utvalda referensmaterialen innan det finns data för att bedöma deras farlighet. Det är troligt att kommersialiseringen av nya nanomaterial går långsamt fram till dess att dessa farlighetsbedömningar finns. Uppskattningsvis rör detta en period på minst fem år från idag vilket betyder att gissningsvis så hindras nu den tekniska och ekonomiska utvecklingen av brist på forskningsdata och lagstiftning inom nanoteknologi-området.

I Sverige kan detta bli särskilt tydligt i den avvaktande hållningen till introduktion av nanoprodukter med antibakteriellt silver. Silver prövas nu i den europeiska utvärdering som sker för alla biocida ämnen, en utvärdering som beråknas vara klar inom något år. Dock är inte bara klassificeringen enligt biociddirektivet av vikt för den fortsatta användningen av antibakteriellt nanosilver i Sverige, här spelar också svenska myndigheter och medias synpunkter på lämpligheten av antibakteriella ämnen en stor roll, jämför debatten om ämnet Triclosan. Inom kosmetikområdet pågår översyn av kosmetikdirektivet och eftersom den också inbegriper en statusrapport för bl.a. nanomaterialanvändningen bedöms ett nytt kosmetikadirektiv inte vara i kraft förrän om fyra fem år. Innan dess kan heller in kosmetika företagen göra några mer genomgripande förändringar av sina produktsammansättningar. Ett visst stillestånd är alltså att förvänta.

Användningen av ämnen inom medicinen bedöms enligt en egen lagstiftning och enligt Läkemedelsverket är det troligt att ett antal nanomediciner kommer att vara godkända omkring 2015, med eventuellt någon produkt inom den närmaste femårsperioden.

Efter tillverkningen och innan inblandning i ett annat material är nanopartikeln inte bunden. Därför är det vid tillverkning och inblandning som man kan förmoda att den största exponeringen sker. Eftersom det än så länge är svårt för tillverkarna att garantera kvaliteten på nanomaterialet och att det går att blanda på avsett sätt, kommer allt flera nanopartiklar att blandas hos tillverkaren så de inte längre är i fri form och nanomaterialen kommer allt mer att säljas som halvfabrikat. Arbetsmiljöproblemen koncentreras mer till partikeltillverkaren. I Sverige sker småskalig tillverkning av nanomaterial på universitet och forskningsinstitut och det är framförallt här som arbetsmiljöproblem kan uppstå. Kontakten med nanomaterialet sker där för ett större antal människor under mycket varierande förhållanden än inom processindustri där system som hanterar dammande pulver kan slutas mer effektivt. Men även inom svensk processindustri kan kontakt med avsiktligt framställda nanopartiklar ske vid färgtillverkning med pulverformiga pigment eller vid ytbehandling.

Ett nanomaterial kan också vara en yta som på nanonivå är speciellt strukturerad eller innehåller nanopartiklar som skall komma i kontakt med omgivningen. Det är oklart om sådana ytor avger fler nanopartiklar än vid nötning av andra ytskikt och det behövs forskning inom detta outredda område.

Det är troligt att nanomaterial som utvecklats genom svenska forskningsinsatser som förgrenade polymerer/dendrimerer, nanocellulosa, elektrospunna polymerer, specialstål och vissa kompositer kommer att finnas i kommersiella, svenska produkter inom en ganska nära framtid eftersom utvecklingen nu är på applikationsstadiet och sker i nära samarbete mellan institutioner och enskilda företag.

Bland partiklarna dominerar metalloxiderna som används till hudprodukter, batterier och vid katalys (18). Globalt tillverkas små kvantiteter kolnanorör jämfört med traditionella kemikalier och tillväxten ligger förmodligen långt borta innan applikationsområdena har utvecklats och blivit fler. Tidsrymden är beroende av om det finns en marknad som kan bära denna utveckling inklusive effektiv och säker produktionsteknik.(2) Nuvarande nanoteknologier lyckas inte producera kolnanorörbaserade komponenter, som kan tävla med state-of-the-art kolfiberteknologi (36).

De produkter som utvecklas med nanoteknologi någonstans i världen kommer att köpas också av svenska användare. Internet gör det möjligt även för privatpersoner att ta hem nanoprodukter, t.ex. hälsotillskott och antibakteriella medel, från hela världen. Svenskar reser också mycket och lär sig använda nya produkter som man tar med hem.

En egenskap hos ett material som kommer att betyda än mer i framtiden, då tillgången på billig energi blir allt mindre, är stor styrka i förhållande till vikten. De konstruktionsmaterial som likt kolfiber- eller nanomaterialförstärkta polymerer utvecklas mot sådana egenskaper möter redan nu stor efterfrågan från marknaden t.ex. transportmedelsindustrin.

Många av de grundämnena som används för att göra nanomaterial är sällsynta och dyra. De är intressanta ut forsknings synpunkt men kanske inte möjliga att vidareutveckla till bulkkemikalier av pris- och resursskäl. Det gäller ämnen som t.ex. indium, niob och gallium och kanske i långa loppet även ett ämne som titan.

10. Keml:s fortsatta arbete med analys av utvecklingen

Många branscher och även myndigheter uttrycker att de inte vet så mycket om nanomaterial ens på en mer övergripande nivå. Önskemål om seminarier med genomgång av de grundläggande begreppen, indelning av materialen, applikationer och tester, hälso- och miljöfaror, nuvarande marknader etc. har framkommit och borde genomföras för att erbjuda en gemensam plattform, om inte annat så för nästa analys av läget.

För att följa utvecklingen för nanoprodukter i Sverige behöver återkommande analyser göras. Metoden att kontakta ett antal personer med nanobevakning inom sitt område fungerar bra och är resurssnål. Förslagsvis bör en ny analys göras vart tredje eller fjärde år då det gått så pass lång tid att förändringar blivit synliga inom åtminstone några tillämpningsområden. Dessa analyser bör också inbegripa att scanna av förändringar på användningssidan i länder som är aktiva på nanoteknologiområdet, teknik såväl som riskhantering, t.ex. USA, Tyskland, England, Sydkorea och Japan.

Referenser

1. www.pilkington.com
2. Royal Society and Royal Academy of Engineering; Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties, July 2004
<http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>
3. Communication from the Commission, 17.6.2008 COM(2008)366 final in Regulatory aspects of Nanomaterials
4. “Kartlægning af produkter der indeholder nanopartiklar eller er baseret på nanoteknologi”; Miljøministeriet, Nr 81 2007, Danmark
5. M.M. Andersens & B.Rasmussen (2006) Nanotechnology development in Denmark-environmental opportunities and risk, Risø National Laboratory, Roskilde ; ISBN 87-550-3509-4
6. National Nanotechnology Initiative World inventory initiative
<http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/search/>
7. Nanomaterial, sunscreens and cosmetics : Small ingredients, big risks;
<http://www.foe.org/pdf/nanocosmeticsreport.pdf>
8. Nielsen, E; Nanotechnology and Its Impact on Consumers; Report to the Consumer Council of Canada; EBN Consulting; <http://www.consumerscouncil.com>
9. <http://www.epa.gov/oppt/nano/nmsp-inventorypaper2008.pdf>
10. <http://www.nanoshop.com/>
11. Dekkers,S, Prud’homme de Lodder, L.H.C., de Winter,R, Sips,A.J.A.M., de Jong, W.H. ; Inventory of consumer products containing nanomaterials; RIVM/SIR Advisory report 11124, July 27,2007
12. Gleiche,M., Hoffschulz,H., Lenhert, S.; Nanotechnology in Consumer products; Nanoforum.org; Oct. 2006
13. Nano-Initiative- Action Plan 2010, Federal ministry of Education and Research, Tyskland, 2007
14. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin and the Association of the Chemical Industry (VCI); Corporate survey via questionnaire; publ. Oct 2007;
www.baua.de/en/Topics-from-A-to-Z/Hazardous-Substances/Nanotechnology/Nanotechnology.html
15. Thayer, Ann M.; carbon nanotubes by the Metric Ton; Chemical & Engineering News Vol. 85,Nr 46, Nov 12, 2007, p 29-35

16. Thayer, Ann M.; Stock Market, Indexes Track Pool of Public Nanotech Companies; Chemical & Engineering News, Vol 86, nr 13, March 31
17. Berger, Michael; Debunking the trillion dollar nanotechnology market size hype; Nanowerk LLC, April 2007
18. Holman, Michael; Nanomaterial forecast: Volumes and Applications; presentation at ICON NanoEHS Research Needs Assessment, Luxresearch; Jan. 2007
19. Nanosciences and Nanotechnologies: A Review of Government's Progress on its Policy Commitments; Council for Science and Technology; March 2007; www.cst.gov.uk
20. Perez, Eugenia, Sandgren, Patrik; Nanoteknikens Innovationssystem; Vinnova Analys VA 2007:01
21. Mann, Surinder; Nanotechnology and Construction; Nanoforum Report; Institute of Nanotechnology; 31710/2006
22. Halford, Bethany; Inorganic Menagerie: Unusual properties of nanotubes made from inorganic materials offer intriguing possibilities for applications; Chemical & Engineering News, Vol. 83, Nr 35, Aug 2005
23. Harper, Tim; Nanotechnologies: Halfway to a Trillion Dollar Market? ; presentation at Nanosymposium in Singapore, Dec 2007
24. Cientifica; Nanotechnology Opportunity Report, 3rd Edition, <http://www.nsti.org>
25. Freedonia; World Nanomaterials Industry Study with Forecasts for 2011, 2016 & 2025, brochure, 2007 www.freedoniagroup.com
26. Luxresearch; Nanotechnology moves from discovery to commercialization; press release The Nanotech Report, 5th edition, nov 2007 www.luxresearchinc.com
27. Luxresearch; How venture Capitalists Are Misplaying Nanotech"; report May 2008, www.luxresearchinc.com
28. BCC research; Advanced Ceramics and Nano Ceramic Powders; Press release report Nano15E; Dec 2006; www.bccresearch.com
29. BCC research; A Realistic Market Assessment; Press release report NANO031C, May 2008; www.bccresearch.com
30. Margareta Östman, KemI; personliga besök i detaljhandlar
31. minST expertkompetens mikro/nano systemteknik; Kommersiellt tillgängliga produkter som inkluderar nanoteknologi; maj 2008; www.minst.nu

32. Aitken,R.J., Chaudry M.Q., Boxall,A.B.A., Hull,M.; Manufacture and use of nanomaterials: current status in the UK and global trends; Occupational Medicine 2006;56:300-306
33. Chaundry, Q., Boxall,A.,Aitken,R., Hull,M., A Scoping Sudy into Manufacture and Use of Nanomaterials in the UK. Sand Hutton, York: Central Science Laboratory, 2005
34. Holman Michael Holman, Senior Analyst Lux Research, Nanotechnology´s Impact on Consumer Products, Presented at EU, October 25, 2007, www.luxresearchinc.com
35. KemI-rapport 6/07; Nanoteknologi-stora risker med små partiklar? ; KemI november 2007
36. Fernberg,S.P., Lundström, T.S.; White book: Polymer nanoscience and nanotechnology, a European perspective, chapter 2.6
37. Rao, C.N.N., Müller, A., Cheetham,A.K.; The Chemistry of Nanomaterials; Willy-VCH Verlag, 2004
38. Läkemedelsverket, personlig kommunikation
39. Ljusskyggt solskydd –miljögifter i solkrämer; Svenska Naturskyddsföreningen, 2008
40. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Meetings/93-carbonblack.pdf>
41. Small is Different: A Science Perspective on the Regulatory Chellanges of the Nanoscale; the Council of Canadian Academies, September 2008-10-31
42. Senik D.R. & Associates Inc, Study for Industry Canada, Analysis of Databases on Nano Products Entering Canada from the United States, March 2007, pp 28-32
43. Preliminary list of manufactured nanomaterials from Cefic´s membership; Discussion paper, 2nd meeting of the competent authorities subgroup on nanomaterial, 23 oct. 2008
44. Thayer, Ann M; Building Business Turning university research into products takes time, money, and initiative as four nanotechnology companies experiences show; Chemical & Engineering News, Vol 86, nr 13, March 31, 2008
45. the European Cosmetics Association, Dokument om Nanotechnology, www.colipa.eu/nanotechnology.html?sid=49&smid=115
46. Uppgift från KTFoch lÓreal
47. Wagner,V;Hüsing,B;Gaisser,S;Bock,A-K; Nanomedicine:Drivers for development and possible impact; JRC-IPTS, EUR 23494 EN, 2008
48. Schneider, T. et. Al.; Evaluation and control of occupational health risks from nanoparticles; TemaNord 2007:581

49. DEFRA UK <http://www.defra.gov.uk/environment/nanotech/pdf/vrs-seventh-progress-report.pdf>
50. <http://www.nanovip.com/>
51. Björnlund, Mattias, Sportfack
52. Kasemo, Bengt, Chalmers
53. Walkenström, Pernilla, SWEREA IVF AB
54. Andersson, Jan, Acreo
55. Pérez Eugenia, Vinnova
56. Tammela, Monica, Läkemedelsverket
57. Tamm, Ebba, Svenska Petroleuminstitutet
58. Fernberg, Patrik, SICOMP/SWEREA
59. Kvarnström, Kenny, Teknikföretagen
60. Soldeus, Inger, Svensk Handel
61. Qvarnström, Teresita, minST-projektet, Acreo
62. Jakubowitz, Ignacy, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
63. Holmer, Olof, Kemisk-Tekniska Leverantörsförbundet KTF
64. Dahlen, Inger, Konsumentverket
65. Rasmusson, Charlotta, Ahlsell AB
66. Westin, Erik, Naturvårdsverket
67. Madsen, Kjell, Läkemedelsverket
68. Svensson, Kjetil, Livsmedelsverket
69. Peensalu, Rita, Livsmedelsföretagen
70. Salmén, Kristina, Normpack, STFI
71. Ranner, Eva, Textilimportörerna
72. Östervall, Christoffer, Biocidutredare, KemI

73. Bruse, Gert, Läkemiddelsverket
74. Samuelsson, Lars, Lunds universitet
75. Strömme, Maria, Uppsala universitet
76. Bresky, Erik, Textilhögskolan
77. Rehnby, Weronica, Textilhögskolan
78. Ekstig, Lisa, Plast & Kemiföretagen
79. Norder, Lena, Branschkansliet
80. Månsson, Maria, Avantel AB
81. Karlsson, Maria, SIS
82. Wass, Urban, Volvo
83. Bruhn, Ragnhild, Volvo
84. Cardfeldt, Marie, Arbetsmiljöverket
85. Mölleryd, Bengt, IVA
86. Härviden, Magnus, ITPS
87. Strömdahl, Inger, Svenskt Näringsliv
88. Freilich, Danielle, Svensk Byggindustri
89. Persson, Per, Perstorp AB
90. Nilvall, Bo, Boverket
91. Svedhem, Sofia, Chalmers
92. Liljegren, Patrik, Merck Sharpe & Dohme (Sweden) AB
93. Leinar, Karin, Wyeth AB



EUROPEAN COMMISSION

Bilaga 1

ENVIRONMENT DIRECTORATE-GENERAL
Water, Chemicals & Cohesion
Chemicals

ENTERPRISE AND INDUSTRY DIRECTORATE-GENERAL
Chemicals, Metals, Forest-based & Textile Industries
REACH

Brussels, 29 October 2008
Doc. **CASG Nano/14/2008**

**2ND MEETING OF THE COMPETENT AUTHORITIES SUBGROUP ON
NANOMATERIALS**

10-11 November 2008

Venue: Centre de Albert Borschette, rue Froissart 36, B-1040 Brussels

- Concerns:** Discussion paper on Nanomaterial applications in chemical industry
- Agenda Point:** 7.1
- Action Requested:** The CASG Nano members are invited to:
- take note of this document and use it as a basis for discussion on the Nanomaterial applications in chemical industry



PRELIMINARY LIST OF MANUFACTURED NANOMATERIALS FROM CEFIC'S MEMBERSHIP

Status: 23 October 2008

Cefic was asked by the Commission whether it could provide a list of chemical substances which are intentionally produced, according to the recent ISO definition¹, also, or only, as nano-objects or as nanostructured materials together with their commercial applications.

In this survey Cefic used the OECD list of representative nanomaterials as a base. In addition, Cefic also suggested to its members to add other substances if such was manufactured or imported. Based on the outcome from the survey it became evident that the OECD list mirrored to a large degree what is produced or imported to the community by Cefic's membership.

The attached list only reflects what is produced by Cefic's own Membership and therefore the conclusion can not be made that a substances with no application mentioned are not manufactured or imported to the EU. Furthermore, the enclosed information is based on the data we have received to date.

¹ ISO/TS 27687:2008 (E), Nanotechnologies – Terminology and definitions for nano-objects – nanoparticle, nanofibre and nanoplate

Substance	Main uses*	Manufactured as nanomaterial since	Nano-objects**	Nanostructured materials***
Oxides				
Aluminium oxide	Cosmetics, electronics, paper	1955	NO	YES
Cerium oxide	Electronics	1995	NO	YES
Iron oxide(s)	Pigments, transparent decorative finishes, electronics (such as magnetic recording devices), cosmetics	1985	NO	YES
Synthetic amorphous silicon dioxide (pyrogenic, precipitated and colloidal silica, silica gel)	Pigments (coatings, inks, printing), self-cleaning surfaces, fillers for polymer industry products (plastics, rubber, silicon rubber), paper & pulp, textile & leather, cosmetics, food, food contact, feed, pharmaceuticals, electronics	1944	Colloidal silica if in liquid matrix (mostly water): YES Pyrogenic: NO Precipitated: NO Silica gel: NO	Colloidal silica: NO Pyrogenic: YES Precipitated: YES Silica gel: YES
	Cosmetics (e.g. sunscreens), silicon rubber, photo catalysis, pigments, paints,			

Titanium dioxide	plastics, fibres, UV attenuation materials (paints, plastic, fibres)	1970	NO	YES
Zinc oxide	UV protection (dermal as well as industrial), cosmetics, rubber (i.a. activator in the vulcanisation of rubber), fibres, textiles, ceramics, electronic components, semi-conductive material, coatings, plastics, fibres, textiles, chemically reactive precursors for pigments, ceramics, dirt-repellent surfaces	1970	NO	YES

Substance	Main uses*	Manufactured as nanomaterial since	Nano-objects**	Nanostructured materials***
Metals				
Gold				
Iron				
Silver	Electronics, metal surface coating, medical applications, pigment systems	1995	NO	YES
Carbon allotropes				
Carbon black (several manufacturing processes)	Fillers for rubber (i.a. tires & mechanical rubber goods), pigments (coatings, inks, printing), UV protection (plastics), food contact	1900	NO	YES
Single-walled carbon nanotubes	Conducting material for electronics applications. Tensile strength enhancers for polymer composites. Material for use in fuel cell manufacture.	2002	NO	YES
Multi-walled carbon	Plastic additives to increase mechanical, electrical and fire resistance properties of thermoplastic and thermosetting resin;	Approximately since		

nanotubes	composite like materials	2000	NO	YES
Fullerenes C60				
Others				
Polystyrene				
Dendrimeres				
Nanoclays	Used as nano composites to improve mechanical performance characteristics as well as flame retardancy (halogen free flame retardant cables)		NO	YES

* The substances described here are in most cases embedded in a matrix, like rubber, plastics, paints etc.

** Technical Specification ISO/TS 27687: 2008 (E), Nanotechnologies – Terminology and definitions for nano-objects – nanoparticle, nanofibre and nanoplate

*** ISO TC 229 JWG1 PG 6, ballot positive and implemented

Typer av produkter på marknaden

<p>Bilar luft- och oljefilter vaxer, motoroljor anti-repbeläggning bilvax luftrenare katalysator i bränslet däck</p>	<p>Kläder och textil skrynkel- och fläckfribehandling antibakterie och antiluktkläder antibakteriella tyger UV-resistenta och skyddande kläder flamskyddade tyger</p>	<p>Kosmetik Hud- och fuktighetskrämer hudrengöringsmedel solskydd läppstift, maskara, underlagskräm Make-up removal</p>
<p>Elektronik batterier displayer organic light emitting dioder (OLED) och LED dataminnen antibakteriell och antistatbeläggningar på tangentsbord, musar, mobiler DVD-yltor MP3-spelare dataprocessorer och chips</p>	<p>Livsmedel och livsmedelsadditiv energidrycker kosttillskott livsmedelsbehållare antibakteriella redskap skärbrädor plastomslag/film nanote, chokladdrycker, aktiv rapsolja</p>	<p>Hushåll antibakteriella möbler och madrasser antibakteriella beläggningar i hushållsapparater filter luftrenare självrengörande glas antibakteriell, UV-resistent färg strykjärn, dammsugare solceller rengöringsprodukter desinfektionssprayer textilmjukgörningsmedel</p>
<p>Personlig hygien/hälsa hörhjälpmedel kontaktlinser kroppsvättmedel cellulitbehandling tandkräm/pulver shampoo, hårgeler deodoranter insektsavkräkningsmedel antibakteriella krämer bandage graviditetstester för hemmabruk läkemedelsavsöndrande plåster konstgjord hud</p>	<p>Sportutrustning golfklubbor och bollar tennisracket och bollar basketbollsagträ hockeyklubbor skidor och snowboards skidvalla cykeldelar vådräkter skoinnesulor anti-immaytbeläggningar</p>	<p>Leksaker och barnartiklar fläckresistenta mjukisdjur antibakteriella sugappar, muggar, flaskor X-boxar och spelstationer antibakteriell stoppning i leksaker</p>

Nanoprodukter på svensk marknad

Vara på svensk marknad	Troligt nanomaterial	antal produkter/ märken	kemisk grupp
ytbeläggningar för skydd och självrengörande effekt på bilar, kakel, sten, glas, textil, läder på tegel som färg markiser glasögon, värdetransportväskor	titandioxid, (fosfolipider?), kiseldioxid/glas, polymerer glaskeramiskt lacklager från Solgel kiselbaserade polymerer(silaner) titankarbidnitrid(Maxfas) kiseldioxid + polymer?	minst 27 påträffade på marknaden (47 bilvårdsprodukter enl. produktregistret)	keramiskt
färg, plast	hyperförgrenade polymerer	2	polymer
racket	kolnanorör (Grafit?)komposit, kiseldioxidkomposit aerogel kol?	5	kol
cyklar	kolnanorörkomposit aluminium	4	kol metall
pilar	kolnanorörkomposit	3	kol
gummidäck?? till bil, cykel	kolnanofibrer	1	kol
skidor hockyklubbor vindkraftsblad	epoxi-kolnanorörkomposit	4	kol
tennisbollar	lerakomposit	2	keramiskt
bildelar	polymer(PP)-lerkompositer	3	keramiskt
Thermosyl 230® , värmeståligt ytskydd	lera-silikongummikomposit	??	keramiskt
luftfilter i luftkonditionering	silver i nanosilika med Ginseng,	1	metall silver keramiskt
filter för luftrening av tilluft till motorer	nanofiber av polymerer	1	polymer
filter	silvernanostråd	1	metall silver
sockor, sulor	silvernanostråd	1	metall silver

förband	silvernanostråd	?	metall silver
kontaktolja	guld silver 8 nm	1	metall silver
kosttillskott	silver kolloidalt	1	metall silver
solskyddskrä	titandioxid, zinkoxid	?	keramiskt
hudkräm	oljeemulsion	1	olja
tandkräm	hydroxiapatit (Nanit)	?	keramiskt
rengöringsmedel		2	
avfettningsmedel	sol-gel	1	keramiskt
bilpolish, skokräm, båtpolish	zinkoxid?, polymervax?	3	keramiskt
papperskemikalier	kiseldioxid	1	keramiskt
skrivarpapper	keram	1	keramiskt
vattenavvisande på textil	dendrimerer hydrofoberade	1	polymer
füllmedel i gummidäck	carbon black	många	kol
svart färg	carbon black	många	kol
råvara till isolering, sulor	aerogel kiseldioxid	1	keramiskt
kläder	fluorerade fibrer (nanocare)	1	polymer
nanomaterial som råvara, säljs på export t forskare, företag för läkemedelsadministration	dendrimerer	1	polymer
vid elektronmikroskopi	guldp Partiklar	?	metall
självrengörande fönsterglas	titandioxiskikt	1	keramiskt
stål i kirurgnålar, rakapparater, stegjärn	(Y-Ti-O-)?partiklar i stålmatris	3	keramiskt
stekpannebeläggning	titan	1	metall
inert, värme- och slittåligt skikt	sol-gelbeläggning (SiO ₂ ?)	1	keramiskt

www.kemi.se

**Kemikalieinspektionen, Box 2, 172 13 Sundbyberg. Besöksadress: Esplanaden 3A
Tel: 08-519 41 100, Fax: 08-735 76 98, E-post: kemi@kemi.se**